
А. И. Слабунов, Е. В. Бурдюх, И. И. Бабарина

ГРАНУЛОМЕТРИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПО ПЛОЩАДИ ОБЛОМОЧНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ГРИДИНСКОГО ЭКЛОГИТСОДЕРЖАЩЕГО МЕЛАНЖА

В восточной части Беломорского подвижного пояса (рис. 1, А) установлен неоархейский эклогитсодержащий комплекс (Володичев, 1977, 1990, 1997; Володичев и др., 2004, 2005; Volodichev et al., 2003). Он формирует тектоническую пластину (Слабунов, 2005; Слабунов и др., 2006; Slabunov et al., 2006), проекция которой на современном эрозионном срезе имеет северо-западное простирание (рис. 1, Б). Ее выходы прослеживаются в прибрежной полосе и на о-вах Белого моря примерно на 60 км от губы Сухой на СЗ до о-вов Супротивные на ЮВ при ширине 6–7 км. Она резко отличается как от распространенных к северо-востоку мигматизированных гранито-гнейсов ТТГ ассоциации, так и от коллажа, состоящего из базит-гипербазитового комплекса Пиземско-Оленьестровской структуры Центрально-Беломорского зеленокаменного пояса, глиноземистых гнейсов и гнейсогранитов на юго-западе.

По текстурным особенностям описываемый комплекс относится к числу хаотических – микститов (Словарь-справочник..., 1993), а также сопоставим с мигматитами агматитового типа (Володичев, 1990).

Матрикс микстита представлен в различной степени мигматизированными гнейсами, гнейсогранитами и метаэндритами (Сибелев и др., 2004). Первые из них, вероятно, представляют собой значительно переработанный матрикс меланжа, сформировавшийся за счет разрушения всех пород, входящих в состав обломочной составляющей. Гнейсограниты и метаэндриты образовались на более поздних стадиях преобразования комплекса и, по-видимому, являются продуктами плавления слагающих его пород в ходе декомпрессии, т. е. по существу являются несомой мигматита по меланжу. В ряде случаев эти гранитоиды формируют небольшие массивы (рис. 2).

Обломочная составляющая гридинского эклогитсодержащего микстита представлена неравномерно распределенными в метаматрикс многочисленными телами линзовидной, эллипсовидной и реже угловатой формы. Обломки варьируют по размерам от первых десятков сантиметров в поперечнике до первых десятков метров. Их концентрация в микстите также варьирует в широких пределах, составляя местами

25–30% его общего объема. Специальные исследования показали, что обломки в гридинском меланже распределены неравномерно: выделяются линзовидные тела мощностью до 200–300 м СЗ простирания, обогащенные обломками, тогда как в остальной части комплекса их концентрация несколько меньше (рис. 2), но в них выделяется неоднородность второго порядка.

Большое разнообразие пород в обломочной составляющей эклогитсодержащего комплекса (обломки отличаются по степени и характеру участия в деформациях, по условиям метаморфизма, размерам, по петрогеохимическим особенностям) и его несомненные текстурные отличия от окружающих образований свидетельствуют о значительной дезинтеграции и перемещенности компонентов субстрата, представляющих по сути аллохтонную смесь (Володичев, 1990). Она была, кроме того, как уже отмечено выше, интенсивно мигматизирована, что усложнило строение. Таким образом, архейский эклогитсодержащий комплекс Гридинской тектонической пластины представляет собой интенсивно мигматизированный микстит, к тому же в значительной степени преобразованный наложенными процессами деформаций и метаморфизма. Он, таким образом, имеет сложный полигенный и полихронный генезис и является, как можно предполагать, сильно мигматизированным и деформированным меланжем (т. е. метамеланжем).

Для проверки рабочей гипотезы о том, что эклогитсодержащий микстит относится к меланжу, т. е. тектонически дезинтегрированному комплексу, были выполнены гранулометрические исследования его обломочной составляющей.

Дело в том, что форма, размеры и характер распределения обломочной составляющей микститов, безусловно, несут в себе информацию об условиях дезинтеграции и последующей сепарации обломков. Наличие таких корреляций хорошо известно. Так, в литологии разработан гранулометрический анализ, который применяется для решения вопросов генезиса обломочных пород (Фролов, 1993). Гранулометрический анализ ксенолитов был применен для изуче-

ния особенностей становления Северо-Карельского батолита санукитоидов (Слабунов, Максимычева, 1991; Слабунов, 1995), в ходе этих исследований, в частности, была установлена зависимость между размером ксенолитов и их составом (плотностью), что хорошо согласуется с формулой Стокса, описывающей скорость движения твердых тел в вязкой несжимаемой жидкости (Тёркот, Шуберт, 1985). Принципиально важно и то, что дезинтеграция вещества (без последующей сепарации обломков) приводит к образованию совокупности частиц, размеры которых имеют логарифмически нормальное (логнормальное) распределение (Справочник..., 1987). Таким образом,

гранулометрический анализ микститов может существенно сузить круг рабочих гипотез о их происхождении.

Методика гранулометрических исследований гридинских микститов. В полевых условиях проводилось детальное описание изучаемых обнажений, замер размеров обломков, определение направления преимущественной их ориентировки, визуальная диагностика пород.

Обломочная составляющая микстита изучалась в двух районах: в с. Гридино (в нескольких обнажениях) и на о. Избная Луда (рис. 1, Б). В процессе изучения выполнено 756 измерений.

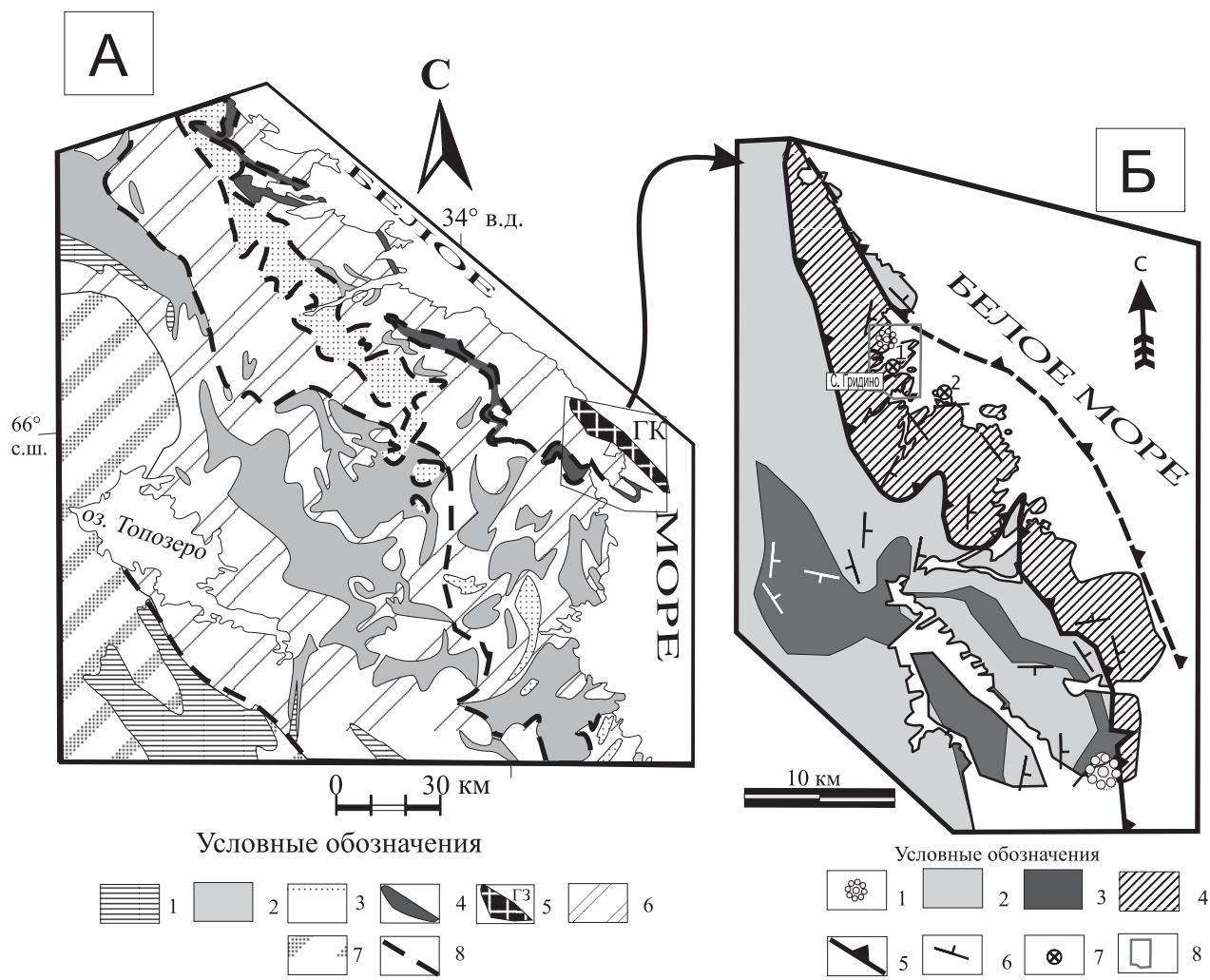


Рис. 1. Схема геологического строения Северной Карелии (А) и распространение тектонической пластины, слагающей гридинский эклогитсодержащий меланж (Б) (Слабунов, 2005 с дополнениями):

1 – палеопротерозойские (2,5–1,92 млрд лет) супракрустальные образования; 2–3 – мезо- и неогархейские (2,9–2,83; 2,8–2,78 млрд лет) зеленокаменные комплексы; 4 – керетьозерский и хизоваарский; 5 – базит-гипербазитовый Центрально-Беломорского зеленокаменного пояса; 6 – мезоархейский парагнейсовый комплекс; 7 – Гридинский эклогитсодержащий комплекс (ГК); 8 – архейские (2,9–2,7 млрд лет) гранитоиды ТТГ ассоциации Беломорского подвижного пояса; 9 – архейские (3,2–2,7 млрд лет) гранитоиды ТТГ ассоциации Карельского крона; 10 – предполагаемые надвиги

Б: 1 – гранитные массивы (не древнее 2,7 млрд лет); 2 – гранитоиды ТТГ ассоциации; 3 – образования Центрально-Беломорского зеленокаменного пояса (амфиболиты, метаультрабазиты), а также пластины, сложенные кианит-гранат-биотитовыми и гранат-биотитовыми гнейсами; 4 – эклогитсодержащий комплекс; 5 – тектонические границы; 6 – элементы залегания гнейсовидности и метаморфической полоччатости; 7 – расположение полигонов гранулометрического анализа меланжа: 1 – с. Гридино; 2 – о. Избная Луда; 8 – расположение схемы геологического строения района м. Варгас – о. Прянишная Луда (рис. 2)

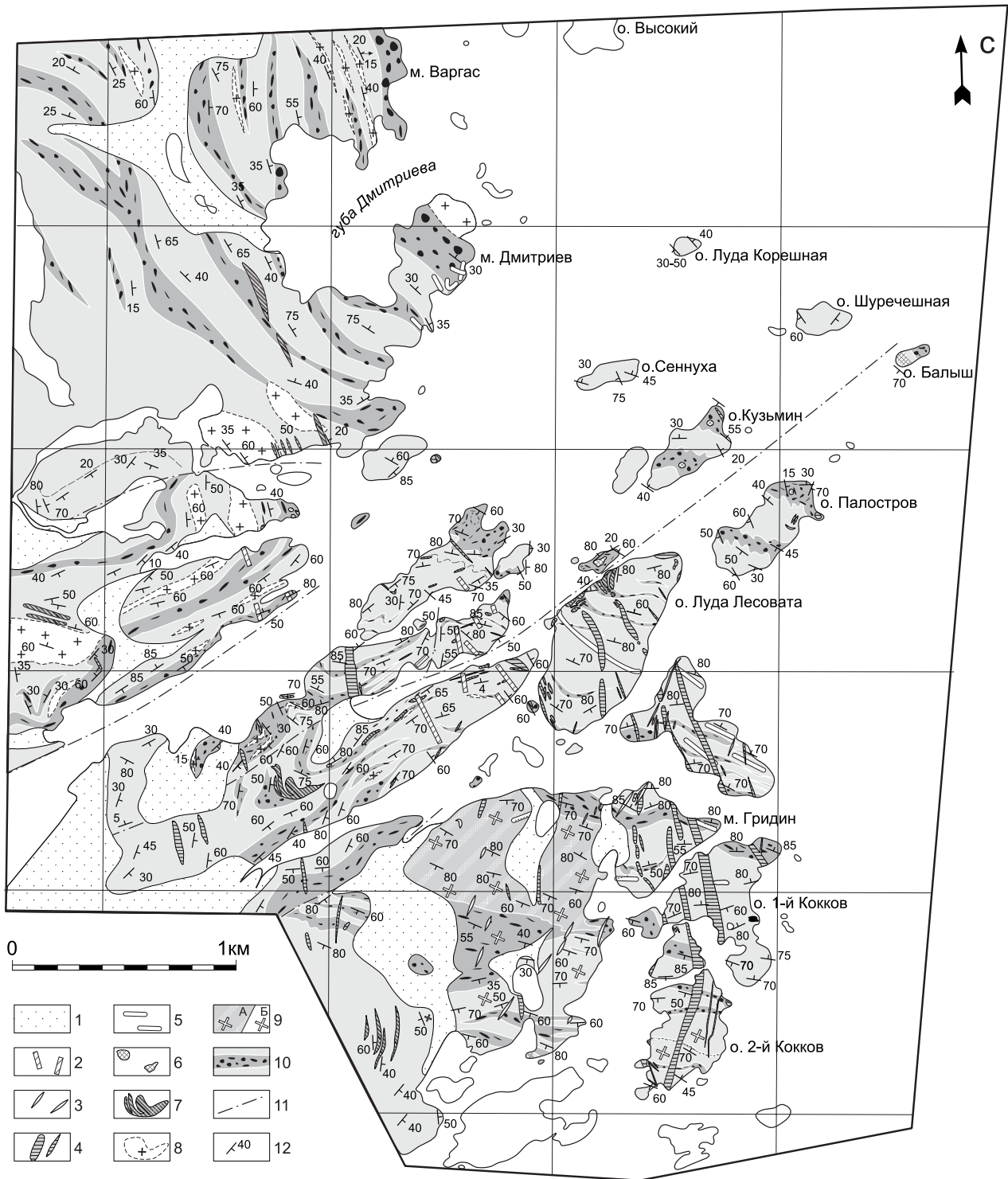


Рис. 2. Схема геологического строения района м. Варгас – о. Принышная Луда (Белое море) (составлена И. И. Бабариной по личным наблюдениям, с использованием материалов А. И. Слабунова, О. С. Сибелева, О. И. Володичева, а также: Степанов, Степанова, 2006):

1 – четвертичные отложения; 2–5 – палеопротерозойские дайки метагабброидов: 2 – поздние метагаббронориты; 3 – корнитовые железистые габбро; 4 – комплекс лерцолитов – габброноритов; 5 – ранние метагаббро; 6 – эпидозиты (метаанортозиты); 7 – ранние железистые габбро; 8 – граниты и гнейсы по ним; 9 – метазендербиты; 10 – меланж с высокой (до 20–35% объема) (а) и с меньшей (менее 20% объема) концентрацией обломков; 11 – зоны разломов; 12 – элементы залегания гнейсовидности

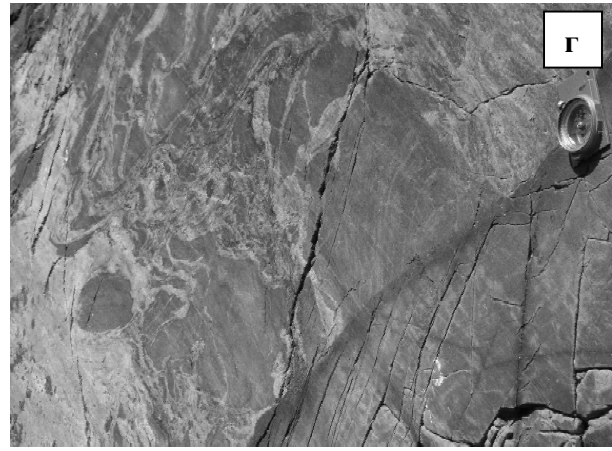
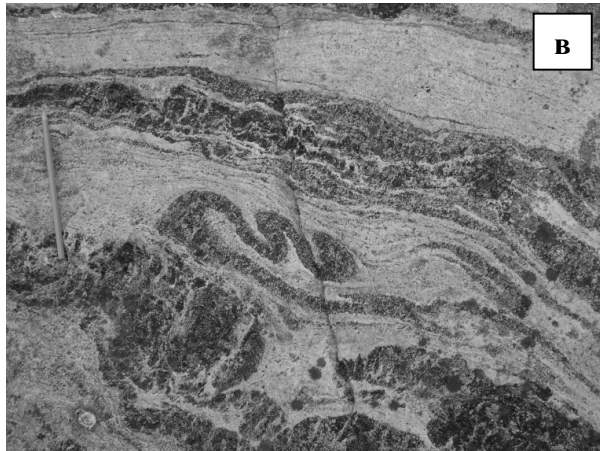
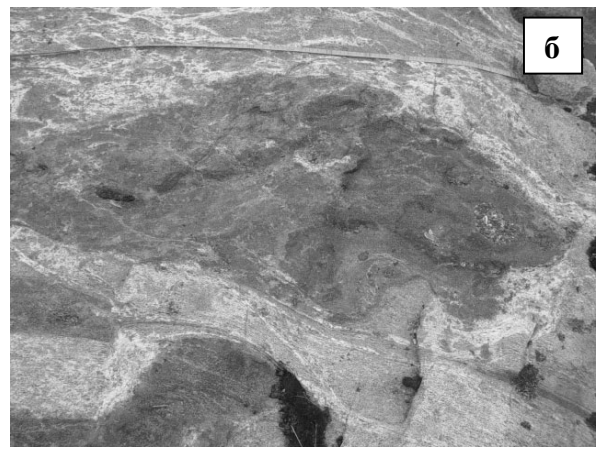


Рис. 3. Морфологические типы обломков гридинского меланжа в с. Гридино (а–в), на о. Избная Луда (г–е):

а – угловатые, б – эллипсовидные, в – змеевидные, г – угловатые, осложненные вторичной дезинтеграцией, д–е – эллипсовидные, осложненные вторичной дезинтеграцией

В изученных сечениях обломки обычно имеют эллипсовидную, сглаженно-угловатую или угловатую, иногда змеевидную форму. Они часто несут следы поздних (вторичных относительно их образования) нарушений их сплошности (рис. 3, д, е). В таких случаях измерялись первичные размеры обломка, а не его новообразованные фрагменты.

По петрографическому составу измеренные обломки представлены эклогитами и апоэклогитами, лейкократовыми и мезократовыми амфиболитами.

Каждый обломок измерялся в обнажении в одном произвольном сечении, и поэтому размеры охарактеризованы лишь частично. Однако эти параметры, безусловно, имеют прямую функциональную связь с главными характеристиками размеров тел и, следова-

тельно, дают возможность оценить их. У обломков измерялись два параметра: длина (измерение по наиболее длинной оси) и ширина (измерение по наименьшей оси). Известно, что наибольший диаметр обломков компенсирует искажение его размеров в произвольном срезе, и поэтому обычно в статистическом анализе большее внимание уделяется размерам по длинной оси (Фролов, 1993). Измерения проводились с помощью рулетки с точностью до 0,5 см. Полученные данные обрабатывались с помощью графических и аналитических методов. На рис. 3–5 приво-

дятся результаты графической обработки данных: гистограммы распределения обломков по длине и ширине для всей выборки в целом (рис. 3), по составу (рис. 4) и по полигонам (рис. 5).

На основе анализа гистограмм было высказано предположение о логнормальном распределении размеров обломков. Проверка данной гипотезы о законе распределения случайной величины по критерию $\chi^2_{0,05}$ показала (см. ниже), что она верна для всех рассмотренных выборок (за исключением распределения размеров эклогитов и апоэклогитов, рис. 3, а).

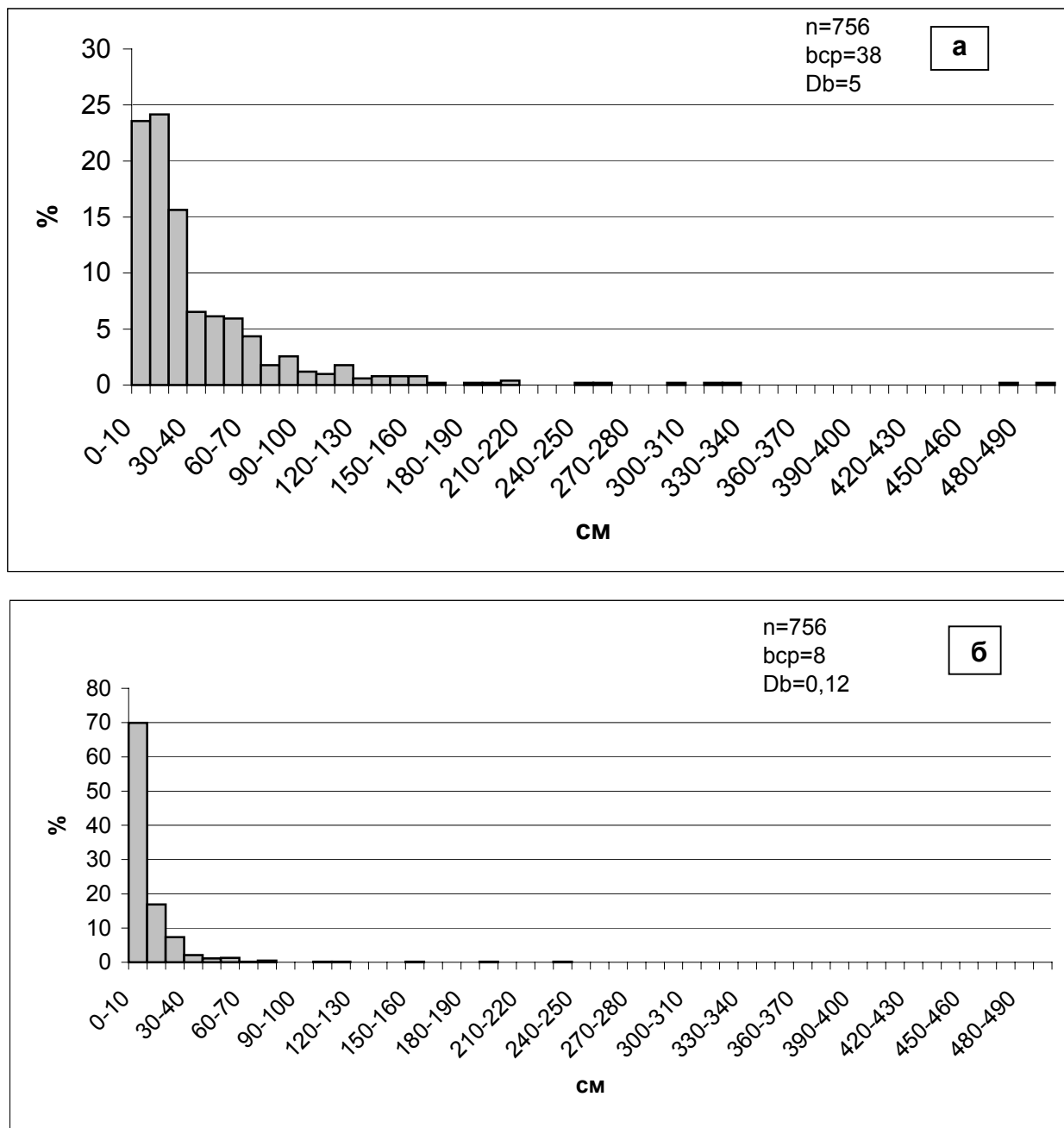


Рис. 4. Распределение размеров обломков меланжа по длинной (а) и короткой (б) осям (размер выборки – n; среднее значение – b_{cp} ; дисперсия распределения – D_b)

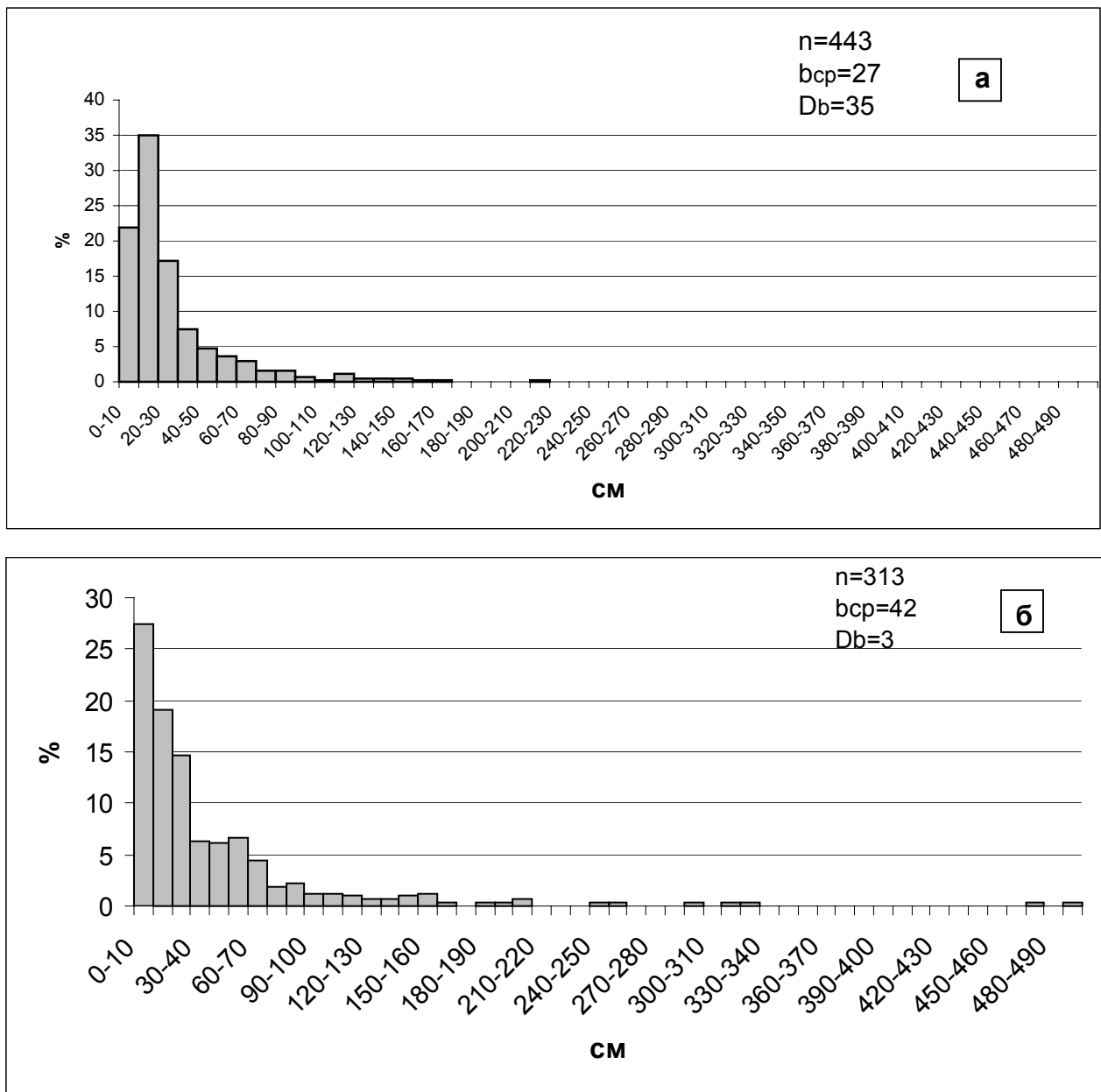


Рис. 5. Распределение размеров (по длинной оси) обломков меланжа в районе с. Гридино (а) и на о. Избная Луда (б)

Размеры обломков варьируют по длинной оси от 1 до 500 см, по короткой – от 1 до 240 см (рис. 4). На моду (10–20 см) приходится 23,56% от общего числа обломков. Средняя длина обломков – 38 см (дисперсия распределения (D_b) = 5). Графики распределения размеров обломков имеют ярко выраженную асимметричность (рис. 4): их левое крыло практически отсутствует, а правое аппроксимируется к нулю. Рассматриваемое распределение имеет логарифмически нормальный характер, что отражено на графике (рис. 4), а также строго доказывается статистически: для данной выборки ($n = 756$) критерий $\chi^2_{0,05} = 12,516$, это меньше критического (χ^2_{α}) его значения ($\chi^2_{\alpha} = 14,067$), что означает, что гипотеза о логнормальном распределении верна.

Графики распределения размеров обломков на двух полигонах (рис. 1, Б) имеют близкие характеристики, отличаясь лишь в деталях. На первом из них (с. Гридино) среднее значение длины обломков – 27 см (дисперсия $D_b = 35$). На модальное значение (10–20 см) приходится около 21,9% обломков. На втором полигоне (о. Избная Луда) у обломков несколько большие средние размеры (длинная ось) – 42 см и меньшая дисперсия ($D_b = 3$). Модальные значения находятся здесь в интервале 0–10 см (27,47%). Особенностью графика распределения размера обломков на этом полигоне является наличие слабовыраженной (превышает соседние на 0,6%) второй моды значений в области 50–60 см.

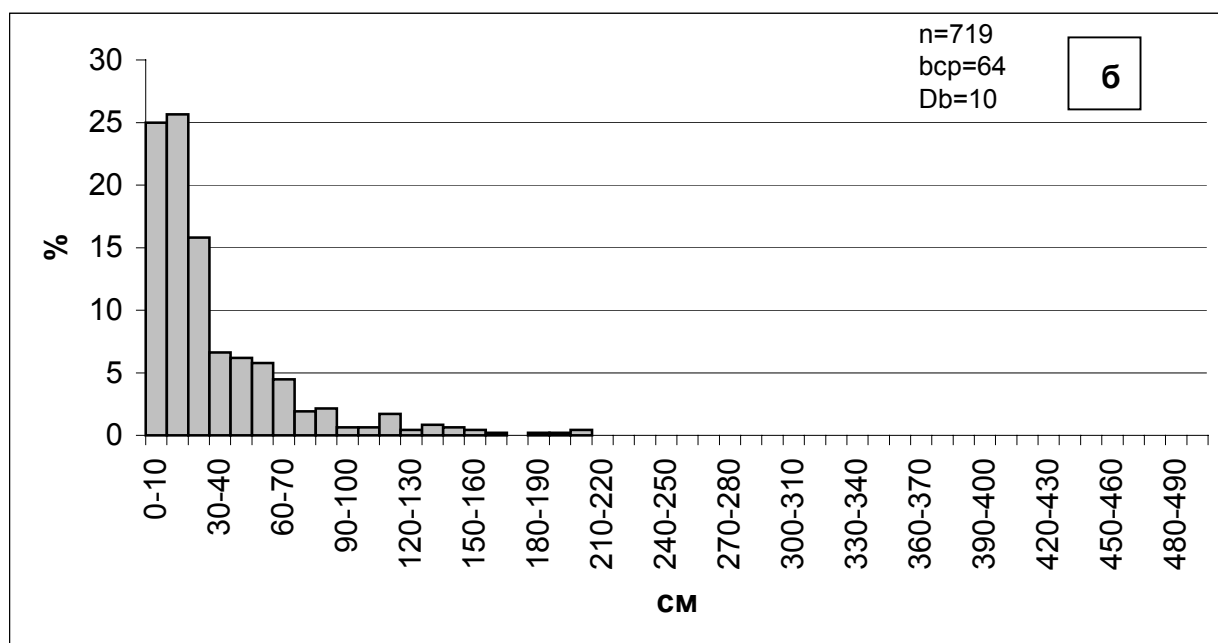
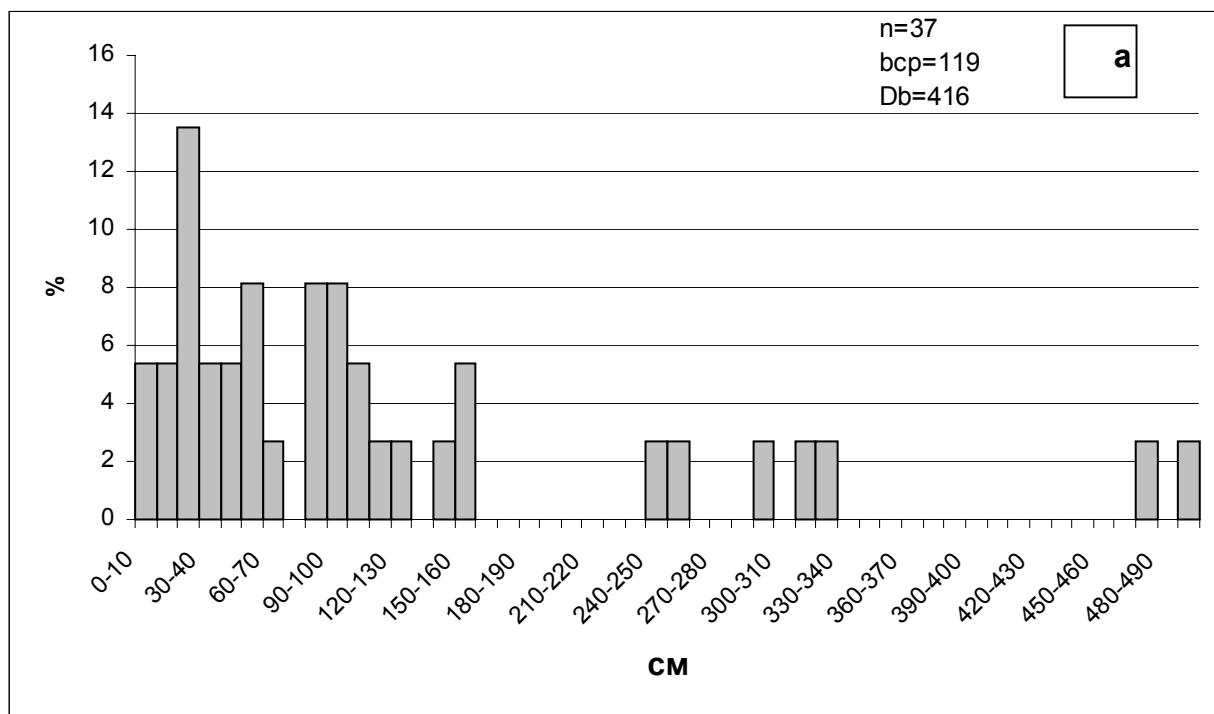


Рис. 6. Распределение размеров (по длинной оси) обломков эклогитов и апоэклогитов (а) и амфиболитов (б)

Гранулометрия обломков различного состава имеет свои особенности. Размеры фрагментов эклогитов и апоэклогитов выделяются крайне широкими вариациями: от 1 до 500 см (рис. 6). При средней длине 119 см дисперсия составляет 416. Пиков на графике в целом нет. Совсем другой характер распределения размеров обломков амфиболитов: их средняя длина – 64 см (дисперсия $D_b = 10$), модальное значение – 5–10 см, и на него приходится 25% выборки, распределение носит логнормальный характер.

Полученные данные по гранулометрии обломочной составляющей гридинского микстита позволяют с большой долей уверенности утверждать, что исследованная выборка характеризуется логнормальным распределением, не установлены факты более сложного распределения. По этим наблюдениям можно сделать вывод о том, что данная обломочная составляющая образовалась в результате дробления вещества без последующей сепарации, что характерно в том числе для меланжей. Не установлена и корреляция между размерами обломков

и их составом (плотностью), что также означает отсутствие активной среды, воздействующей на совокупность раздробленных частиц и ведущей к их сепарации.

Согласно полученным гранулометрическим данным, гридинский микстит сформировался в результате дезинтеграции сложно построенного комплекса, без проявлений последующей сепарации обломков. Такие граничные условия, наряду с присутствием среди обломочной составляющей эклогитов, позволяют сопоставлять данный микстит с меланжем, образовавшимся в неархейской зоне субдукции по известной модели возвратного течения (Добрецов, Кирдяшкин, 1991; Добрецов и др., 2001).

Главные выводы:

1. Обломки в составе гридинского эклогитсодержащего меланжа, слагающего тектоническую пластину, распределены неравномерно: выделяются линзовидные тела мощностью до 200–300 м СЗ простирания, обогащенные обломками.

2. Распределение размеров обломков гридинского меланжа отвечает логорифмически нормальному.

3. Характер распределения размеров обломков не противоречит гипотезе о формировании гридинского меланжа в процессе дезинтеграции в зоне субдукции.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 06-05-64876).

ЛИТЕРАТУРА

- Володичев О. И.* Эволюция метаморфизма полициклического беломорского комплекса // Цикличность и направленность процессов регионального метаморфизма. Л., 1977. С. 57–79.
- Володичев О. И.* Беломорский комплекс Карелии (геология и петрология). Л., 1990. 248 с.
- Володичев О. И.* Эндогенное отражение беломорской коллизионной орогении в Карельском кратоне // Тез. докл. Междунар. совещ. «Докембрий Северной Евразии». СПб., 1997. С. 22.
- Володичев О. И., Слабунов А. И., Бибикова Е. В. и др.* Архейские эклогиты Беломорского подвижного пояса, Балтийский щит // Петрология. 2004. Т. 12, № 6. С. 609–631.
- Володичев О. И., Слабунов А. И., Степанов В. С. и др.* Архейские и палеопротерозойские эклогиты и палеопротерозойские друзиты района с. Гридино (Белое море) // Беломорский подвижный пояс и его аналоги: геология, геохронология, геодинамика, минералогия. Материалы науч. конф. и путеводитель экскурсии. Петрозаводск, 2005. С. 60–80.
- Добрецов Н. Л., Кирдяшкин А. Г.* Динамика зон субдукции: модели формирования аккреционного клина и подъема глаукофановых сланцев и эклогитов // Геология и геофизика. 1991. № 3. С. 4–20.
- Добрецов Н. Л., Кирдяшкин А. Г., Кирдяшкин А. А.* Глубинная геодинамика. 2-е изд., доп. и перераб. Новосибирск, 2001. 409 с.
- Сибелев О. С., Бабарина И. И., Слабунов А. И., Конилов А. Н.* Архейский эклогитсодержащий меланж Гридинской зоны (Беломорский подвижный пояс) на о. Столбиха: структура и метаморфизм // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 7. Петрозаводск, 2004. С. 5–20.
- Слабунов А. И.* Ксенолиты как индикаторы движения вещества в магматической камере (на примере архейского батолита северной Карелии, Балтийский щит) // Геохимия. 1995. № 10. С. 1506–1511.
- Слабунов А. И.* Геология и геодинамика Беломорского подвижного пояса Фенноскандинавского щита: Автореф. дис. ... докт. геол.-минер. наук. М., 2005. 46 с.
- Слабунов А. И., Лобач-Жученко С. Б., Бибикова Е. В. и др.* Архей Балтийского щита: геология, геохронология, геодинамические обстановки // Геотектоника. 2006. № 6. С. 1–29.
- Слабунов А. И., Максимычева Т. А.* Гранулометрия и распределение по площади ксенолитов из таваярвинского комплекса // Геология и рудогенез докембрия Карелии (опер.-информ. материалы за 1990 г.). Петрозаводск, 1991. С. 10–15.
- Словарь-справочник по тектонике литосферных плит / Сост. В. С. Колесниченко. М., 1993. 71 с.*
- Справочник по математическим методам в геологии. М., 1987. 335 с.*
- Степанов В. С., Степанова А. В.* Ранние палеопротерозойские метагаббро района с. Гридино (Беломорский подвижный пояс) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 9. Петрозаводск, 2006. С. 55–71.
- Тёркот Д., Шуберт Дж.* Геодинамика. Геологические приложения физики сплошных сред. Ч. 2. М., 1985. 360 с.
- Травин В. В., Степанов В. С., Докукина К. А.* Характеристика и условия образования тектонитов острова Избная Луда (район села Гридино, северо-западное Беломорье) // Геология и полезные ископаемые Карелии. Вып. 8. Петрозаводск, 2005. С. 40–49.
- Фролов В. Т.* Литология. Кн. 2. М., 1993. 432 с.
- Slabunov A. I., Lobach-Zhuchenko S. B., Bibikova E. V. et al.* The Archean nucleus of the Fennoscandian (Baltic) Shield // European Lithosphere Dynamics. Eds.: Gee D. G. & Stephenson R. A. Geological Society, London, 2006. Memoirs 32. P. 627–644.
- Volodichev O., Slabunov A., Bibikova E., Konilov A.* Archean eclogites from the Belomorian Mobile Belt in the Fennoscandian/Baltic Shield, Russia // The Alice Wain Memorial Western Norway Eclogite Symposium. Abstracts volume. 2003. P. 157–158.