

АКАДЕМИЯ НАУК ЭСТОНСКОЙ ССР
ИНСТИТУТ ГЕОЛОГИИ

На правах рукописи

ДЕМИДОВ Игорь Николаевич

УДК [552.517 + 552.52] /470.22/

ФОРМИРОВАНИЕ ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА
ЛЕДНИКОВЫХ И ВОДНО-ЛЕДНИКОВЫХ
ОТЛОЖЕНИЙ КАРЕЛИИ

Специальность 04.00.21 - Литология

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Таллинн - 1989

Работа выполнена в лаборатории литологии новейших отложений
Геологического института АН СССР (г. Москва)

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук
Ю.А. ЛАВРУШИН

Официальные оппоненты: доктор геолого-минералогических наук
А.А. ПРГАЙТИС
кандидат геолого-минералогических наук
Л.А. СААРСЕ

Ведущая организация: Геологический институт Кольского
научного центра АН СССР

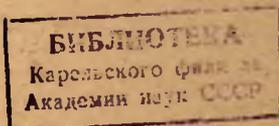
Защита состоится " 1 " июня 1989 г. в 14³⁰ часов
на заседании Специализированного совета К 017.07.01 в
Институте геологии АН ЭССР, г. Таллинн, бульвар Эстония, 7.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке АН ЭССР.
Отзывы на автореферат (в двух экземплярах, заверенных печатью)
просим высылать по адресу: 200101, г. Таллинн, бульвар
Эстония, 7, Институт геологии АН ЭССР, ученому секретарю.

Автореферат разослан " " 1989 г.

Ученый секретарь
Специализированного совета,
доктор геолого-минералогических
наук

Х.Э. ВЕСТОР



ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы: В строении четвертичного покрова Карелии преобладают ледниковые и водно-ледниковые отложения верхневалдайского оледенения, которые являются субстратом для формирования почв, основанием для зданий и сооружений, а также ценными полезными ископаемыми. В то же время вопросы изучения их вещественного состава с использованием литолого-фациального метода до сих пор не получили должного освещения, хотя они представляют существенный интерес при разработке общей теории континентального седиментогенеза и, одновременно, имеют народнохозяйственное значение. В этом состоит актуальность работы.

Цель и задачи исследования: Основной целью работы было выявление общих закономерностей формирования литологического состава ледниковых и водно-ледниковых отложений в условиях кристаллического щита на примере западной и центральной Карелии. Для достижения поставленных задач было необходимо:

- охарактеризовать зависимость гранулометрической дифференциации ледниковых отложений от вещественного состава и рельефа ложа, динамики движения льда;

- выявить изменения минералого-петрографического состава морен, сформировавшихся в различных гляциодинамических обстановках ледового седиментогенеза, в различных по геологическому строению районах;

- определить дальность ледниковой транспортировки обломочного материала в различных геологических и палеогляциологических обстановках;

- выявить особенности вещественного состава водно-ледниковых отложений.

Фактический материал: В основу диссертации положены материалы многолетних /1980-1988 гг/ комплексных полевых, аналитических и теоретических исследований автора в рамках плановых тем лаборатории четвертичной геологии Института геологии Карельского филиала АН СССР: "Строение и формирование моренных покровов Карелии /№ гос.регистрации 8001896/", "Влияние ложа и динамики последнего оледенения на формирование основных морфогенетических комплексов Карелии /№ гос.регистрации 01840020410/". В работе использовались результаты изучения бо-

лее 250 разрезов ледниковых и водно-ледниковых отложений и данные по следующим видам проведенных при участии автора анализов: петрографическому /фракции 70-2,5 мм - 250 определений/, гранулометрическому /250 определений/, минералогическому /фр. 0,25-0,1 мм - 20 определений/, рентгено-структурному /фр. <0,01 мм - 30 опр.; фр. <0,001 - 70 опр./, химическому /фр. <1 мм - 70 опр./, спектральному /фр. <1 мм - 140 определений/.

Методика и объект исследований: Для решения поставленных задач были избраны полигоны в западной и центральной Карелии, которые находились в зонах, характеризующихся различными по вещественному составу и прочности кристаллическими породами ледника, различными типами денудационно-тектонического и ледникового рельефа, различными палеогляциологическими условиями.

При изучении вещественного состава отложений автор попытался охватить весь комплекс ледниковых и водно-ледниковых осадков. Более детально были исследованы морены, сформировавшиеся в различных динамических фашиальных обстановках.

Методика исследований заключалась в изучении внутреннего строения, структурно-текстурных особенностей и вещественного состава отложений, слагающих ледниковые и водно-ледниковые комплексы, сформировавшиеся в различных геологических и гляциодинамических фашиальных обстановках. В полевых условиях проводился отбор проб отложений весом 30-50 кг, с последующим рассевом и определением петрографического состава фракций 70-20, а в отдельных случаях 20-10, 10-5, 5-2,5 мм.

В камеральных условиях проводился рассев на гранулометрические фракции мелкозема рыхлых отложений /фр. <2,5 мм/, изучение его вещественного состава при помощи рентгено-структурного /фр. <0,01 мм и <0,001 мм/, химического и спектрального анализов /фр. <1 мм/. Количество и место отбора проб определялось сложностью геологического строения региона, структурно-текстурными особенностями четвертичных отложений, их мощностью. В опорных разрезах проводились замеры основных структурно-текстурных элементов отложений - ориентировки и углов падения "сланцеватости" и длинных осей галек в моренах, слоистости в водно-ледниковых отложениях.

Научная новизна:

I. Впервые последовательно рассмотрены особенности формирова-

ния и преобразования вещества в процессе ледникового и водно-ледникового седиментогенеза от области мобилизации вещества, до конечных бассейнов седиментации в пределах восточной части Балтийского щита.

2. Установлены закономерности формирования гранулометрического состава морен различных гляциодинамических фазий.
3. Выявлены особенности минералого-петрографического состава морен Карелии, сформировавшихся в различных гляциодинамических обстановках.
4. Установлены различия в дальности ледниковой транспортировки разноразмерного обломочного материала.
5. В пределах восточной части Балтийского кристаллического щита обнаружены локальные подледно-диагенетические новообразования карбонатов и силикатов. На основе имеющихся материалов высказано предположение о существенной роли режеляционно-криогенных процессов на формирование вещественного состава морен.

Основные защищаемые положения.

1. Гранулометрический состав морен Карелии обладает рядом специфических особенностей, возникновение которых обусловлено динамикой движения льда, составом и рельефом ложа, длительностью переноса материала. Гранулометрический состав водно-ледниковых отложений определялся фациальными условиями водно-ледникового седиментогенеза и составом перемываемого мореносодержащего льда.
2. Минералого-петрографический состав морен Карелии зависит от гляциодинамических обстановок ледникового седиментогенеза и строения ледникового ложа. Минералого-петрографический состав водно-ледниковых отложений в целом отражает состав морен, обнаруживая при этом связь с условиями осадконакопления.
3. В ледниковых условиях, помимо механического перераспределения материала, происходило режеляционно-криогидрационное, а в локальных условиях и подледно-диагенетическое преобразование вещества.
4. На основе выявленных различий в вещественном составе морен и дальности ледниковой транспортировки, предложено усовершенствование существующей методики валунных поисков полезных ископаемых. Анализ вещественного состава водно-ледниковых песчаных отложений позволил предложить часть из них в качест-

ве формовочных смесей для литейного производства.

Практическое значение работы: На основе проведенных исследований внесены коррективы в методику валунных поисков. Основу их составляет положение о комплексном влиянии на дальность ледниковой транспортировки динамических фациальных обстановок ледникового седиментогенеза.

Анализ вещественного состава водно-ледниковых песков Карелии позволил предложить часть из них в НПО "Петрозаводскбуммаш" в качестве формовочных смесей для литейного производства.

Апробация работы и публикации: Материалы и выводы диссертации докладывались на ряде региональных конференций и совещаний: на межреспубликанских семинарах геологов-четвертичников Северо-Запада СССР "Неотектоника, стратиграфия и литогенез" /Петрозаводск, 1984/, "Гляциодепрессионные низменности и маргинальные возвышенности северо-запада Русской равнины" /Псков, 1988/, на II и III конференциях молодых ученых памяти чл. корр. К.О.Кратца /Петрозаводск, 1985, Апатиты, 1987/, а также на заседаниях лаборатории литологии новейших отложений ГИНа АН СССР /1984, 1985, 1986, 1988/ и на минералогическом симпозиуме "Новое в минералогии Карело-Кольского региона" /Петрозаводск, 1988/. По теме диссертации опубликовано 5 статей.

Объем и содержание работы: Диссертация / 140 страниц машинописного текста/ состоит из введения, 6 глав, заключения и содержит 55 рисунков, 17 таблиц. Библиография включает 103 наименования.

В первой главе работы дается характеристика геологического строения Карелии, как области мобилизации обломочного материала в процессе ледникового седиментогенеза. Во второй главе кратко изложены основные особенности движения материковых льдов и формирования моренных покровов. Третья глава посвящена специфическим особенностям гранулометрического состава морен и водно-ледниковых отложений Карелии. Рассматривается комплексное влияние динамики движения льда, прочности и рельефа ложа, длительности переноса на гранулометрический состав морен. Четвертая глава посвящена условиям формирования минералого-петрографического состава морен различных гляциодинамических фаций, определяемых геологическими и палеогля-

циологическими условиями осадконакопления. Основные закономерности формирования вещественного состава ледниковых и водно-ледниковых отложений Карелии и их преобразования от области мобилизации вещества до конечных бассейнов седиментации последовательно рассмотрены в пятой главе. Шестая глава посвящена практическому значению выявленных особенностей формирования вещественного состава ледниковых и водно-ледниковых отложений Карелии.

Работа выполнена в заочной аспирантуре при Геологическом институте АН СССР, в лаборатории литологии новейших отложений. Автор выражает искреннюю благодарность докт. геол.-мин. наук Ю.А. Лаврушину за научное руководство, постоянную помощь и ценные рекомендации в ходе написания работы. Автор глубоко признателен зав. лабораторией четвертичной геологии Института геологии КФ АН СССР Лукашову А.Д. и всем сотрудникам лаборатории за представленную возможность и постоянную помощь в сборе и обработке фактического материала. Автор благодарит за содействие ст. н. сотр. лаборатории физических методов изучения минералов осадочных пород ГИНа Б.А. Сахарова, а также сотрудников лаборатории литологии новейших отложений ГИНа. Существенную помощь в получении фактического материала и подготовке работы оказали сотрудники аналитических подразделений Института геологии КФ АН СССР, группы оформления, цеха оперативной печати, а также лаборант Сорокина О.В., оказывавшая постоянную помощь в обработке образцов и оформлении рукописи.

ОБОСНОВАНИЕ ЗАЩИЩАЕМЫХ ПОЛОЖЕНИЙ

Положение I. Гранулометрический состав морен Карелии обладает рядом специфических особенностей, возникновение которых обусловлено динамикой движения льда, составом и рельефом ложа, длительностью переноса материала. Гранулометрический состав водно-ледниковых отложений определялся фаціальными условиями водно-ледникового седиментогенеза и составом перемываемого мореносодержащего льда.

В отличие от областей распространения малопрочных фанерозойских пород в пределах Балтийского щита оказывается практически невозможным наблюдать ассимиляционные контактовые зоны, которые позволяют более полно представить процесс формирования морен и их гранулометрического состава.

В этом отношении для создания целостной картины приходится обращаться к отдельным моментам геологического проявления взаимодействия ледника с ложем, которые позволяют понять общие закономерности и процессы формирования моренных покровов в целом и их гранулометрического спектра в частности. В работе рассматриваются последовательно процессы и особенности формирования гранулометрического состава морен Карелии на разных стадиях образования моренного покрова: на первой - стадии мобилизации вещества, второй - стадии отложения сплошного моренного покрова и третьей - стадии перестилания ранее сформировавшихся ледниковых осадков /Лаврушин, 1986/.

Начальные стадии формирования моренного покрова связаны с многочисленными проявлениями экзарации. Типичными для Карелии экзарационными формами рельефа являются бараньи лбы. В их дистальной части часто наблюдаются скопления глыб, слагающих их кристаллических пород. Эти скопления глыб представляют собой одну из первых стадий мобилизации обломочного материала в процессе ледникового седиментогенеза и являются одной из разновидностей локальных морен. В целом локальные морены формировались на первой, экзарационной стадии образования моренного покрова и развиты на территории Карелии в районах выступов ложа и в зонах развития малопрочных сланцевых пород. Локальные морены представляют собой брекчевидные, грубообломочные отложения, состоящие в основном из неокатанных обломков местных пород. Характеризуются они ярко выраженным одномодальным гранулометрическим спектром. Содержание крупнообломочного материала >10 мм/ составляет в среднем 40-50% и более, при незначительном, до 15%, содержании фракции $<0,1$ мм. В зависимости от состава и рельефа ложа гранулометрический состав локальных морен может изменяться. В локальных моренах, развитых на дистальных склонах выступов прочных кристаллических пород, содержание галечно-валунных фракций $/100-10$ мм/ составляет 35-45%, а в локальных моренах на малопрочных сланцах - 45-50%. Следует отметить, что при проведении гранулометрического анализа не учитывались крупные валуны и глыбы, широко представленные в моренах, развитых на прочных породах ложа. В моренах на сланцах обломки фракций >100 мм встречаются очень редко. Таким образом можно отметить, что уже на первой, экзарацион-

ной стадии формирования моренного покрова в толщу льда поступает разноразмерный обломочный материал - от гигантских глыб до тонких глинистых частиц, но преобладает грубообломочный. Этот процесс является одной из наиболее важных особенностей ледникового седиментогенеза. Особенно ярко разнородность материала, поступающего в толщу льда, проявляется в зонах развития прочных кристаллических пород, что очевидно зависит от их прочностных и структурно-текстурных характеристик.

Наиболее широко распространены в Карелии основные монолитные морены со сланцеватой текстурой, которые можно рассматривать как конечную фазу формирования собственно ледникового осадка. Сформировались они во вторую стадию образования моренного покрова при отслаивании морены из-под основания движущегося льда /Лаврушин, 1980/. Основные монолитные морены Карелии характеризуются ярко выраженным бимодальным гранулометрическим спектром. Одна мода располагается в гравийно-галечно-валунной фракции, другая - в мелко-песчано-алевритовой. В зависимости от геологических и палеогляциологических условий, содержание крупнообломочного материала >10 мм/ колеблется от 12 до 27%, что отражает различия в интенсивности экзарации, типе и длительности переноса материала. Очевидно большая прочность кристаллических пород способствует значительной концентрации обломков во фракции $\lambda 10$ мм по сравнению с моренами, развитыми на малопрочных фанерозойских осадочных отложениях.

Содержание фракций $<0,1$ мм изменяется от 23 до 40%. Наибольшая концентрация мелкозема наблюдается во фракции $0,05-0,01$ мм /20-30%/. Вероятно, как будет показано ниже, это обусловлено конечными пределами криогидрационного дробления минералов в результате замерзания-оттаивания режелационных пленок воды в микротрещинах минералов. Незначительное, ^{также и} до 6-15%, содержание фракций $<0,01$ мм вероятно отражает преобладание в строении ледникового ложа средне- и крупнозернистых кристаллических пород.

Основной дефицит обломочного материала располагается во фракциях $1,0-0,5$ мм или $2,5-1,0$ мм /4-7%/. Обломки горных пород в этих фракциях часто состоят из нескольких /2-4 и более/ минералов различных по составу, прочности и теплопроводности. В ходе ледниковой транспортировки происходит интенсивное дроб-

ление обломков этих фракций на составляющие минералы, более устойчивые к механическому и криогенному разрушению. Учитывая небольшой размер гравийных частиц, откол 1-2 минеральных зерен приводит к уменьшению их размера в 1,5-2 раза и переход в более мелкую фракцию. По данным В.Н.Коницева /1978/, кварц в этих фракциях является наименее устойчивым к криогидрационному дроблению минералом, что также в определенной степени объясняет образование здесь дефицита материала /см.ниже/.

В целом, при переходе от локальных морен к монолитным, гранулометрический спектр преобразуется из одномодального в бимодальный, резко возрастает содержание песчано-алевритового материала и уменьшается доля крупных обломков. Так, в монолитных моренах, развитых на гранитоидах, при переходе от локальных морен, среднее содержание фракций $< 0,1$ мм увеличивается с 15% до 30%, а содержание фракций > 10 мм уменьшается с 38% до 14%. На малопрочных сланцевых породах при переходе от локальных морен к монолитным, содержание фракций $< 0,1$ мм возрастает с 6% до 39%, а доля крупнообломочного материала падает с 50% до 15%. Переход одномодального спектра в бимодальный отражает здесь не только процесс дробления малопрочных сланцевых обломков, но и разбавление грубообломочного материала локальных морен большим количеством мелкозема, поступающим в лед на этой стадии формирования моренного покрова практически повсеместно.

Гранулометрический состав монолитных морен изменяется в зависимости от геологического строения ложа и в других районах Карелии. Так, морены на гранитах-рапакиви обогащены валунами, на кварцитах - галечными фракциями, а на сланцах, при преобладании гравийно-мелкогалечного материала - валунные и крупно-галечные фракции практически отсутствуют.

Рельеф подстилающих пород также оказывает влияние на содержание грубообломочного материала в монолитных моренах. В западной Карелии монолитные морены, развитые в условиях пересяченного рельефа, характеризуются повышенным, до 30-35%, содержанием грубообломочных фракций > 10 мм/. В условиях относительно ровного рельефа, морены в этом районе содержат только 12-17% грубообломочных фракций. Таким образом, в районах выступов ложа, усиленная экзарация способствует формированию

грубообломочных монолитных морен.

С целью выяснения влияния динамики движения льда на гранулометрический состав морен, проводились литологические исследования ледни-вых отложений, сформировавшихся в различных палеогляциологических условиях /в зонах развития одинаковых по прочности пород ложа/.

Рассмотрим гранулометрический состав морен группы фаций послейно-дифференцированного пластического течения. При увеличении скорости движения ледника его эродирующая способность возрастает, а количество грубообломочного материала в моренах увеличивается. В западной Карелии, в районе пос. Лендеры, свободному быстрому растеканию льда препятствовали крутые выступы ложа с относительными превышениями до 100-150 м. Основные сланцеватые морены, развитые в проксимальном направлении от выступов, в условиях относительно ровного рельефа, содержат только 12% крупнообломочного материала >10 мм/ и около 30% частиц $<0,1$ мм. В моренах, слагающих друмлины, сформировавшихся в условиях более интенсивного движения льда и располагающихся в центральных частях гляциодепрессий /Рукосуев, 1986/, среднее содержание фракций >10 мм составляет 17%. В районе долины среднего течения р.Кемь, приуроченной к хорошо выраженной в рельефе депрессии кристаллического фундамента, совпадающей по простиранию с направлением течения льда в осевой части беломорской ледниковой лопасти, скорости растекания льда были еще более значительны. Сформировавшиеся морены характеризуются высоким средним содержанием грубообломочных фракций - 27%, а фракции $<0,1$ мм - 23%.

Рассмотрим гранулометрический состав основных морен группы фаций чешуйчато-надвигового движения льда, образовавшихся в третью стадию формирования моренного покрова, стадию пересталания. В целом чешуйчатые морены могут характеризоваться гетерогенным вещественным составом. В строении чешуй принимают участие отложения самого различного генезиса и состава, поэтому в нашем анализе рассматривается только состав чешуй, сложенных мореной. Гранулометрический состав чешуйчатых морен зависит от состава подстилающих коренных пород и ранее сформированных монолитных и локальных морен. Так при переходе от морен пластического течения к чешуйчатым моренам, содержание

крупнообломочного материала >10 мм/ увеличивается с 14% до 28% в районе г. Костомукша, а в районе р.Кемь с 27% до 38%. В первом случае морены были развиты на сланцах, во втором - на гранитах. Среднее содержание фракций >1 см составляет в чешуйчатых моренах 32%. Содержание мелких частиц в чешуйчатых моренах $<0,1$ мм/ также зависит от подстилающих пород. На сланцах их содержится 26-30%, на гранитоидах - 12-15%. При чешуйчатом перестилании ранее отложенного моренного пласта, обогащенные обломочным материалом придонные горизонты льда, а иногда уже отложенные локальные морены, вовлекаются в движение по крутым надвигам и сколам, что ведет к локальному, приуроченному к зонам надвигов или подошве чешуй, обогащению вышележащих отложений грубообломочным материалом. По зонам надвигов часто наблюдаются и валунные мостовые, практически лишенные мелкозема. Можно предположить, что в этом случае, при интенсивном надвиговом движении, большое количество режеляционной воды способствовало выносу части мелкозема. В конечных чешуйчатых моренах западной Карелии среднее содержание крупнообломочного материала составляет 48% при содержании фракции $<0,1$ мм до 10%.

Гранулометрический состав водно-ледниковых отложений Карелии формировался в зависимости от интенсивности и длительности перемыва мореносодержащего льда тальми водами. На территории Карелии основные отличия водно-ледникового седиментогенеза определялись палеогляциологическими условиями и грубообломочным составом ледниковых отложений. Расчлененный рельеф ледникового ложа, а также активность ледника в ходе его деградации, не способствовали формированию наледниковых и подледниковых озер. Преобладала линейная флювиогляциальная аккумуляция. Основными ее формами являются озы, дельты, а также зандры. Флювиогляциальные отложения характеризуются грубообломочным составом с содержанием фракций >10 мм до 40-50% и более. Такой состав флювиогляциальных осадков отражает как грубообломочный состав перемываемого субстрата - морены, так и значительную скорость водных потоков. В строении флювиогляциальных форм рельефа наблюдается частая смена по простиранию и по латерали различных литологических типов отложений - от алевритов до валунчиков. Частая смена фациальных обста-

новок свидетельствует о быстром изменении гидродинамических условий в ходе дегляциации. В этой связи необходимо более осторожно высказываться о гранулометрическом составе различных генетических типов отложений, так как их состав может значительно изменяться в зависимости от фациальных обстановок.

Озерно-ледниковые отложения Карелии представлены ленточными глинами, алевролитами, разнозернистыми песками и практически не отражают состав отложений, за счет перемыва которых они сформировались. Основную роль в формировании их гранулометрического состава также играли фациальные обстановки, обуславливавшие интенсивность привноса разноразмерного обломочного материала и характер его осаждения.

Положение 2. Минералого-петрографический состав морен Карелии зависит от гляциодинамических обстановок ледникового седиментогенеза и строения ледникового ложа. Минералого-петрографический состав водно-ледниковых отложений в целом отражает состав морен, обнаруживая при этом связь с условиями осадконакопления.

В целом петрографический состав крупнообломочного материала морен Карелии отражает широкое развитие на ее территории различных гранитоидов, поставлявших основную массу разноразмерных обломков, при формировании моренного покрова. Содержание фрагментов гранитоидов /фр. 70-20 мм/ колеблется в широких пределах от 10-20% до 90-95%, но в подавляющей части морен они составляют более 60-70% обломочного материала. В районах, где в строении ложа принимают участие другие разновидности горных пород, изменяется и состав галечно-валунного материала. Так, на Заонежском полуострове в грубообломочном материале морен широко представлены местные сланцы и диабазы, содержание которых местами достигает 80-90% и более. В районах развития беломорских гнейсов, в моренах 60-70% обломков представлено местными породами. Ранее, в северо-восточном Приладожье выделялись по петрографическому составу обломков в морене провинции гранитов-рапакиви, ладожских сланцев и других пород /Горюнова и др., 1978/. Таким образом, можно сделать вывод, что в условиях кристаллического щита все морены в определенной степени являются локальными. Это подтверждается совпадением ранее выделенных петрографических и минералогических

ческих провинций ледниковых отложений с зонами коренного распространения данных типов пород. Чутко реагирует на состав ложа и состав глинистых фракций /см. ниже/. Дальность переноса ледником грубообломочного материала /фр. 70-20 мм/ составляет 15-20 км. На такое расстояние переносилось лишь 30-35% обломков. В то же время в зависимости от геологического строения ложа и динамики движения материкового льда соотношение в моренах дальнеприносного и местного материала существенно изменялось.

На первой, экзарационной стадии образования моренного покрова формировались грубообломочные локальные морены мощностью 1-2 м с высоким, до 70-100%, содержанием местного материала. Дальность транспортировки обломков /фр. 70-20 мм/ не превышала первых сотен метров, реже 2-3 км. На территории Карелии локальные морены формировались в зонах наиболее активного взаимодействия системы ледник-ложе - в районах развития малопрочных сланцевых и сильновыветрелых пород, на склонах выступов ложа. Если малопрочные сланцы имеют в Карелии довольно ограниченное распространение, то сильно-пересеченный рельеф прочных пород ледникового ложа, способствовал интенсивной экзарации и формированию локальных морен.

На второй стадии образования моренного покрова, при отслаивании морены из-под основания движущегося льда, формировались основные монолитные морены со сланцеватой текстурой, имеющие в Карелии наиболее широкое распространение. Мощность монолитных морен 3-6 м. Их материал претерпел более значительную ледниковую транспортировку и перемешивание. В результате в верхних горизонтах морен группы фаций послойно-дифференцированного пластического течения более 70% обломочного материала /фр. 70-20 мм/ представлено дальнеприносными обломками. Содержание дальнеприносного материала довольно существенно изменяется по вертикали разреза и у подошвы морен составляет лишь около 25-30%. Для этой группы фаций послойно-дифференцированного пластического течения льда выделяется две фации: фация морен, слагающих холмистые равнины и фация морен, слагающих друмлины. По данным Б. Салонена /Salonen, 1986/ в Финляндии дальность транспортировки материала в друмлинах составляет 5-17 км, а в полого-холмистых моренах только 0,8-10 км. Друмлины формируются

вались на заключительных этапах развития моренного покрова при более свободном и интенсивном растекании пластичного льда /Рукоусев, 1988. . Вероятно в этих условиях обломочный материал переносился на более дальнее расстояние, чем в условиях затрудненного пластического течения холодного ледника.

В третью, заключительную стадию формирования моренного покрова, при чешуйчатом перестилании ранее отложенных ледниковых осадков, образовывались чешуйчатые морены. Располагаются они перед выступами ложа, в осевых и краевых зонах ледниковых потоков. Морены группы фаций чешуйчато-надвигового типа движения, несмотря на повышенную, до 10-15 м мощность, даже в верхних горизонтах довольно хорошо отражают состав непосредственно подстилающих пород. В районе г. Костомукша в чешуйчатой морене мощностью более 8 м, содержание местных сланцев по вертикали разреза довольно постоянно - 35-37% и только в самой кровле морены уменьшается до 28%. В районе пос. Кривой порог на р. Кемь, в чешуйчатой морене, мощностью более 4 м, содержание местных гранитоидов возрастает по сравнению с монолитными моренами этого района в 2 раза и достигает 50%. В целом содержание местного материала в чешуйчатых моренах слабо изменяется по вертикали разрезов и составляет в среднем 30-70%, что в 1,5-2 раза больше, чем в монолитных моренах послыдно-дифференцированного пластического течения. В Финляндии В.Салонен /Salonen, 1986/ также отмечал обогащение чешуйчатых роген-морен местным материалом по сравнению с моренами холмистых равнин и друмлинов. По его данным дальность переноса обломочного материала в чешуйчатых моренах не превышает 2-3 км.

Таким образом, при переходе от морен группы фаций послыдно-дифференцированного пластического течения к моренам группы фаций чешуйчато-надвигового движения, происходит обогащение отложений местным материалом. В ходе чешуйчатого перестилания мореносодержащего льда, или ранее отложенных монолитных и локальных морен, перемещение обломков местных пород из зоны контакта с ложем в более верхние горизонты льда происходит по крутым надвигам и сколам, имеющим угол падения до 45°. В этом случае горизонтальная и вертикальная составляющая перемещения обломков примерно равны. Обломки местных пород

быстро продвигались в верхние горизонты льда и локально обогащали по зонам надвигов его верхние горизонты. При послойно-дифференцированном пластическом течении льда транспортировка обломочного материала из зоны контакта с ложем в более верхние горизонты льда происходила по пологим /угол падения до $10-20^{\circ}$ и менее/ плоскостям скольжения. В этом случае преобладала горизонтальная транспортировка материала, способствующая обогащению отложений далекоприносными обломками.

Рассмотрим влияние различных геологических факторов на интенсивность основных процессов ледникового седиментогенеза и соотношение местного и далекоприносного материала в моренах. Прочностные характеристики кристаллических пород Карелии, во многом определяющие интенсивность экзарации, могут существенно изменяться в зависимости от состава и степени выветрелости отложений. Среднее сопротивление сжатию монолитных гранитоидов, габброидов и кварцитов превышает 2500 кг/см^2 /Рылеев и др., 1974/, в то время как у сланцев составляет около 500 кг/см^2 /Пономарь и др. 1987/. При исследовании вещественного состава морен по субмеридиональному профилю через Заонежский полуостров от пос. Шульга до пос. Великая губа были получены данные, иллюстрирующие влияние прочности кристаллических пород на дальность ледниковой транспортировки. В северной части этого профиля в моренах, залегающих на прочных основных породах, содержится $10-17\%$ обломков сланцев /фр. $70-20 \text{ мм}$ /, габброидов - 22% , гранитов и шунгитов по $25-29\%$. В $3-6 \text{ км}$ на юг, в моренах, развитых на сланцах, содержание обломков местных пород - 88% , гранитов - 9% . Далее в дистальном направлении содержание сланцев достигает 96% . В $2,5 \text{ км}$ за зоной их развития, в моренах на диабазах содержание фрагментов сланцев падает до 40% , а в 7 км до 3% . Таким образом, малопрочные породы, быстро насыщая своими фрагментами нижние горизонты льда, способствуют их быстрому отслаиванию и формированию локальных морен, имеющих широкое площадное распространение. В то же время, в процессе ледникового переноса, сланцы быстро истираются. Из 44 точек опробывания морен в Заонежье, в 14 содержание местных пород превышало 80% , еще в 15 - более 60% . Таким образом, благодаря широкому распространению малопрочных пород ложа здесь преобладала аккумуляция локальных морен. Быстрое

отслаивание нижних, обогащенных местным материалом горизонтов льда, способствует также уменьшению дальности транспортировки далекоприносных, транзитных обломков. В Заонежье при переносе обломков гранитоидов через зоны малопрочных сланцев, их содержание в морене в 50 км от источника питания составляет 5%, в 40 км - 8%. На этих же расстояниях, но при транспортировке по прочным основным породам содержание гранитоидов в морене составляет соответственно 15 и 18% /фр.70-20 мм/. Аналогичные результаты можно получить сопоставляя данные по ледниковому разному валунов в северной Финляндии, полученные Х. Хирвасом /Hirvas, 1977/, с геологическим строением этой территории. В районе Аканваары, при транспортировке по малопрочным сланцам, содержание валунов габброидов падает с 80% на контакте со сланцами, до 20% в 5 км от него и 8% в 15 км. В Хаутоярви, при переносе по кварцитам, содержание валунов гранитоидов убывает с 85% на контакте, до 60% в 5 км и 35% в 15 км.

Рельеф ледникового ложа оказывает влияние не только на направление ледникового сноса материала, но и на интенсивность экзарации подстилающих пород. Наибольшей ледниковой эрозии подвержены выступы ложа, не совпадающие по простиранию с направлением движения льда. Ранее в западной Карелии изучался ледниковый перенос рудных валунов в районах с различными типами денудационно-тектонического рельефа, что отразилось на направлении ледникового сноса /Горюнова и др., 1978/. В зависимости от ориентировки рельефа изменяется и дальность ледниковой транспортировки. Так, в Саловаарском веере, контролируемом с боков тектоническими уступами, совпадающими по простиранию с направлениями движения, дальность ледникового переноса валунов оставляет 5-6 км. В Костомукшском веере, где рельеф также благоприятствовал длительному переносу, дальность транспортировки валунов составила 12 км. Ялонваарский веер располагается на проксимальной стороне тектонического уступа. Его усиленная экзарация способствовала обогащению льда местным материалом. Дальность ледникового переноса валунов только 3,5 км. Обогащение морен в районах выступов ложа местным грубообломочным материалом наблюдается и в других районах Карелии. В районе р. Волома, на кварцитовом крыже г. Кемиваара, содержание фрагментов местных кварцитов возрастает

в морене в 2-3 раза и достигает 70%. В районе пос. Кривой порог на р. Кемь на крупном выступе ложа содержание местных гранитоидов возрастает в 2 раза и достигает 50%.

Как показали результаты исследований, мелкообломочный материал транспортируется с большей скоростью и на более дальние расстояния, чем крупнообломочный. Практически во всех разрезах монолитных сланцеватых морен группы фаций послойно-дифференцированного пластического течения наблюдается обтекание "сланцеватостью" и удлинёнными мелкими обломками, валунов и крупных галек. Эти структуры обтекания, а также ледниковая штриховка на поверхности разноразмерных обломков, свидетельствует о дифференциации скоростей течения между пластичным льдом с включениями мелкообломочного материала и крупными обломками ложа. Наличие вокруг обломков алевритовых корочек, а также песчаных подсыпок, образовавшихся в условиях режеляции, также свидетельствует о дифференциации скоростей движения льда и крупнообломочного материала. Таким образом, в ходе послойно-дифференцированного пластического течения льда, пластичный лед, с включёнными в него мелкими обломками, обтекает валуны и крупные гальки, образуя складчатые структуры обтекания. Мелкообломочный материал транспортируется дальше крупнообломочного. В районе среднего течения р. Кемь содержание обломков дальнеприносных вулканогенно-осадочных пород во фракциях 70-20, 20-10, 10-5 мм составляет соответственно 19, 30 и 33% в 20 км от источника сноса и 16, 19 и 21% в 70 км. Обогащение дальнеприносным материалом в мелких фракциях /20-10, 10-5, 5-2,5 мм/ морен наблюдалось в районе г. Костомукша и в районе Лехтинской структуры в центральной Карелии.

Минералогический состав алевро-песчаных фракций ледниковых отложений Карелии также отражает широкое распространение гранитоидов на ее территории. Основными породообразующими минералами морен Карелии являются кварц, полевой шпат, слюды, а также минералы группы амфибола и эпидота. Выход тяжелой фракции составляет для морен 4-10%. Наиболее широко распространена в моренах на территории Карелии ассоциация амфибола с эпидотом, характерная для ледниковых отложений, развитых на плагиомикроклиновых гранитах. Амфиболов содержится 65-70%, эпидота - 10-20%, магнетита и ильменита - 3-8% /фр. 0,25-0,1 мм/.

Формирование минералогического состава алевро-песчаных фракций морен происходит за счет избирательного механического и, как будет показано ниже, криогенного разрушения минералов, их транспортировки и перемешивания. По имеющимся отрывочным литературным данным ледниковый перенос минеральных частиц на территории Карелии составляет 18-30, реже 50-60 км /Биска, 1971; Горюнова и др., 1978/. Определение количественных характеристик ледникового переноса минеральных частиц существенно затруднено. Это объясняется тем, что в строении источника питания, кроме данного минерала, принимают участие и другие, являющиеся общими для смежных с источником питания пород. Так, например, содержание дальноприносного магнетита в 34 км от Костомукшского месторождения составляет 0,45% всей фракции 0,25-0,1 мм. В железистых кварцитах Костомукши магнетит составляет лишь около 30%, а на остальные 70% приходится кварц и другие минералы. Чтобы получить количество минералов, принесенных из зоны развития железистых кварцитов Костомукши, необходимо к содержанию магнетита прибавить и содержание других минералов, входящих в состав железистых кварцитов в той пропорции, в которой они находятся в коренных породах. Таким образом, количество дальноприносных минералов из зоны развития железистых кварцитов возрастает примерно в 3 раза и составляет 1,3-1,5%. Несмотря на приближенность таких расчетов, полученные результаты более достоверно отражают особенности ледникового переноса минеральных частиц.

Следует отметить, что на этом расстоянии от Костомукшского месторождения только 0,1-0,01% галечного материала /фр. 70-20 мм/ представлено железистыми кварцитами, что подтверждает высказанное ранее положение о более дальней ледниковой транспортировке мелких фракций. Изменение минералогического состава морен в ходе ледниковой транспортировки вызывает изменения и в их химическом составе. Так, по мере удаления от Костомукшского месторождения, суммарное содержание окислов $FeO+Fe_2O_3$ последовательно уменьшается с 4,6% в зоне месторождения, до 2,44% в 34 км от него /фр. <1 мм/. Последовательно уменьшается и содержание окислов Ti, Mg, Ca. Таким образом, на формирование химического состава морен, как и минералогического, оказывает влияние избирательное разрушение ледникового ложа и

транспортируемых обломков, процессы переноса и перемешивания.

Минералогический состав алевро-песчаных фракций водно-ледниковых отложений в целом отражает состав морен, за счет перемыва которых он формировался. В то же время в условиях турбулентного режима происходило дробление малопрочных слюд и полевых шпатов, что отразилось на их повышенном содержании в мелких алевроитовых фракциях /Юзапавичюс, Эрман, 1984/. В отложениях озера в 34 км от Костомукши содержание магнетита составляет 2%, а в морене 0,45% /фр. 0,25-0,1 мм/. Вероятно это отражает дополнительный перенос алевро-песчаных частиц водно-ледниковыми потоками или фациальная обстановка осадконакопления способствовала локальному обогащению отложений минералами тяжелой фракции.

В озерно-ледниковых отложениях отмечается повышенное содержание устойчивых к окислению минералов - гематита, лимонита, лейкоксена и уменьшение содержания неустойчивых - магнетита, пирита, пирротина /Ильин, Сыромятина, 1972/.

Минералогический состав глинистых <0,001 мм/ и тонко-алевроитовых <0,01 мм/ фракций, как и более крупный материал морен, отражает состав ледникового ложа. Основными минералами ледниковых и водно-ледниковых отложений этих фракций, в отличие от более южных регионов, являются полевые шпаты, кварц, амфиболы, суммарное содержание которых колеблется от 65 до 80% и более. Основными глинистыми минералами глинистой фракции морен <0,001 мм/ являются неизменный или малоизмененный биотит, хлорит, редко встречаются гидробиотит и смектит, очень редко следы каолинита, монтмориллонита и других смешано-слоистых минералов.

Глинистая фракция морен чутко реагирует на состав ледникового ложа. В районе г. Костомукша в локальной морене на кварц-амфиболовых сланцах основным глинистым минералом является смектит, а в вышележащей монолитной морене - магнизиальный хлорит. В зоне развития талькосодержащих сланцев в глинистой фракции морен появляется тальк. На Заонежском полуострове в морене на шунгитах основным глинистым минералом является хлорит, присутствует мусковит и следы каолинита. В 20 км южнее, в морене на диабазе, основным глинистым минералом остается хлорит, но как самостоятельная фаза присутствует смектит, на-

блюдаются следы смешано-слоистого хлорит-монтмориллонита. На карбонатных породах в морене появляется кальцит.

Крайне незначительное и редко встречаемое содержание в глинистых фракциях морен смешанослойных гидрослюдистых минералов и каолинита позволяют утверждать, что влияние доледниковых химических кор выветривания на формирование вещественного состава верхневаддайского моренного покрова, в отличие от Кольского полуострова и районов Русской плиты, было минимальным. Не исключена возможность и более интенсивного истирания смешанослойных минералов при ледниковой транспортировке, но, учитывая крайне ограниченное распространение кор выветривания в Карелии, можно утверждать, что основная масса материала фракций $<0,001$ и $<0,01$ мм сформировалась за счет ледникового истирания и полировки прочного ледникового ложа или элювиальных образований, богатых биотитом.

В моренах Карелии /фр $<0,001$ мм/ наблюдается переход биотита через серию смешанослойных минералов типа гидробиотита в вермикулит. Вероятно это может отражать возможность подледникового преобразования глинистого вещества при его гидротации по ряду биотит-гидробиотит/биотит-вермикулит/ - вермикулит - иллит. О возможности подледникового преобразования слюд в локальных участках моренного пласта сообщил Ю.А.Лаврушин /1986/. Дальнейшее преобразование вермикулита в гидрослюды наблюдается лишь в крупных озерно-ледниковых и ледово-морских бассейнах.

Положение 3. В ледниковых условиях помимо механического перераспределения материала, происходило режеляционнo-криогидрационнoе, а в локальных условиях и подледно-диагенетическое преобразование вещества.

В ходе пластического течения льда выделяется большое количество режеляционной воды. Периодическое промерзание-оттаивание ее тонких пленок в микротрещинах минералов и обломков горных пород вызывает их криогидрационнoе дробление /Конищев и др., 1977, 1978, 1979/. Установленные В.Конищевым конечные пределы криогидрационнoго дробления кварца и амфиболов составляют $0,05-0,01$ мм, полевых шпатов - $0,1-0,05$ мм. Таким образом, конечные пределы криогидрационнoго дробления основных породообразующих минералов Карелии совпадают с положением ос-

новой моды в мелкоземе морен /0,1-0,01 мм/. Частицы размером <0,01 мм являются устойчивыми к криогидрационному дроблению, что в определенной степени объясняет незначительное содержание этих фракций в морене /6-15%/. Образование основного дефицита материала во фракции 2,5-1 или 1-0,5 мм также в определенной степени объясняется криогенным воздействием. По результатам лабораторных работ В.Конищева /1978/, кварц во фракциях 2,5-1,0 и 1,0-0,5 мм является наименее устойчивым к криогидрационному дроблению минералом и его содержание здесь минимально /10-12% и 25-45%, соответственно/. Интенсивно разрушаясь в этой размерности, кварц быстро переходит в более мелкие фракции. В результате происходит обогащение кварцем более мелкой фракции 0,4-0,315 мм, где его содержание максимально /82%/. В этой размерности кварц уже менее интенсивно разрушается в результате криогидрационного дробления. Его содержание во фракции 0,315-0,05 мм составляет 60-65%.

В интервале 2,5-0,5 мм также наиболее интенсивно происходит дробление обломков горных пород на составляющие их минералы, более устойчивые к механическому и криогенному дроблению. Так, в моренах Карелии, содержание обломков горных пород при переходе от фракции 10-5 мм к фракции 1,0-0,5 мм уменьшается с 80% до 8-10%. Коэффициент объемного расширения ортоклаза в 3 раза меньше, чем у альбита и в 2 раза меньше, чем у кварца /Конищев, 1978/, что способствует разрушению мелкогравийных и крупнопесчаных обломков вследствие неравномерного расширения-сжатия составляющих их минералов при промерзании-оттаивании. Деформации, вызванные разгрузкой напряжений, вследствие различий в коэффициентах объемного расширения компонентов, слагающих породы, наиболее интенсивно проявляются в крупнозернистых породах /Чигир, 1979/.

На гранях разноразмерного обломочного материала часто наблюдается ледниковая штриховка, что безусловно подтверждает положение о механическом дроблении материала при ледниковом переносе. В то же время, приведенные выше данные по минералогическому и гранулометрическому составу морен Карелии, интенсивности криогенных процессов, свидетельствуют о комплексном, механическом и криогенном разрушении материала при ледовом типе седиментогенеза.

Как уже отмечалось выше, в ходе ледниковой транспортировки, при выделении большого количества режеляционной воды, в глинистых фракциях морен возможна гидротация биотита, его стадийный переход через серию смешанослойных минералов типа биотит-вермикулит в вермикулит. На территории Карелии, в локальных условиях обнаружены и другие подледнодиагенетические новообразования минералов. На Заонежском полуострове, в зоне развития докембрийских карбонатных пород, по плоскостям надвигов в напорной ледниковой гряде обнаружены новообразования карбонатов. Состоят они из кальцита и представляют собой мучнистые стяжения, желваки и прослои мощностью до I см.

В центральной Карелии, в районе Лехтинской структуры, на пологих отшлифованных дистальных склонах выступов кварц-серпичитовых алевро-песчаников, обнаружены розоватые корочки аморфного кремнезема мощностью 3-4 мм и площадью в несколько десятков квадратных сантиметров. На 98% корочки состоят из окиси кремния. Аналогичные кремнистые подледнодиагенетические образования были обнаружены Б.Халлетом в США /Hallett, 1975/.

Таким образом, при ледовом типе седиментогенеза на территории Карелии существовали условия для режеляционно-криогидрационного дробления материала, а в зонах активного взаимодействия ледника с ложем локально происходило и его геохимическое преобразование.

Положение 4. На основе выявленных различий в вещественном составе морен и дальности ледниковой транспортировки предложено усовершенствование существующей методики валунных поисков полезных ископаемых. Анализ вещественного состава водно-ледниковых песчаных отложений позволил предложить часть из них в качестве формовочных смесей для литейного производства.

При проведении валунных поисков дополнительную информацию можно получить придерживаясь следующих положений:

1. Морены, сформировавшиеся в различных гляциодинамических обстановках могут существенно различаться по вещественному составу. Содержание дальноприносных обломков увеличивается от локальных морен к чешуйчатым, далее к монолитным моренам холмистых равнин и затем к моренам друмлинов.
2. По мере уменьшения размера обломочного материала наблюда-

ется увеличение в нем доли далекоприносных обломков.

3. Изменение вещественного состава по вертикали разрезов монолитных морен пластического течения, позволяет сделать предварительные выводы о составе значительной площади пород ложа, залегающих в проксимальном направлении от точки опробования. Содержание местного материала возрастает вниз по разрезу.

4. В моренах, развитых на малопрочных породах ложа или в условиях пересеченного рельефа, не совпадающего по простиранию с направлением движения льда, дальность ледниковой транспортировки падает.

5. Наиболее обогащены местным материалом морены на дистальных склонах выступов ложа. На проксимальных склонах могут накапливаться далекоприносные валуны, отслоившиеся при торможении ледника перед крупными выступами ложа.

Основываясь на этих положениях, для проведения более эффективных и рациональных валуновых поисков, все морены по составу вещественного состава их грубообломочного материала непосредственно подстилающими породам и дальности ледниковой транспортировки, можно разделить на три условные группы: локальные, переходные и транзитные. Для этих групп в работе приведена таблица с характерными для них структурно-текстурными признаками и геолого-геоморфологическими обстановками.

Условия формирования вещественного состава водно-ледниковых песчаных отложений позволили предложить часть из них в качестве формовочных песков для литейного производства. При выборе формовочных песков предпочтение отдается однородным, отсортированным пескам с незначительным содержанием фракций $< 0,022$ мм. Наиболее отвечают этим требованиям пески озов и флювиогляциальных дельт. При содержании фракций $< 0,05$ мм — 0,5–4% основная часть зерен концентрируется во фракции 0,1–0,63 мм и составляет 55–60% и более. Содержание кремнезема $/SiO_2/$ во флювиогляциальных песках, развитых на гранитоидах, составляет 77–81% /фр. < 1 мм/ при незначительном, до 6%, суммарном содержании легкоплавких окислов $/Na_2O, K_2O, Fe_2O_3/$. Для проведения технологических испытаний по просьбе НИО "Петрозаводскбуммаш" было отобрано 9 проб полевошпат-кварцевых песков из флювиогляциальных дельт и озов, развитых на гранитоидах. Результаты испытаний показали пригодность этих пес-

ков для литейного производства, их более высокие технологические характеристики по сравнению с привозными формовочными песками. Очевидно, более ценные для литейного производства кварцевые пески развиты в зонах залегания ятулийских кварцитов и кварцито-песчаников с высоким, до 95-98%, содержанием окиси кремния.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. На разных стадиях образования моренного покрова, при господстве определенных фациальных обстановок, основные процессы ледникового седиментогенеза - экзарация ложа, транспортировка и аккумуляция обломочного материала имели различную интенсивность. В результате гранулометрический и минералого-петрографический составы морен определенных гляциодинамических фаций могут существенно изменяться.
2. Ледниковые отложения, развитые на кристаллических породах, являются в определенной степени локальными. Ранее выделенные минералогические и петрографические провинции ледниковых отложений, практически совпадают с зонами коренного распространения данных типов пород. Чутко реагирует на состав ложа и состав глинистой фракции морен. Дальность ледникового переноса крупнообломочного материала в среднем составляет 15-20 км. На такое расстояние переносилось не более 30% обломков. В целом, наблюдается увеличение содержания дальнотранспортированного материала от локальных морен к чешуйчатым, далее к монолитным моренам холмистых равнин и к моренам друмлинов.
3. В ходе ледникового седиментогенеза определенное влияние на формирование вещественного состава морен оказали режелационно-криогидрационные процессы дробления минералов и горных пород. В результате основные породообразующие минералы морен Карелии - кварц, полевые шпаты и амфиболы концентрируются во фракции 0,1-0,01 мм, что соответствует конечным пределам их криогидрационного дробления. Основной дефицит материала в моренах во фракции 2,5-0,5 мм также в определенной степени связан с наиболее интенсивным дроблением кварца, являющимся наименее устойчивым к криогидрационному дроблению минералом в этой фракции, и криогенным дроблением мелкогравийных обломков.
4. С особенностями динамики движения льда связано локальное

проявление подледнодиагенетических минеральных преобразований, происходящих в ходе ледового седиментогенеза. Так, в глинистых фракциях морен Карелии наблюдается стадияльное преобразование биотита при его гидротации. Через ряд смешанослойных минералов типа гидробиотита /биотит-вермикулита/ биотит переходит в вермикулит. Наблюдается также и формирование аутигенных карбонатов и силикатов.

5. Преобразование вещественного состава морен в ходе их водно-ледниковой транспортировки и аккумуляции также зависело от часто изменяющихся фациальных обстановок. Отложения фаций характеризуются различным вещественным составом. В водно-ледниковых отложениях наблюдаются и начальные стадии диагенеза - стадияльный переход биотита при его гидротации в вермикулит и далее в иллит, а также обеднение неустойчивыми к выветриванию минералами.

6. Различия в дальности транспортировки и формировании вещественного состава морен различных динамических фаций позволили внести коррективы в методику валунных поисков полезных ископаемых. Часть водно-ледниковых песчаных отложений предложена в качестве формовочных песков для литейного производства.

Список опубликованных работ автора по теме диссертации:

1. О чешуйчато-надвиговом строении ледниковой гряды г. Люсинваара /северо-восточное Приладожье/. //Геология и магматизм. Петрозаводск.: КФ АН СССР, 1984. С.39-41.
2. Петрографический и гранулометрический составы ледниковых отложений района р.Волома// Геология и геохимия докембрийских образований Карелии. Петрозаводск.: КФ АН СССР, 1986. С.32-35.
3. Влияние морфоструктуры на ледниковый седиментогенез в западной Карелии. //Литоология и полезные ископаемые. М.: 1986. № 5. С. 113-119.
4. Влияние состава кристаллического фундамента на динамику движения ледника. //Докембрий и квартер Карелии. Петрозаводск.: КФ АН СССР, 1988. С.8-12.
5. О выборе карельских песков для литейного производства. Там же, С. 13-15 /совместно с А.С.Заверткиным, А.Д.Лукашовым, В.А.Ильиным/.