

## БАЗАЛТЫ ФАРЕРСКИХ ОСТРОВОВ

© 2011 г. И. Б. Серавкин, З. И. Родичева

Институт геологии Уфимского НЦ РАН  
450077, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Карла Маркса, 16/2  
E-mail: seravkin@anrb.ru

Поступила в редакцию 09.09.2009 г.

По данным личных наблюдений в экскурсии МГК-33, с привлечением опубликованных материалов, охарактеризованы состав и строение базальтовых потоков Фарерских островов (Северная Атлантика). Базальтовые серии большой мощности (>6600 м) раннепалеогенового возраста, сформированные в континентальных условиях, представлены афировыми, плагиофировыми и оливинофировыми толеитами различных геохимических типов.

Ключевые слова: базальт, толеит, содержание  $TiO_2$ ,  $MgO$ , Северная Атлантика.

### ВВЕДЕНИЕ

В августе 2008 г. один из авторов этой статьи принял участие в геологической экскурсии на Фарерские острова, организованной в рамках Международного геологического конгресса (МГК-33). В течение 8-ми дней, на катере, автобусом и пешком представилась возможность довольно детально ознакомиться с великолепными обнажениями базальтов и разделяющих базальтовые лавовые потоки вулканокластических пород, отобрать необходимые образцы для анализа и изготовления петрографических шлифов. З.И. Родичева их изучила и описала.

Фарерские острова (Faroe islands) расположены в Северной Атлантике, между Исландией и Шотландией (рис. 1). Этот архипелаг, включающий 5–6 сравнительно крупных и множество мелких островов, является реликтом обширного палеоконтинента, простиравшегося от Гренландии до Британии и “поглощенного” при раскрытии Атлантического океана [6, 7]. Архипелаг, в границах его шельфа, обладает корой континентального типа, окруженной океанической корой Атлантики. Наземные базальтовые излияния, продукты которых мы имеем возможность наблюдать в настоящее время практически в недеформированном виде, происходили в раннем палеогене (палеоцен и ранний эоцен, 62–54 млн. лет). Возрастные и формационные аналоги фарерских базальтов известны в Восточной Гренландии (формации Нансен Фьорд и Милни Лэнд) и Западной Шотландии.

Наземные базальтовые излияния на Фарерских островах, являясь частью Северо-Атлантической магматической провинции, были сопряжены с вулканизмом, сопровождавшим раскрытие Северной Атлантики (прото-исландский плюм), чем определились особенности их химизма [6].

Материал, помещенный в статью, может быть полезен российским, в частности, уральским исследователям с фациальной и петро-геохимической точек зрения.

### ФАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ

Серии базальтовых покровов, хорошо обнаженные в береговых обрывах океана, врезающихся в острова фьордов, многочисленных проливов и по склонам гор высотой до 882 м, образуют 3 формации (снизу вверх): 1) нижние базальты – формация Бейнисворд (Beinisvord), 2) средние базальты – формация Малинстиндур (Malinstindur) и верхние базальты – формация Энни (Enni) – рис. 2. Общая мощность базальтовых серий, изученная не только по обнажениям, но и по керну скважины глубиной более 3500 м, пробуренной на севере о-ва Сузурой, составляет не менее 6600 м. Наряду с эффузивными базальтовыми потоками, встречаются и силлы базальтов, макроскопически похожие на потоки, но имеющие розоватую темно-серую окраску. В промежутках между потоками развиты бурые глинистые продукты разложения базальта и маломощные пласты вулканокластических отложений красного цвета (вулканомиктовые песчаники, аргиллиты, конгломераты – продукты разрушения лавовых потоков), частично – продукты пирокластических отложений, перекрытых временными потоками и подвергшихся выветриванию в субаэральных условиях, а также продукты седиментации рек и озер.

Базальтовые серии многокилометровой мощности подстилаются вулканокластическими отложениями формации Лопра (Lopra), изученными по керну скважины и представленными гиалокластитами преимущественно лапиллиевой размерности (рис. 2). Нижние и средние базальты разделены двумя осадочными формациями (снизу вверх): угленосной Престфиалл (Prestfjall) и красноцветной вулканокла-

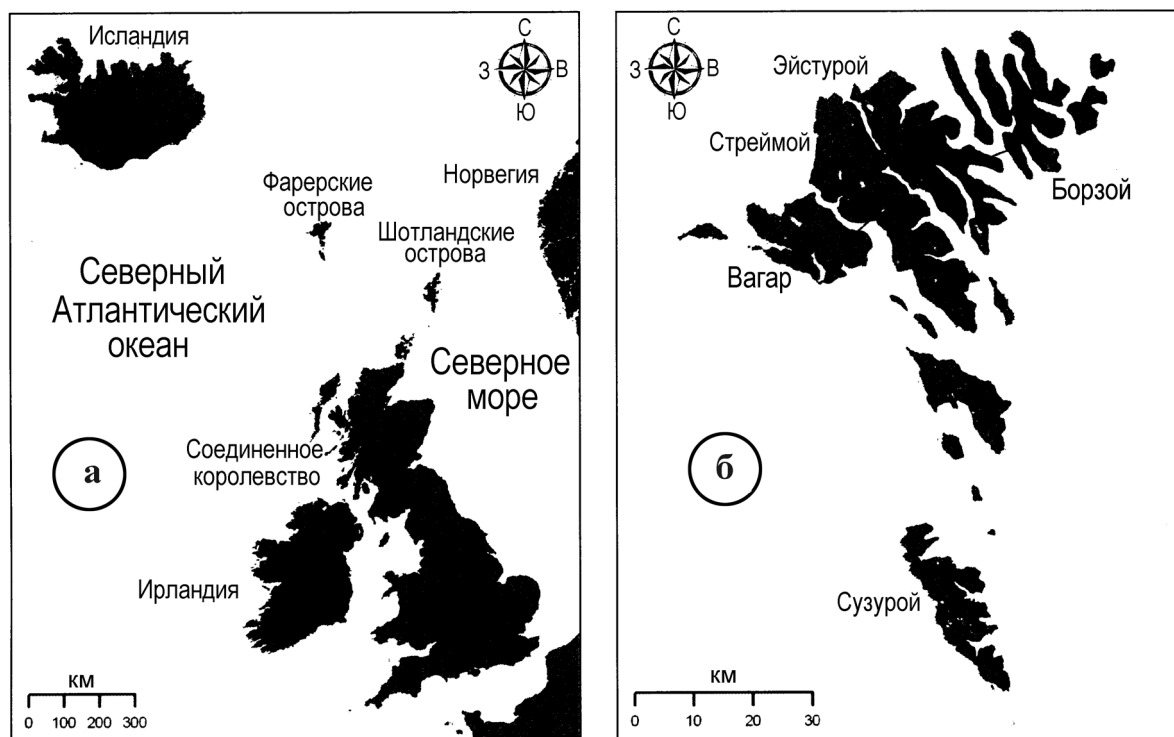


Рис. 1. Положение Фарерских островов в Северной Атлантике (а) и схематическая карта Фарерского архипелага (б) [7].

стической Хваннхаги (Hvannhagi), содержащей силлы долеритов. Угленосная формация общей мощностью 3–15 м сложена базальным глинистым горизонтом, на котором залегают 2 угольных пласта, разделенные прослоем аргиллитов и перекрытые глинистыми (кровельными) сланцами и вулканокластическими песчаниками. Отложение угленосной формации происходило в озерно-болотных условиях [7]. Между средними и верхними базальтами также залегают вулканокластиты (снизу вверх): 1) слои Квивик (Kvívík), представляющие собой брекчии базальтов нижележащей формации Малинстиндур; 2) формация красноцветных вулканокластитов Снейс (Sneis), прослоенных тонкими силлами долеритов; 3) формация сероцветных песчаников и конгломератов Аргир (Argir) [7] – рис. 2.

Петро-геохимические особенности базальтов Фарерских островов изучены П.М.Хольмом и его соавторами [5], которые охарактеризовали геохимические особенности и Pb-Sr-Nd изотопию, главным образом, дайковых, в меньшей мере, эффузивных базальтов, без разделения на стратиграфические последовательности. Все базальты относятся к различным геохимическим типам толеитов. Выделено 4 основные петро-геохимические группы базальтов:

1) низко-Ti пикритовые и оливин-базальтовые дайки с  $MgO > 10\%$ , распределением некогерентных элементов, соответствующим N-MORB, отношением  $La/Sm - 0.4-0.8$ , нефракционированными

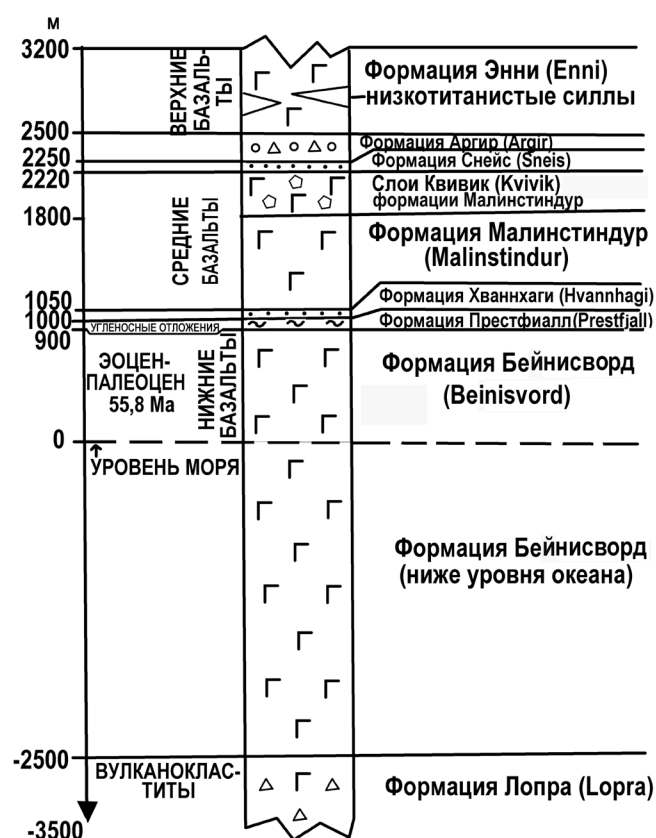


Рис. 2. Сводная стратиграфическая колонка палеогеновых базальтов Фарерских островов [7].

**Таблица 1.** Вариации содержаний  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{MgO}$  (мас. %) и отношений  $\text{La}/\text{Sm}$ ,  $\text{Sm}/\text{Yb}$  и  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  в базальтах Фарерских островов (по данным [5])

| Петро-геохимические характеристики | Группы базальтов |             |             |             |
|------------------------------------|------------------|-------------|-------------|-------------|
|                                    | 1                | 2           | 3           | 4           |
| Число анализов                     | 6                | 10          | 3           | 13          |
| $\text{SiO}_2$                     | 43.95–47.51      | 48.15–49.09 | 46.65–49.06 | 45.80–46.71 |
| $\text{TiO}_2$                     | 0.73–1.17        | 0.99–1.75   | 2.06–2.44   | 2.61–3.81   |
| $\text{MgO}$                       | 10.33–22.62      | 6.19–7.72   | 11.00–17.54 | 5.43–7.66   |
| $\text{La}/\text{Sm}$              | 0.42–0.78        | 0.56–1.22   | 1.11–1.31   | 1.25–1.76   |
| $\text{Sm}/\text{Yb}$              | 0.63–1.03        | 0.51–1.16   | 2.29–2.53   | 1.95–2.66   |
| $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$  | 17.89–18.41      | 17.19–17.85 | 18.70–18.77 | 17.94–18.42 |

тяжелыми РЗЭ, отношением  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} = 17.9\text{--}18.4$ ;

2) низко-, умеренно-Тi базальтовые дайки с  $\text{MgO} < 10\%$ , также с нефракционированными тяжелыми РЗЭ, но с тенденцией к обогащению легкими РЗЭ, (более высоким  $\text{La}/\text{Sm}$  отношением) и более низким отношением  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ ;

3) лавы высоко-Тi магнезиальных базальтов с изотопными составами, подобными некоторым атлантическим базальтам MORB, но обогащенными некогерентными элементами, с отношением  $\text{La}/\text{Sm}$  около 1.2 и  $\text{Sm}/\text{Yb}$  около 2.4;

4) дайки высоко-Тi базальтов, относительно обогащенные некогерентными элементами, с высокими отношениями  $\text{La}/\text{Sm} \approx 1.3\text{--}1.8$  и  $\text{Sm}/\text{Yb} \approx 2.0\text{--}2.7$ .

Указанными исследователями выделяются еще 2 группы составов базальтов: 5) с характеристиками, промежуточными между группами № 2 и № 4 (промежуточные значения титанистости и других

параметров) и 6) контаминированных базальтов. Пределы вариаций некоторых петрохимических и геохимических характеристик показаны в табл. 1, а распределение  $\text{TiO}_2$  и  $\text{MgO}$  – на диаграмме (рис. 3), на которой нанесены и наши данные.

Нами были рассмотрены и опробованы базальты всех трех формаций, главным образом, эффузивы (6 проб), а также 1 дайка и 1 силл. Все они относятся ко 2-й и, отчасти, к промежуточной по титанистости группам базальтов (по классификации [5]) и представлены афировыми и плагифировыми базальтами с содержанием  $\text{MgO} < 10\%$ , чем отличаются от магнезиальных базальтовых лав 3-й группы П. Хольма и его соавторов (табл. 2).

Эффузивные потоки базальтов всех стратиграфических подразделений имеют мощность в среднем около 20 м и больше (рис. 4а), наиболее мощные потоки (до 70 м) характерны, по данным руководителя экскурсии Саймона Пассея и по наблюдениям автора статьи, для формации нижних базальтов (Beinisvord). Базальтовые потоки и покровы по внутреннему строению подразделяются на 2 типа – простого и сложного строения. Простой поток – продукт одноактного излияния, состоит из одного “языка потока” (flow lobe); при многократном излиянии были сформированы сложные потоки, состоящие из нескольких “языков” (compound lava flow).

Лавовые потоки простого строения обычно имеют в нижних контактах корки закали, а в кровле, нередко, – брекчиевидное строение и красно-каменные изменения, возникшие при выветривании, (рис. 4в). Контакт подошвы потока, как правило, неровный, с “карманами” и затеками в нижележащие отложения. В особенности это характерно для контактов базальтовых потоков, залегающих на вулканокластических песчаниках (рис. 4г). В подошве таких потоков местами встречаются брекчии смешанного состава, представленные обломками базальтов и вулканокластических пород. На контакте некоторых базальтовых потоков, залегающих на угленосном горизонте формации Престфиалл, можно было наблюдать округлые отверстия с реликтами стволов третичных деревьев.

Большинство лавовых потоков всех формаций обладает столбчатой отдельностью (рис. 4д, е), ла-

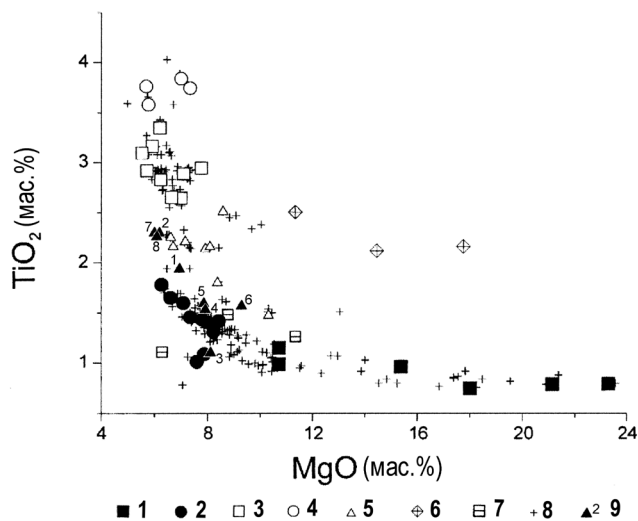


Рис. 3. Диаграмма  $\text{TiO}_2/\text{MgO}$  для даек и различных лав Фарерских островов.

1–7 – по данным [5]; 1, 2 – низко-Тi дайки: 1 – пикриты и оливиновые базальты, 2 – базальты; 3, 4 – высоко-Тi дайки: 3 – главная группа базальтов, 4 – северный Вагар и Сандой; 5 – промежуточно-Тi базальты; 6, 7 – лавы: 6 – высоко-Тi магнезиальные базальты, 7 – контаминированные лавы; 8 – дайки Фарерских островов, по данным [4]; 9 – лавы базальтов, по данным авторов, номера соответствуют указанным в табл. 2.

Таблица 2. Результаты химического анализа базальтов Фарерских островов

| №<br>п/п | №<br>пробы | SiO <sub>2</sub> | TiO <sub>2</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | FeO   | MnO  | CaO   | MgO  | Na <sub>2</sub> O | K <sub>2</sub> O | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | ппп  | Сумма  |
|----------|------------|------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-------|------|-------------------|------------------|-------------------------------|------|--------|
| 1        | Ф-1        | 48.17            | 1.94             | 14.90                          | 4.60                           | 5.82  | 0.16 | 8.80  | 6.80 | 2.70              | 0.50             | 0.25                          | 5.14 | 99.78  |
| 2        | Ф-2        | 48.20            | 2.25             | 14.60                          | 2.96                           | 10.49 | 0.20 | 11.36 | 6.20 | 2.60              | 0.45             | 0.28                          | 0.38 | 99.97  |
| 3        | Ф-3        | 49.50            | 1.10             | 16.57                          | 1.77                           | 7.90  | 0.16 | 10.78 | 8.00 | 1.89              | 0.25             | 0.08                          | 2.00 | 100.02 |
| 4        | Ф-4        | 48.10            | 1.53             | 13.90                          | 4.25                           | 8.83  | 0.21 | 11.36 | 8.00 | 2.60              | 0.22             | 0.14                          | 0.82 | 99.46  |
| 5        | Ф-5        | 47.90            | 1.59             | 13.65                          | 5.92                           | 6.83  | 0.23 | 11.92 | 8.00 | 2.00              | 0.20             | 0.14                          | 1.42 | 99.80  |
| 6        | Ф-6        | 48.00            | 1.59             | 13.65                          | 3.53                           | 8.98  | 0.23 | 11.36 | 9.40 | 2.00              | 0.20             | 0.14                          | 1.22 | 100.30 |
| 7        | Ф-7        | 47.50            | 2.25             | 14.20                          | 5.03                           | 7.54  | 0.17 | 8.52  | 6.20 | 3.05              | 1.06             | 0.25                          | 5.04 | 100.81 |
| 8        | Ф-8        | 49.10            | 2.25             | 16.57                          | 4.50                           | 8.12  | 0.17 | 9.51  | 6.40 | 2.43              | 0.54             | 0.22                          | 0.10 | 99.91  |

Примечание. Ф-6 – афировый базальт из нижней части лавового потока формации нижних базальтов; Ф-1–Ф-5 и Ф-8 – базальты формации средних базальтов: Ф-1 – плагиофировый базальт эффузивного потока, Ф-2 – афировый базальт из силла, Ф-3 – плагиофировый базальт из дайки, Ф-4 – базальт кровли лавового потока, Ф-5 – долерит из подошвы лавового потока, Ф-8 – плагиофировый базальт; Ф-7 – миндалекаменный базальт формации верхних базальтов. Анализы выполнены в лаборатории Института геологии УНЦ РАН (г. Уфа), аналитик С.А. Ягудина

вовые потоки чаще всего однородны по мощности, зональность в них слабо выражена, за исключением рассмотренных выше особенностей верхнего и нижнего контактов. Однако, некоторые наиболее мощные потоки обладают текстурной зональностью, выраженной в большей толщине колонн столбчатой отдельности в основании потоков и более “изящных” колоннах и их причудливой ориентировке в верхних частях потоков (рис. 4д, е).

Базальтовые силлы большой мощности, которые удалось наблюдать среди серий потоков средних и верхних базальтов (рис. 4б), макроскопически почти не отличаются от мощных лавовых потоков, обладая долеритовыми структурами и столбчатой отдельностью с диаметром колонн от 20–30 см до 50 см. Идентифицируются силлы по характеру верхних контактов, в которых, в отличие от эффузивных потоков, присутствуют зоны закалки, отсутствуют краснокаменные изменения и местами наблюдаются внедрения апофиз базальта в породу кровли силла.

При осмотре обнажений автора удивило небольшое количество даек базальтов – корней покровов – подводящих “каналов” трещинных извержений. За 6 дней автобусно-пеших маршрутов, при осмотре 70 пунктов наблюдений было встречено всего 2 дайки. Возможно, маршруты были в стороне от главных зон трещинных излияний. Макроскопически порода даек (долерит) не отличается от базальтов мощных лавовых потоков и силлов.

По данным Саймона Пассея [7], в формации нижних базальтов преобладают афировые лавы. Лавовые потоки формации средних базальтов, максимально доступной для осмотра и поэтому лучше других формаций опробованной автором (6 образцов из 8), по составу относятся к низкотитанистым толеитам двух типов: оливинофировому и плагиофировому, с преобладанием первого типа. В формации верхних базальтов в одних лавовых потоках афировые разности сменяются плагиофировыми, в других, – афировые породы сменяются оливинофировыми. К сожалению, ни в одном из 70-ти пунктов наблюдений нам не удалось

видеть оливинофировых базальтов (с макроскопически различимыми фенокристаллами оливина).

### МИКРОСКОПИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА БАЗАЛЬТОВ

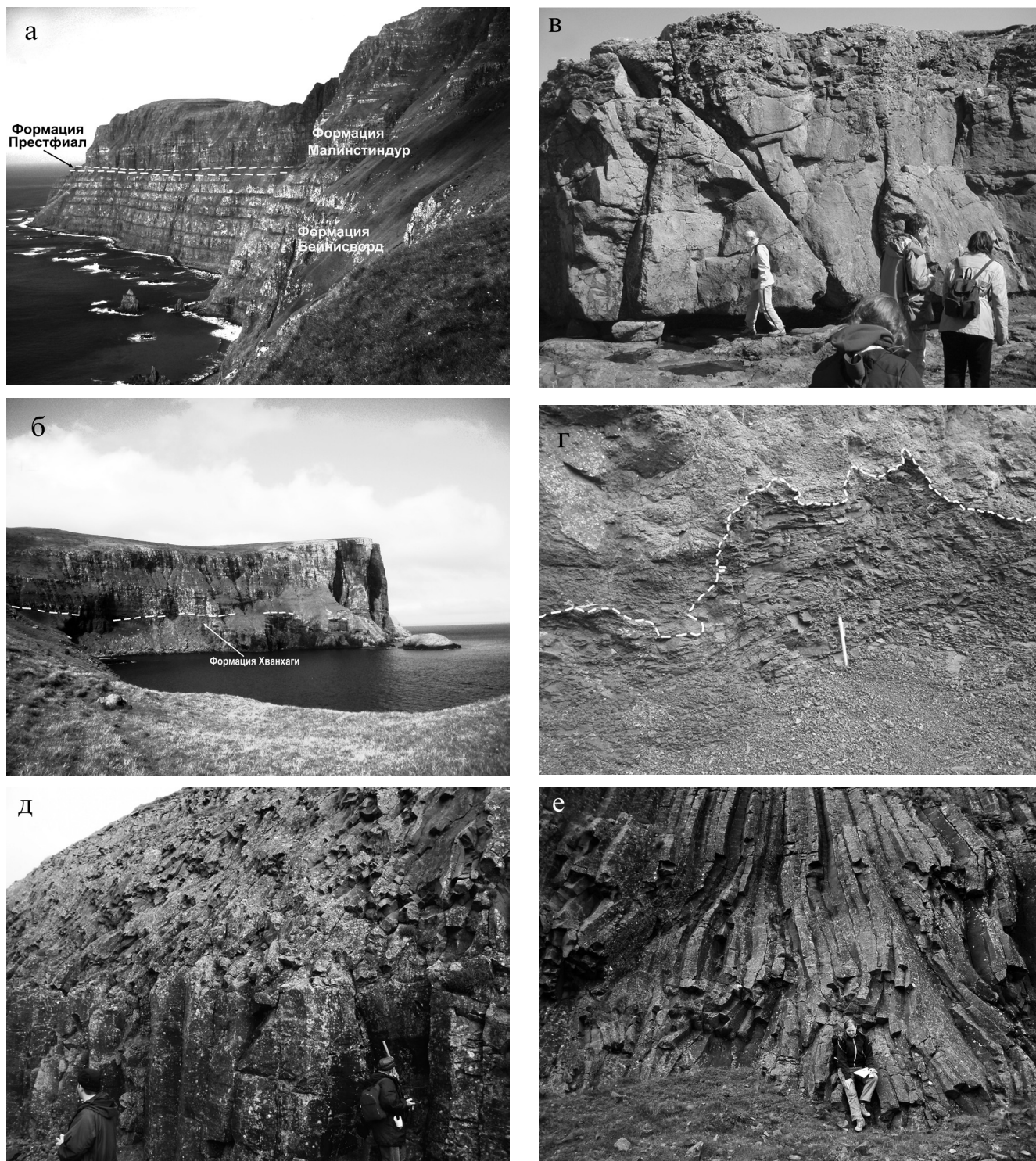
Под микроскопом в отобранных нами образцах различаются 2 типа базальтов: безоливиновые и оливин-содержащие (табл. 3). Среди базальтов, не содержащих оливина или содержащих его в незначительном количестве в основной массе породы, присутствуют плагиофировые (обр. Ф-1), пироксен-плагиофировые (обр. Ф-7 и Ф-8) разновидности. Базальты, содержащие оливин (псевдоморфозы по оливину), представлены плагиофировой – оливин только в основной массе породы (обр. Ф-3), оливин-плагиофировой (обр. Ф-2), оливин-пироксенофировой (обр. Ф-4) и оливин-пироксен-плагиофировыми (обр. Ф-5, Ф-6) разновидностями. По размеру и количеству фенокристаллов различаются порфиоровые и микропорфиоровые разновидности. Микропорфировая разновидность может быть названа и афировой, т.к. размеры вкрапленников близки к размерам зерен основной массы породы.

Оливин узнается только по характерным формам кристаллов, т.к. представлен полными псевдоморфозами хлорита и гидробиотита по этому минералу. Образуется редкие мелкие (1.0–1.7 мм) фенокристаллы и в количестве от 1 до 15% содержится в основной массе породы (образцы Ф-3, Ф-4, Ф-5 и Ф-6).

Пироксены представлены, главным образом, авгитом, слагающим вкрапленники размером от 0.2–0.3 до 0.5–0.7 мм, содержащие иногда пойкилитовые вроски лейст плагиоклаза, и зерна в основной массе породы размером <0.2 мм. Содержание фенокристаллов пироксена в породе от 1% до 10–15%. В основной массе содержится также моноклинный пироксен – авгит. В одном шлифе (Ф-8) вкрапленники представлены ромбическим пироксеном – гиперстеном.

Плагиоклаз фенокристаллов, отвечающий андизину и лабрадору, наиболее распространен среди вкрапленников, размеры их варьируют от 0.1–





**Рис. 4.** Строение лавовых потоков базальтов Фарерских островов (фото И.Б. Серавкина).

- а. Серии лавовых потоков нижних (Бейнисворт) и средних (Малинстиндур) базальтов, разделенных осадочным горизонтом формации Престфиал; высота берегового обрыва около 460 м; о-в Сузурой, западное побережье.
- б. Силл долеритов, залегающий на горизонте формации Хванхаги, в основании средних базальтов; северо-восточное побережье о-ва Сузурой.
- в. Брекчиевое строение кровли массивного лавового потока базальтов формации Бейнисворт, о-в Сузурой.
- г. Контакт подошвы лавового потока формации Малинстиндур, залегающего на вулканокластических песчаниках формации Хванхаги, о-в Сузурой.
- д. Зональный лавовый поток базальта формации Бейнисворт с грубой столбчатой отдельностью в нижней части и более тонкой отдельностью в верхней части потока.
- е. Веерообразная столбчатая отдельность – фрагмент верхней части потока, изображенного на фото д.

Таблица 3. Петрографическая характеристика базальтов Фарерских островов (по данным изучения прозрачных шлифов)

| №№ обр.                                    | Ф-1                                                                                        | Ф-2                                                                                                                                                                  | Ф-3                                                                            | Ф-4                                                                                     |
|--------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| Петрографическая характеристика            |                                                                                            |                                                                                                                                                                      |                                                                                |                                                                                         |
| Название породы (макро)                    | плагитовый базальт                                                                         | афировый базальт                                                                                                                                                     | плагитовый базальт                                                             | афировый базальт                                                                        |
| Название породы (микро)                    | плагитовый базальт                                                                         | микропорфировый (олигопорфировый) долерит                                                                                                                            | плагитовый долерит, оливинсодержащий                                           | микропорфировый оливин-пироксеновый долерит                                             |
| Местоположение (формация)                  | средние базальты                                                                           | средние базальты                                                                                                                                                     | средние базальты                                                               | средние базальты                                                                        |
| Фациальный тип и положение в потоке        | лавовый поток, средняя зона                                                                | силл                                                                                                                                                                 | дайка                                                                          | лавовый поток, кровля                                                                   |
| Содержание TiO <sub>2</sub> (мас. %)       | 1.94                                                                                       | 2.25                                                                                                                                                                 | 1.10                                                                           | 1.53                                                                                    |
| Содержание MgO (мас. %)                    | 6.80                                                                                       | 6.20                                                                                                                                                                 | 8.00                                                                           | 8.00                                                                                    |
| Структура породы                           | порфировая                                                                                 | микропорфировая, олигопорфировая                                                                                                                                     | порфировая                                                                     | микропорфировая                                                                         |
| Структура основной массы                   | толеит-гранулофитовая                                                                      | микродолеритовая                                                                                                                                                     | долеритовая, с элементами пойкилофитовой                                       | микродолеритовая+ пойкилофитовая                                                        |
| Состав, размеры и содержание вкрапленников | Pl (1.5 × 3.0–2.5 × 3.5 мм) ~15%                                                           | Ol (0.7 × 1.0–1.0 × 1.7 мм) ~3%<br>Pl (0.7 × 1.0 мм) редкие зерна <1%                                                                                                | Pl (0.7 × 1.7–2.5 × 5 мм) – лабрадор ~15–20%                                   | Ol (0.4 × 1.0 мм) ~ 3%<br>Px (0.5 × 0.7 мм) ~ 5%                                        |
| Состав основной массы                      | Lst Pl (0.09 × 0.34 мм)<br>Px (0.2 мм)<br>Vit                                              | Lst Pl (0.06–0.26 мм) (андезин)<br>Px (0.1 мм)<br>Ol (~1%)<br>Mgt                                                                                                    | Lst Pl (0.09 × 0.45 мм)<br>Px (0.4 мм)<br>Ol (до 0.5 мм) ~2%                   | Lst Pl (0.06 × 0.3 мм)<br>Px (~0.1 мм)<br>Ol<br>Mgt                                     |
| Вторичные минералы                         | прениит+гематит                                                                            | хлорит, гидробиотит                                                                                                                                                  | хлорит, гидробиотит                                                            | хлорит, гидробиотит, гематит                                                            |
| Название породы (макро)                    | Ф-5                                                                                        | Ф-6                                                                                                                                                                  | Ф-7                                                                            | Ф-8                                                                                     |
| Название породы (микро)                    | долерит<br>мелкопорфировый оливин-плагитоклаз-пироксеновый долерит                         | афировый базальт<br>мелкопорфировый оливин-пироксеновый долерит                                                                                                      | миндалекаменный базальт<br>миндалекаменный пироксен-плагитовый долерит-базальт | плагитовый базальт<br>пироксен-плагитовый долерит-базальт                               |
| Местоположение (формация)                  | средние базальты                                                                           | нижние базальты                                                                                                                                                      | верхние базальты                                                               | средние базальты                                                                        |
| Фациальный тип и положение в потоке        | лавовый поток, подошва                                                                     | лавовый поток, подошва                                                                                                                                               | лавовый поток, средняя зона                                                    | лавовый поток, средняя зона                                                             |
| Содержание TiO <sub>2</sub> (мас. %)       | 1.59                                                                                       | 1.59                                                                                                                                                                 | 2.25                                                                           | 2.25                                                                                    |
| Содержание MgO (мас. %)                    | 8.00                                                                                       | 9.40                                                                                                                                                                 | 6.20                                                                           | 6.40                                                                                    |
| Структура породы                           | мелкопорфировая                                                                            | мелкопорфировая                                                                                                                                                      | порфировая                                                                     | порфировая                                                                              |
| Структура основной массы                   | долеритовая                                                                                | долеритовая                                                                                                                                                          | толеит-долеритовая с элементами олифов                                         | толеит-долеритовая                                                                      |
| Состав, размеры и содержание вкрапленников | (Pl) (0.1 × 0.3 мм), лабрадор, ~1%<br>Px (0.3 × 0.4 мм) – авгит, ~5%<br>(Ol) (0.45 мм) ~1% | Ol (0.4 × 0.7 мм) ~5%<br>(Pl) (0.3 × 1.2–0.6 × 1.0 мм) – андезин, ~1%<br>Px (0.3–0.5 мм) ~10–15%<br>Lst Pl (0.15 × 0.9 мм)<br>Px (0.3 мм)<br>Ol (0.3 мм), 15%<br>Mgt | Pl (0.3 × 1 мм) ~5–7%<br>Px (0.3 мм) ~3%                                       | Px (0.5 × 0.7 мм) – гиперстен ~ 3%<br>Pl (1.7 × 4.5 мм – 2.6 × 7.0 мм) – лабрадор ~ 15% |
| Состав основной массы                      | Lst Pl (0.09 × 0.6 мм)<br>Px (0.3 мм)<br>Ol (0.2 мм), 10–15%<br>Mgt                        | Lst Pl (0.15 × 0.9 мм)<br>Px (0.3 мм)<br>Ol (0.3 мм), 15%<br>Mgt                                                                                                     | Lst Pl (0.15 × 0.4 мм)<br>Px (0.2 мм)<br>Vit (~7%)                             | Lst Pl (0.06 × 0.3 мм)<br>Px (0.3 мм)<br>Mgt<br>Vit (~5%)                               |
| Вторичные минералы                         | гидробиотит                                                                                | гидробиотит                                                                                                                                                          | хлорит, прениит, анальцит                                                      | хлорит, гидробиотит                                                                     |

Примечание. №№ образцов соответствуют табл. 2; сокращенные названия: Pl – плагитоклаз, Px – пироксен, Ol – оливин, vit – девитрифицированное стекло, Mgt – магнетит, Lst Pl – лейсты плагитоклаза, в скобках – редко встречающийся минерал.



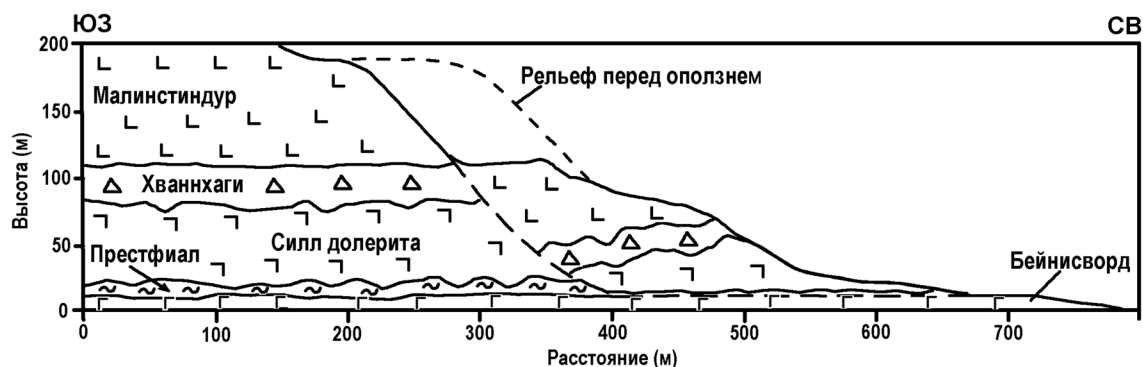


Рис. 5. Генерализованный разрез береговых обрывов восточного побережья острова Сузурой, по [7].

0.3 мм до 2.6–7.0 мм. Содержание в породе фено-кристаллов плагиоклаза достигает 20%.

*Основная масса* породы в большинстве образцов имеет долеритовую структуру, варьирующую по размеру зерен от микродолеритовой (0.06–0.3 мм) до долеритовой (0.1–0.8 мм). В основной массе постоянно присутствуют плагиоклаз и пироксен, имеющие свежий облик, и в ряде образцов (Ф-3, Ф-4, Ф-5, Ф-6) — зерна оливина, замещенного хлоритом. Как правило, в основной массе содержится рудный минерал — магнетит. В некоторых шлифах долеритовая структура сочетается с толеитовой (при содержании стекла 5–7%), пойкилоофитовой и микроофитовой. Продукты девитрификации стекла представлены криптокристаллической массой.

*Миндалины*, присутствующие в базальте некоторых лавовых потоков, преимущественно в их верхних зонах, замещены по периферии хлоритом, а в центре — анальцимом. Встречаются миндалины с более сложным зональным заполнением: внешняя зона — хлорит, средняя — девитрифицированное стекло, ядро — анальцим (образец Ф-7).

Корреляции между составом вкрапленников и химическим составом породы (в частности, между присутствием оливина и магнезиальностью) не наблюдается, что понятно, учитывая незначительный объем псевдоморфоз по вкрапленникам оливина. Однако, в оливинсодержащих породах (оливин во вкрапленниках и в основной массе) количество MgO заметно выше (8.00–9.40%), чем в безоливиновых породах (6.20–6.80%). Зависимость структур основной массы от фациального типа пород и положения в лавовом потоке очевидна: базальты нижних и средних частей мощных лавовых потоков, силла и дайки лучше раскристаллизованы. Основная масса в них имеет долеритовую структуру, тогда как в средних и верхних частях менее мощных потоков основная масса породы микродолеритовая или содержит фрагменты стекла, определяющие сочетание долеритовой и пойкилоофитовой структур с толеитовой.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Как уже отмечалось, серии палеогеновых лавовых потоков на всех осматриваемых островах (5 наиболее крупных островов — рис. 1б) залегают практически горизонтально, с очень небольшим (первые градусы) наклоном к северу и востоку. В связи с этим, формация нижних базальтов (Beinisvord) обнажена, главным образом, на южном острове Сузурой, формация средних базальтов (Malinstindur) — на западе архипелага, островах Вагар, Стреймой и нижних горизонтах острова Эйстурой, а формация верхних базальтов (Enni) слагает северо-восточные острова — Борзой и другие (рис. 1) [7]. Наблюдавшиеся локальные деформации базальтовых потоков и лавовых полей имеют синвулканическое происхождение, они обусловлены, главным образом, налеганием лавовых потоков и покровов на неровности подстилающего рельефа. Синвулканический характер имеет и наиболее крупное разрывное нарушение — сброс амплитудой около 70 м, образованный при оползне берегового уступа. Этот сброс нарушил формацию средних базальтов и подстилающие вулканокластические формации, но не затронул отложенные нижних базальтов (рис. 5).

Замещение оливина вторичными минералами, выполнение газовых пустот и девитрификация стекла носили автометаморфический характер: хлориты, гидрослюды, пренит, анальцим, селадонит (не встреченный в шлифах, но демонстрировавшийся нам на островах) характерны для постмагматических автометаморфических процессов. По текстурным особенностям базальтовые потоки Фарерских островов, относящихся к типу пахоевое, отличаются от преимущественно брекчиевых и глыбовых лав базальтового и андезибазальтового состава, наблюдавшихся автором на Камчатке (Авачинский и Ключевской вулканы) и вулкане Этна, которые близки к типу аа-лав. На этих вулканах лавы имеют массивно-флюидальное строение лишь в центральных частях некоторых лавовых по-

токов. Подошва и кровля потоков, а часто и весь лавовый поток имеют обломочное строение.

Примечательны петро-геохимические типы базальтов Фарерских островов, составы которых в одних случаях идентичны базальтам N-MORB или близки к составам атлантических базальтов MORB, а в других – отвечают составам базальтов внутриконтинентальных плюмов. Это, по-видимому, является свидетельством сопряженности и петрологической близости процессов океанического и континентального рифтогенеза, в данном случае реализованной при сочетании процессов океанического спрединга и эволюции прото-исландского мантийного плюма. О сочетании этих процессов свидетельствует непрерывный ряд базальтов по титанистости и другим параметрам (рис. 3), а также наличие группы базальтов с промежуточными характеристиками. По этим данным можно предположить смешение расплавов из мантийных источников разной глубинности – верхних деплетированных и более глубоких, обогащенных, а также возможное взаимодействие расплавов с веществом древней коры, на что указывает присутствие группы контаминированных базальтов.

Разнообразие петро-геохимических типов фарерских толеитов в определенной мере сопоставимо с эволюцией состава базальтов ранних этапов раскрытия некоторых палеоокеанических бассейнов. При этих процессах толеиты с “континентальными” характеристиками макро- и микроэлементов сменяются базальтами, близкими к составам MORB [1, 2]. К сожалению, ни предыдущими исследователями, выполнившими значительный объем детальных геохимических определений, ни, тем более, нами, анализировавшими ограниченный объем материала, не выяснено изменение составов базальтов во времени.

Весьма поучительна и история формирования магматической провинции Фарерских островов. Как отмечалось выше, эта провинция (платформа) обдается корой континентального типа, представленной докембрийским метаморфическим основанием [8]. Наиболее древними продуктами магматической активности, на которых залегают континентальные фарерские базальты, являются гиадокластиты формации Лопра (рис. 2). Породы этой формации, мощность которых превышает 1 км, являются субмаринными образованиями [3]. Следовательно, континентальная платформа Фарерских островов под воздействием прото-исландского мантийного плюма и рифтогенеза вначале испытала погружение (накопление формации Лопра), а затем, в результате изостазии, воздымание с последующим образованием формаций континентальных плато-базальтов.

#### НЕКОТОРЫЕ ВЫВОДЫ

1. За более чем 50 млн. лет после излияния континентальные базальты Фарерских островов не

претерпели значительных изменений состава и структуры, о чем свидетельствуют как условия их залегания, так и свежесть большинства минералов (за исключением оливина) во вкрапленниках и в основной массе породы.

2. Текстурно-структурные особенности Фарерских базальтов, характерные для некоторых континентальных образований, – однородность строения как простых, так и сложных потоков и покровов, их значительные мощности, мало изменяющиеся на больших расстояниях, и др. – свидетельствуют о высокой текучести лавы, потоки которой относятся к типу пахоехое.

3. Базальты Фарерских островов по петро-геохимическому составу образуют непрерывный ряд от толеитов N-MORB до обогащенных плюмовых базальтов, что, видимо, обусловлено тесным взаимодействием океанического спредингового и плюмового магматизма.

4. Горизонтальные перемещения литосферных плит – процессы континентального рифтогенеза и океанического спрединга, в итоге сформировавших современную структуру платформы Фарерских островов, сопровождались вертикальными движениями: подъемом магматических масс, опусканием и воздыманием сиалического блока – фрагмента древней континентальной коры.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альмухамедов А.И., Медведев А.Я. К геохимии инициальных стадий базальтового вулканизма // Геохимия вулканитов различных геодинамических обстановок. Новосибирск: Наука, 1986. С. 49–69.
2. Вулканизм Южного Урала / И.Б. Серавкин, А.М. Косарев, Д.Н. Салихов и др. М.: Наука, 1992. 197 с.
3. Ellis D., Bell B.R., Jolley D.W., O'Callaghan M. The stratigraphy, environment of eruption and age of the Faroes Lava Group, NE Atlantic Ocean // The North Atlantic Igneous Province: Stratigraphy, Tectonic, Volcanic and Magmatic Processes / D.W. Jolley and B.R. Bell (eds). Geol. Soc., London. Spec. Public. 2002. 197. P. 253–269.
4. Hald N., Waagstein R. The dykes and sills of the Early Tertiary Faeroe Island basalt plateau. Trans. Royal Soc. Edinburgh: Earth Sciences. 1991. V. 82. P. 373–388.
5. Holm P.M., Hald N., Waagstein R. Geochemical and Pb-Sr-Nd isotopic evidence for separate hot depleted and Iceland plume mantle sources for the Paleogene basalts of the Faroe Islands // Chem. Geol. 2001. V. 178. P. 95–125.
6. Jolley D.W., Bell B.R. The evolution of the North Atlantic Igneous Province and the opening of the NE Atlantic rift // The North Atlantic Igneous Province: Stratigraphy, Tectonic, Volcanic and Magmatic Processes / D.W. Jolley and B.R. Bell (eds). Geol. Soc., London. Spec. Public. 2002. 197. P. 1–13.
7. Passey S.R. The Volcanic and Sedimentary Evolution of the Faroe Islands Basalt Group. 33 IGC Excursion № 6, Torshavn: StatoilHydro. 2008. 113 p.



8. *Richardson K.R., Ingham R.W. and Fruehn J.* Crustal structure east of the Faroe Island: mapping sub-basalt sediments using wide-angle seismic data. *Petroleum Geosciences*. 1999. V. 5. P. 161–172.  
*Рецензент И.В. Семенов*

## **The basalts of the Faroe islands**

**I. B. Seravkin, Z. I. Rodicheva**

*Institute of Geology, Ufa Science Centre of RAS*

According to personal observations during the excursion of IGC-33 and turn to account of published data we have , characterized the content and structure of basalt flows at Faroe Islands (the Northern Atlantic). The Early Paleogene basalt series have been formed in continental conditions, they have a large thickness (>6600 m) and consist of aphyric, plagiophyric and olivinophyric tholeiites of different geochemical types.

Key words: *basalt, tholeiite, contents of MgO, TiO<sub>2</sub>, the North Atlantic.*