

УДК 551.311.213 (261.4+268.4)

ЛАТЕРИТНАЯ КОРА ВЫВЕТРИВАНИЯ НА ДОСПРЕДИНГОВЫХ БАЗАЛЬТАХ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ АТЛАНТИКИ И НОРВЕЖСКО-ГРЕНЛАНДСКОГО БАССЕЙНА

© 2004 г. Г. С. Харин

Представлено академиком А.П. Лисицыным 30.03.2004 г.

Поступило 19.04.2004 г.

Раскрытию Атлантического океана к северу от зоны трансформного разлома Чарли–Гиббс и образованию базальтового океанического фундамента Северо-Западной Атлантики и Норвежско-Гренландского бассейна предшествовало становление трапповой формации, охватившее обширные области Гренландии, возвышенность Рокколл, Фарерские и Британские острова и другие районы бывшего континента Лавразии. Это было связано с деятельностью мантийного Исландского плюма, над которым в раннем палеогене перемещалась северо-западная часть Лавразийской плиты. Теплый влажный климат, господствовавший здесь в это время, привел к формированию коры химического выветривания не только на трапповых накоплениях, но и на других континентальных формациях Лавразии. Однако последующая денудация и экзарация уничтожили легкоразмываемые продукты коры выветривания. Их реликты сохранились лишь в областях погружения в районах развития грабенов, появление которых также связано с Исландским плюмом. Плюмовая активность способствовала продвижению рифтовой зоны Срединно-Атлантического хребта на северо-восток, которая в первую очередь использовала “плюмовые” грабены и разломы. Возникшая здесь в конце палеоцена спрединговая зона хребта Рейкьянес, а затем и хребта Колбенсей разобщили единую трапповую формацию и развитую на ней кору выветривания и разнесли их на разные стороны Северной Атлантики и Норвежско-Гренландского бассейна.

Первые сведения о наличии красноцветной глинистой толщи, залегающей на измененных базальтах фундамента Норвежско-Гренландского бассейна (НГБ), были получены в 38-й экспеди-

ции б/с “Гломар Челленджер” в скв. 336. Нами было высказано предположение, а потом показано, что эта толща представляет собой реликты наземной коры химического выветривания траппов [1]. Позже был сделан прогноз о возможном более широком распространении аналогичных образований в других регионах НГБ [2, 3]. Но в связи с тем, что такое утверждение противоречило некоторым положениям гипотезы спрединга океанов, большинство участников 38-го рейса б/с “Гломар Челленджер” и другие исследователи полагали, что красноцветная толща является продуктом гидротермального преобразования океанических толеитовых базальтов. Последующие работы и глубоководное бурение по проектам DSDP (рейсы 48, 81 б/с “Гломар Челленджер”) и ODP (рейсы 104, 152, 162, 163 б/с “Джойдес Резолюшн”) выявили новые данные о геологическом строении базальтового фундамента Северной Атлантики и НГБ, а также подтвердили предположение о наличии коры химического выветривания на погруженных породах трапповой формации.

В настоящем сообщении проводится анализ новых и ранее опубликованных данных о составе и распространении коры химического выветривания, развитой на доспрединовых базальтах трапповой формации в Северной Атлантике и НГБ. Проявления коры выветривания *in situ* сейчас известны на Фареро-Исландском пороге (скв. 336), плато Воринг (скв. 342, 642), шельфе и склоне Юго-Восточной Гренландии (скв. 915–917), возвышенности Рокколл (скв. 117) и в Ирмингеровой котловине (скв. 918). Переотложенные продукты коры выветривания найдены в Лофотенской (скв. 345) и Ирмингеровой (скв. 918) котловинах, на склоне Юго-Восточной Гренландии (скв. 915–917, 990) (рис. 1). Данные глубоководного бурения и геофизических исследований свидетельствуют о том, что кора выветривания наиболее полно сохранилась на базальтах верхней толщи, которую выделяют в составе трапповой формации под названием SDRS

*Атлантическое отделение
Института океанологии им. П.П. Ширшова
Российской Академии наук, Калининград*

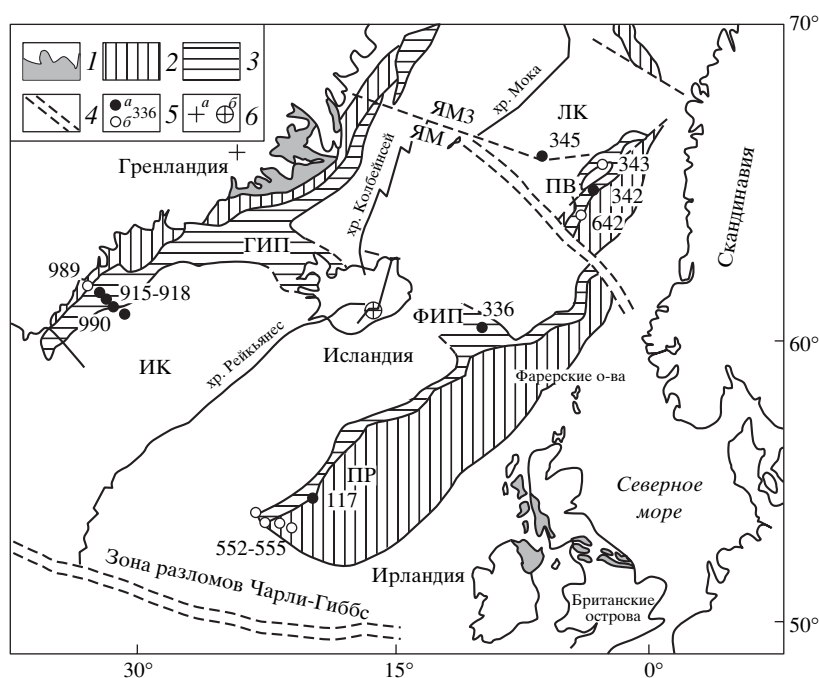


Рис. 1. Распространение латеритной коры выветривания и продуктов ее размыва. 1–3 – доспрединговые базальты трапповой формации, связанные с деятельностью Исландского плюма: 1 – наземные базальты, 2 – подводное продолжение наземных излияний базальтовых лав, силлы, дайки, 3 – базальты, слагающие толщу подводного наклонного рефлектора (SDRS), связанную с разломно-грабеновой доспрединговой тектоникой и с воздействием Исландского плюма; 4 – главные трансформные и глубинные разломы; 5 – скважины глубоководного бурения: *a* – с проявлениями коры выветривания и продуктов ее размыва, *b* – другие скважины, упомянутые в тексте; 6 – положение Исландского плюма: *a* – на момент 55 млн. лет назад, *b* – современная проекция плюма. ЯМ – о. Ян-Майен; ЯМЗ – Ян-Майенская зона разломов; ЛК – Лофотенская котловина; ПВ – плато Воринг; ПР – плато Роколл; ГИП – Гренландско-Исландский порог; ФИП – Фареро-Исландский порог. Использованы данные [1, 4, 8].

(Seaward-Dipping Reflector Sequences). Эта толща, будем называть ее “толща наклонного рефлектора”, сформировалась на бортах и дне прогибающихся грабенов при заполнении их потоками лав, туфами, туффитами и вулканогенными осадками в наземных условиях [4].

Толща наклонного рефлектора геофизически методами прослежена на дне западной и восточной окраин Северной Атлантики и НГБ от Юго-Восточной Гренландии и плато Роколл до центральной части Гренландского моря и Баренцевоморского склона. Выявленная протяженность толщи до 2700 км, ширина от 100 до 600 км, мощность от 5–6 до 20 км. Наибольшие ширина и мощность наблюдаются вдоль следа Исландского плюма на Гренландско-Исландском и Фареро-Исландском порогах. Время формирования ее 56–53 млн. лет назад, т.е. в основном до раскрытия Северной Атлантики и Гренландского моря, которое произошло 54–50 млн. лет назад [5]. Судя по этим данным, кора выветривания на доспрединговых базальтах толщи наклонного рефлектора в названных районах образовалась в период 56–50 млн. лет, т.е. в позднем палеоцене и раннем эоцене. Однако в районах, не вовлеченных в по-

гружение, таких, как отдельные участки (возможно, островные) Фареро-Исландского порога, формирование коры выветривания продолжалось до среднего эоцена.

Наиболее полные профили коры выветривания вскрыты скважинами глубоководного бурения на Фареро-Исландском пороге (скв. 336) и на склоне Юго-Восточной Гренландии (скв. 915). Глубоководная скв. 336, пробуренная в 38-м рейсе б/с “Гломар Челленджер” на северном склоне Фареро-Исландского порога (рис. 1), в интервале 463–484 м ниже дна моря (глубина которого здесь 811 м) вскрыла необычную для океана красноцветную толщу. Эта толща залегает на базальтах нижнего(?) эоцена и перекрывается сероцветными алевролитами и аргиллитами среднего эоцена. Для нее характерна коричнево-красная окраска с зелеными, белыми и темными пятнами различного размера. В нижней части она брекчиевидная, а в средней и верхней – слоистая, иногда тонкослоистая, местами с вертикальной неправильной полосчатостью. Прочность пород красноцветной толщи незначительная, они режутся ножом и ломаются руками. В нижней части в красноцветах видны реликтовые структуры базальтов. Общий

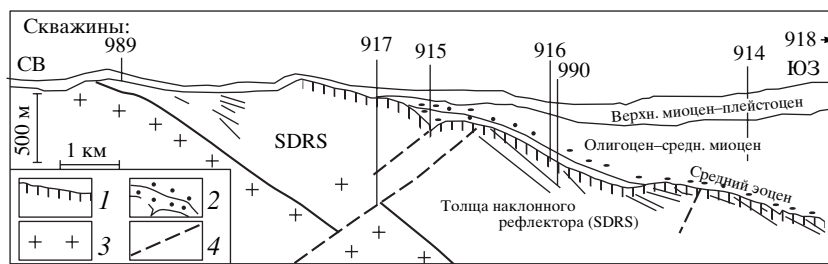


Рис. 2. Геологический разрез шельфа и подводного склона Юго-Восточной Гренландии. 1 – остаточная кора выветривания, развитая по досрединговым базальтам верхней части толщи наклонного рефлектора (SDRS); 2 – переотложенные продукты размыва коры выветривания, содержащие минералы свободного глинозема (гиббсит), каолинит, гётит, гематит; 3 – добазальтовый фундамент (гнейсы, осадочные породы); 4 – разломы. По [4] с изменениями и дополнениями.

облик красноцветной толщи, а также характер распределения в ее профиле химических элементов позволили высказать предположение о том, что она представляет собой древнюю (эоценовую) кору континентального выветривания, погружившуюся затем ниже уровня моря [1]. Последующее всестороннее изучение глинистых минералов позволило подтвердить это предположение [6]. Было выявлено их зональное распределение по профилю красноцветной толщи, что проще всего объясняется тем, что она представляет собой продукт наземного химического выветривания. В нижней части профиля коры выветривания выделена бейделлит-монтмориллонитовая зона. Вниз по разрезу она постепенно переходит в монтмориллонитизированные базальты, а в верхней части – в бейделлитовую, которая еще выше замещается каолинит-метагаллазитовой зоной.

Вверх по профилю коры увеличивается содержание гётита и гематита, присутствуют также гидрослюда, хлорит и клиноптилолит. Данные химических анализов [1], а также их пересчет на абсолютные массы элементов в единице объема с учетом плотности показывают, что распределение химических элементов в красноцветной толще скв. 336 контролируется процессами выветривания [2]. Количество титана, алюминия, оксидного железа, циркония, бора и воды (H_2O^+) постепенно увеличивается, а кремния, магния, кальция, натрия уменьшается снизу–вверх по профилю коры выветривания. Подобная закономерность в распределении названных элементов и компонентов была выявлена для коры химического выветривания таитянского типа [7], в которой миграция элементов осуществляется в условиях влажных тропиков при свободном водообмене. Однако, в отличие от таитянской коры, в нашем случае пока не обнаружена зона железистых латеритов с минералами свободного глинозема. Предположение о том, что названная зона могла присутствовать на Фареро-Исландском пороге, но была размыва при рас-

крытии НГБ и трансгрессии моря в среднеэоценовое время, сейчас находит подтверждение.

При глубоководном бурении на шельфе и склоне Юго-Восточной Гренландии и в Ирмингеровой котловине серией скважин 915–918 были встречены выветрелые базальты нижнего эоцена, толща красноцветов, аналогичных коре выветривания на Фареро-Исландском пороге (рис. 2). Красноцветная толща имеет смектит-каолинитовый профиль. Но в ней, в отличие от красноцветов Фареро-Исландского порога, сохранились реликты гётит-гематит-гиббситовой зоны в верхней части профиля [8]. Залегающие с размывом на коре выветривания песчаники и алевролиты среднего эоцена в скв. 915–918 содержат продукты перемыва латеритов. В них рентгенометрическим анализом выявлены высокие концентрации каолинита (до 60% и выше), гиббсита, гематита, гётита. Распределение химических элементов изучено спорадически, но и по имеющимся данным можно заключить, что концентрации алюминия в коре выветривания увеличиваются в 2.5 раза, железа в 2 раза по сравнению с подстилающими базальтами. Глиноземистый модуль (Al_2O_3/SiO_2) приближается к 0.8–1 при содержании глинозема около 26–28%. Наличие гиббсита в коре выветривания и в перекрывающих ее терригенных осадках среднего эоцена свидетельствует о размыве верхней части бокситоносных латеритов. Характерно, что в основании морской осадочной толщи с гиббситом залегает слой конгломератов с галькой выветрелых (каолинизированных, ожелезненных и бокситизированных) базальтов. В цементе конгломератов и вышележащих гиббситоносных песчаниках встречен наннопланктон, а также пыльца и споры тропических растений эоценового возраста. Отмечается, что аналогичная палинофлора присутствует и в одновозрастных осадках Норвежско-Гренландского бассейна [8].

Для оценки степени измененности остаточных продуктов коры выветривания используется отношение SiO_2/Al_2O_3 (коэффициент K_f). Н.А. Лиси-

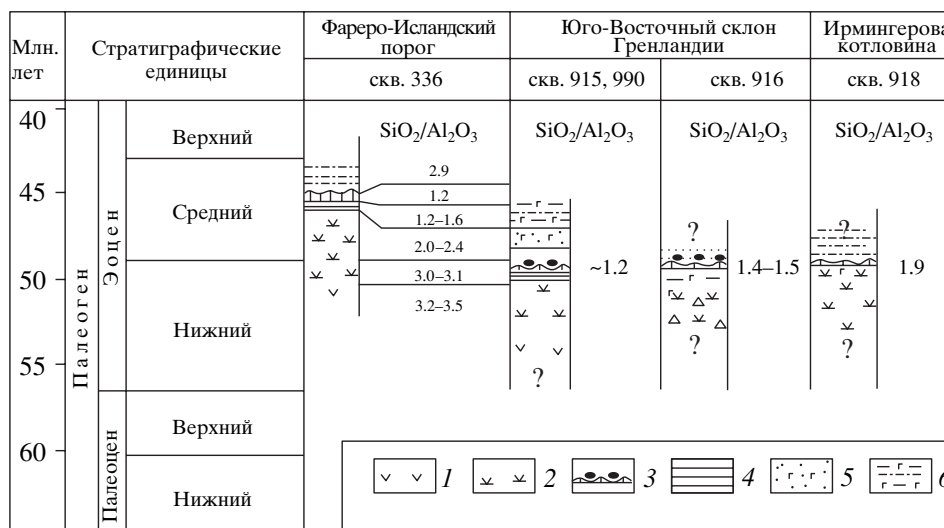


Рис. 3. Стратиграфическое сопоставление литологических колонок и распределение SiO₂/Al₂O₃ по профилю остаточной коры выветривания, в подстилающем субстрате и в перекрывающих отложениях. 1 – базальты, 2 – красноцветная толща остаточных глин и брекчиевидных включений базальтового субстрата; 3 – реликты размытой зоны ферралатеритов с галькой сильно выветрелых базальтов; 4 – зона глинистых латеритов с гиббситом (г); 5 – песчаные отложения с гиббситом (г) и каолинитом; 6 – алевриты и алевролиты с каолинитом и гиббситом. Использованы данные [1, 2, 8]. Знаком вопроса показано неясное стратиграфическое положение отдельных интервалов колонок.

цына [7], изучив современные и древние коры выветривания основных пород, выявила следующую закономерность: при $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 2$ развиты породы и остаточные глины, при $1.3 < \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 < 2$ – глинистые латериты, при $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3 < 1.3$ – латериты. В латеритах с $K_i < 1.3$ присутствует свободный глинозем в виде гиббсита, бёмита, диаспора. В глинистых латеритах с $1.3 < K_i < 2$ наряду с ними развиты каолинит, галлуазит, бейделлит. В выветрелых породах и остаточной глине с $K_i \geq 2$ преобладают монтмориллониты (сметтиты) и гидрослюды.

Имеющиеся данные позволяют оценить степень измененности остаточных продуктов коры выветривания доспредиговых базальтов Северо-Западной Атлантики и НГБ (рис. 3). В наиболее полно изученной коре на Фареро-Исландском пороге (скв. 336) выделяются: 1) зона латеритов (ферралатеритов – в них Fe₂O₃ – 24–26%), при $K_i = 1.2$ и вскрытой мощности по керну более 0.5 м; 2) зона глинистых латеритов (ферралатеритов – Fe₂O₃ 25–26%), при $K_i = 1.2–1.6$ и вскрытой мощности около 1 м; 3) зона сильно выветрелых базальтов и остаточных глин, при $K_i = 2.0–2.4$. Содержание Fe₂O₃ и Al₂O₃ постепенно уменьшается вниз по зоне, Fe₂O₃ – с 19 до 10%, Al₂O₃ – с 21 до 16%. Мощность зоны около 10 м. В нижележащих слабоизмененных базальтах K_i увеличивается до 3.0–3.1, а еще ниже – в свежих базальтах он равен 3.2–3.5.

Геохимические данные по Юго-Восточному склону Гренландии и Ирмингеровой котловине, где рядом скважин вскрыты реликты коры выветривания и продукты ее перемыва (рис. 3), позволяют выделить в скв. 915 и 990 зону латеритов (при $K_i = 1.2$) и глинистых латеритов. Последняя по коэффициенту измененности (1.4–1.5 и 1.9) выделяется в скв. 916 и 918. Наличие этих зон подтверждается присутствием в них гиббсита и каолинита. Названные минералы в заметном количестве также выявлены дифрактометрическим анализом и в залегающих на остаточной коре выветривания терригенных осадках среднего эоцена [8].

Таким образом, полученные при глубоководном бурении новые данные подтвердили выводы о наличии латеритной коры выветривания на базальтах Норвежско-Гренландского бассейна, сделанные на основе изучения керна в 38-м рейсе б/с “Гломар Челленджер” в 1974 г. [1]. Кроме того, были обнаружены реликты такой коры в Северо-Западной Атлантике на склоне Юго-Восточной Гренландии и в Ирмингеровой котловине. Обнаружение латеритной коры выветривания не противоречит представлениям о спредиговой природе рассматриваемых регионов Мирового океана, так как она сформировалась до их раскрытия на базальтовом субстрате траптовой формации, связанной с деятельностью Исландского плюма. Довольно широкое распространение продуктов латеритной коры выветривания на противоположных окраинах океана, наоборот, подтверждает плейттектонические построения и дает возможность достоверных палеогеографических и палеоклиматических реконструкций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Kharin G.S.* // Deep Sea Drilling Project. Init. Repts. 1976. V. 38. P. 685–716.
2. Харин Г.С. В кн.: Результаты глубоководного бурения в Атлантическом океане в 38-м рейсе “Гломар Челленджер”. М.: Наука, 1979. С. 162–187.
3. Харин Г.С., Емельянов Е.М. Геология Атлантики в Исландском регионе. М.: ВИНТИ, 1987. 226 с.
4. *Larsen H.C., Saunders A.D., Clift P.D. et al.* // Proc. Ocean Drilling Program. Init. Repts. 1994. V. 152. P. 73–239.
5. Емельянов Е.М., Тримонис Э.С., Харин Г.С. Палеоокеанология Атлантического океана. Л.: Недра, 1989. 250 с.
6. Харин Г.С., Зангалис К.П. // Литология и полез. ископаемые. 1979. № 3. С. 31–39.
7. Лисицына Н.А. Вынос химических элементов при выветривании основных пород. М.: Наука, 1973. 235 с.
8. *Holmes M.A.* // Ocean Drilling Program. Sci. Results. 1998. V. 152. P. 115–126.