

УДК 551.248.1 : 552.31

Н.А. Божко<sup>1</sup>

## ВНУТРИПЛИТНЫЙ БАЗИТ-УЛЬТРАБАЗИТОВЫЙ МАГМАТИЗМ ВО ВРЕМЕНИ И В АСПЕКТЕ СУПЕРКОНТИНЕНТАЛЬНОЙ ЦИКЛИЧНОСТИ

Представлено эмпирическое обобщение мирового материала по внутриплитному базит-ультрабазитовому магматизму. Установлено, что на протяжении последних 3500 млн лет в истории Земли процесс внутриплитного магматизма происходил эпизодически, без видимой периодичности, со сравнительно короткими перерывами. Подобный дискретный характер внутриплитного магматизма обнаруживает отсутствие прямой корреляции между ним и определенной стадией суперконтинентального цикла. Базит-ультрабазитовый магматизм сопровождает эволюцию суперконтинента на всех этапах его развития.

*Ключевые слова:* внутриплитный базит-ультрабазитовый магматизм, суперконтинент Пангея, суперконтинентальная цикличность, мантийные плюмы, дайковый комплекс, расслоенные интрузии, коматииты.

Available world data constraining distribution of intraplate basic-ultrabasic igneous complexes (Large igneous provinces) in geological time are reviewed. Global record of these emplacements since 3500 Ma reveals the episodic, irregular character of events, separated by short gaps. This excludes correlation of basic-ultrabasic magmatism with any phase of supercontinental cycle, f.e. only with the breakup of supercontinents. Intraplate magmatism can take place at any stage of supercontinental evolution.

*Key words:* intraplate basic-ultrabasic magmatism, supercontinent, Pangea, supercontinental cyclicity, mantle plumes, dyke complex, layered intrusion, komatiites.

**Введение.** В статье собран и обобщен мировой литературный материал по развитию во времени ареалов внутриплитного базит-ультрабазитового магматизма (ВБУМ), который практически соответствует термину «крупные магматические провинции» (large igneous provinces — LIP), широко используемому в зарубежной геологической литературе. К ним относятся районы развития континентальных плато-базальтов (траппов), силлов, дайковых комплексов, расслоенных интрузий, коматиитов, основных вулканитов пассивных окраин и океанических плато, т.е. магматических пород основного и ультраосновного состава, не связанных по своей природе с процессами спрединга и субдукции [Coffin, Eldholm, 1994; Ernst, Buchan, 2001; Ernst et al., 2005; Isley, Abbot, 2002]. Начиная с работ В. Моргана, большинство исследователей связывают внутриплитный магматизм с плавлением при подъеме мантийных плюмов, хотя есть и противники этой модели [Anderson, 2000; Coltice, 2008]

Проблема LIP, которая еще далека от разрешения, является многоплановой. Ближайшие четыре задачи для ее решения четко сформулированы в работе [Ernst, Buchan, 2003]. Особое место среди них занимает выявление распределения проявлений LIP во времени.

Статья не выходит за рамки этой задачи, вместе с тем в ней сделана попытка рассмотреть связь внутриплитного магматизма с образованием и распадом суперконтинентов, в том числе с суперконтинентальной цикличностью в 400 млн лет [Божко, 2009].

Суперконтинентальный цикл, лежащий в основе этой цикличности состоит из двух стадий и четырех фаз. Первая, собственно суперконтинентальная стадия соответствует уже собранному суперконтиненту и состоянию «один суперконтинент — один суперокеан». Она включает фазу интеграции, отражающую полное завершение, а также консолидацию суперконтинента и фазу деструкции, в которой намечаются тенденции его будущего распада в виде прогрессирующего континентального рифтогенеза. Вторая, межсуперконтинентальная стадия соответствует существованию нескольких континентальных фрагментов, разделенных океанами. Она содержит фазу фрагментации, которая отражает картину распада суперконтинента при господстве процессов спрединга, и фазу конвергенции — длительный этап сборки нового суперконтинента при доминирующей роли субдукции. Соответственно для каждой фазы имеются геологические индикаторы.

В немногочисленных работах, посвященных непосредственно связи внутриплитного магматизма с суперконтинентами, эта проблема рассматривается в основном под углом корреляции проявлений внутриплитного магматизма с распадом суперконтинентов. Значительно меньше работ посвящено внутриплитному магматизму, не связанному непосредственно с распадом суперконтинентов. Остаются невыясненными вопросы эволюции и периодичности проявлений ВБУМ в ходе геологического времени, приуроченности их к определенным стадиям и фазам

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра динамической геологии, профессор, e-mail: bozhko@yandex.ru

суперконтинентального цикла. Разрешение указанных проблем невозможно без обобщения мирового фактического материала и его осмысления в свете суперконтинентальной цикличности. С этой целью были собраны данные о проявлениях ВБУМ начиная с 3500 млн лет назад.

**Геологическая летопись внутриплитного базит-ультрабазитового магматизма.** Картина эволюции глобального внутриплитного магматизма приведена в таблицах. Ограничимся лишь самыми краткими замечаниями к ним.

**Проявления архея (табл. 1).** Древнейшие проявления ВБУМ с возрастом около 3500 млн лет концентрируются в пределах Австралии, Южной Африки и Гренландии в виде базальтов и коматиитов группы

Кунтеруна (3517 млн лет) кратона Пилбара в Австралии, залегающих на сиалическом фундаменте с возрастом 3720 млн лет, а также первой генерации даек Амералик Гренландии (3510 млн лет). После рубежа 3400 млн лет появляются внутриплитные магматиты кратонов Карельского, Дарварского, Канадского, Йилгарн, Сан-Франсиску и др. Начиная с 3000 млрд лет частота их проявления и сгущение существенно увеличиваются, появляются сгущения на уровнях 3000, 2900, около 2700 и 2500 млн лет.

Уже в среднем архее присутствовали все формы внутриплитного магматизма, однако при этом отмечается решительное преобладание коматиитов и базальтов зеленокаменных поясов по сравнению с дайками и расслоенными интрузиями.

Таблица 1

**Внутриплитный базит-ультрабазитовый магматизм архея**

| Проявление                                | Местоположение     | Млн лет | Авторы                          |
|---|--------------------|---------|---------------------------------|
| Дайки Мистасини                           | Канада             | 2500    | Ernst, 2007                     |
| Дайковый комплекс Птармиган               |                    | 2505    | Buchan et al., 1998             |
| Расслоенные интрузии                      | Кольский регион    | 2507    | Баянова, 2004                   |
| Коматииты Лапландского пояса              | Карельский кратон  | 2530    | Sorjonen-Ward et al., 1997      |
| Великая дайка Зимбабве                    | Зимбабве           | 2574    | Wingate, 2004                   |
| Нориты комплекса Карайба                  | Бразилия           | 2580    | Oliveira et al., 2003           |
| Дайки Пудасьярви                          | Финляндия          | 2623    | Vuollo, 2008                    |
| Дайки Лаврас                              | Бразилия           | 2650    | Oliveira et al., 2005           |
| Лавы Трансвааль                           | Южная Африка       | 2660    | Eriksson et al., 2002           |
| Дайки Пиквитоней                          | Канада             | 2665    | O'Neil et al., 2007             |
| Лабрадориты Кейв                          | Кольский регион    | 2678    | Баянова, 2004                   |
| Дайки Каапваальского кратона Южной Африка | Кратон Каапвааль   | 2685    | Olsson et al., 2008             |
| Габбро-нориты Тупой Губы                  | Беломорье          | 2692    | Лобач-Жученко и др., 1993       |
| Коматииты поясов Истерн Голдфилд          | Кратон Йилгарн     | 2705    | Nelson, 1997                    |
| Коматииты пояса Белингве                  | Зимбабве           | 2700    | Chauvel et al., 1993            |
| Базальты супергруппы Вентерсдорп          | Кратон Каапвааль   | 2709    | Eriksson et al., 2002           |
| Комплекс Стилуотер                        | Кратон Сьюпириор   | 2713    | Premo et al., 1990              |
| Базальты Фортескью                        | Австралия, Пилбара | 2715    | Eriksson et al., 2002           |
| Лавы Абитиби                              | Кратон Сьюпириор   | 2719    | Nelson, 1997                    |
| Траппы чехла Центрального Слейва          | Кратон Слейв       | 2722    | Isachsen et al., 1994           |
| Дайки Западной Гренландии                 | Гренландия         | 2730    | Ernst, 2007                     |
| Дайки Кольского региона                   | Кольская провинция | 2740    | Vuollo, 2008                    |
| Коматииты поясов Абитиби, Вава            | Кратон Сьюпириор   | 2750    | Ernst, Buchan, 2003             |
| Коматииты пояса Караджас, Бразилия        | Кратон Гуагоре     | 2750    | Tassinari, 1997                 |
| Вулканиты группы Кам                      | Кратон Слейв       | 2752    | Morimoto et al., 1997           |
| Коматииты Машаба и Машава-Машвинго        | Кратон Зимбабве    | 2754    | Prendergast, Wingate, 2007      |
| Коматииты пояса Шрайбер-Хемло             | Кратон Сьюпириор   | 2759    | Polat et al., 1998; Ernst, 2008 |
| Базальты группы Фортескью                 | Кратон Пилбара     | 2765    | Eriksson et al., 2002           |
| Дайки Блейк Рейндж                        | Австралия          | 2772    | Wingate, 1999                   |
| Базальты Дердпурт                         | Южная Африка       | 2782    | O'Neil et al., 2007             |
| Вулканиты пояса Визьен                    | Кратон Сьюпириор   | 2786    | Ernst, Buchan, 2001             |
| Расслоенные интрузии Уиндермурра          | Австралия          | 2800    | Ahmat, Ruddock, 1990            |
| Коматииты пояса Колмозеро-Воронья         | Кольский регион    | 2826    | Слабунов, 2008                  |
| Дайки Лаврас                              | Бразилия           | 2830    | Pinese et al., 1995             |
| Коматииты пояса Костомукша                | Карельский кратон  | 2840    | Слабунов, 2008                  |
| Комплекс Щербинина                        | Антарктида         | 2844    | Harley et al., 1998             |
| Коматииты пояса Тулпио                    | Лапландия          | 2850    | Слабунов, 2008                  |

Окончание табл. 1

| Проявление                                  | Местоположение                       | Млн лет      | Авторы                              |
|---|--------------------------------------|--------------|-------------------------------------|
| Габбро-пироксениты Усушвана                 | Южная Африка                         | 2875         | Hegner et al., 1984                 |
| Комплекс Бхавани                            | Индия                                | 2899         | Rao et al., 1996                    |
| Дайки Криксас                               | Бразилия                             | 2900         | Baars et al., 1997                  |
| Комплекс Форрестания,                       | Австралия                            | 2900         | Perring et al., 1996                |
| Интрузии Оттер Крик                         | США                                  | 2900         | Windom et al., 1993                 |
| Коматииты Нижней Булавайо                   | Кратон Зимбабве                      | 2900         | Blenkinsop et al., 1997             |
| Коматииты Восточного Дарвара                | Кратон Дарвар                        | 2900         | Tomlinson, Condie, 2001             |
| Коматииты пояса Южно-Выгозеро               | Карельский кратон                    | 2910         | Слабунов и др., 2006                |
| Базальты Кроун, группа Витватерсранд        | Кратон Каапвааль                     | 2914         | Armstrong et al., 1991              |
| Коматииты пояса Волдозеро-Сегозеро          | Карельский кратон                    | 2921         | Слабунов, 2008                      |
| Коматииты зеленокаменных поясов             | Кольская провинция                   | 2925         | Баянова, 2004                       |
| Коматииты и толеиты пояса Стип Рок          | Канада                               | 2930         | Tomlinson, Condie, 2001             |
| Комплекс Синтампунди                        | Индия                                | 2935         | Rao et al., 1996                    |
| Коматииты пояса Сумозеро-Кенозеро           | Карельский кратон                    | 2960         | Слабунов и др., 2006                |
| Дайки Каапваальского кратона                | Кратон Каапвааль                     | 2965         | Olsson et al., 2008                 |
| Базальты Нсузе группы Понгола               |                                      | 2984         |                                     |
| Коматииты Северный Карибу и Флорес          | Кратон Сьюпириор                     | 2999         | Ernst, 2007                         |
| Нижняя зеленокаменная ассоциация            |                                      | 3000         | Терстон, 2009                       |
| Метапериодиты Алданского щита               | Алданский щит                        | 3000         | Жижин, 2000                         |
| Вулканииты, включающие коматииты            | Олондинский пояс                     | 3000         | Анисимова, 2007                     |
| Коматииты и базальты зеленокаменных поясов  | Кратон Йилгарн                       | 3000         | Chen de, Wyche, 2001                |
| Вулканииты группы Хин Крик, впадина Маллина | Кратон Пилбара                       | 3010         | Kranendork van et al., 2002         |
| Коматииты и базальты Койкарской структуры   | Волдосегозерский зеленокаменный пояс | 3050         | Светов, 2009                        |
| Белозерская зеленокаменная ассоциация       | Приднепровье                         | 3050         | Щербак и др., 2006                  |
| Коматииты и базальты пояса Южно-Выгозеро    | Карельский кратон                    | 3054         | Самсонов, 1996                      |
| Базальты Восточных поясов и формации Регал  | Кратон Пилбара                       | 3060         | Kranendork van et al., 2002         |
| Базальты группы Доминион                    | Кратон Каапвааль                     | 3074         | Armstrong et al., 1991              |
| Соленовская зеленокаменная ассоциация       | Приднепровье                         | 3100         | Щербак и др., 2006                  |
| Коматииты пояса Хант Ривер                  | Канадский щит                        | 3110         | Ernst, Buchan, 2004                 |
| Коматииты группы Вундо                      | Кратон Пилбара                       | 3130         | Hickman, 2004                       |
| Чертомлыкская зеленокаменная ассоциация     | Приднепровье                         | 3140         | Щербак и др., 2006                  |
| Сурская зеленокаменная ассоциация           |                                      | 3170         |                                     |
| Толеиты Джурена-Травессано                  | Бразилия                             | 3200         | Alkmim, Noce, 2006                  |
| Силлы и дайки в ЗКП Восточной Пилбары       | Кратон Пилбара                       | 3200         | Kranendork van et al., 2009         |
| Коматииты группы Сульфур Спрингс            |                                      | 3235         |                                     |
| Коматииты и базальты пояса Марда            | Кратон Йилгарн                       | 3262         | Chen de, Wyche, 2001                |
| Расслоенный комплекс Мессина                | Пояс Лимпопо                         | 3270         | Barton et al., 1983                 |
| Коматииты и базальты группы Ребурн          | Кратон Пилбара                       | 3280         | Hickman, 2004                       |
| Метабазальты пояса Лимпопо                  | Южная Африка                         | 3320         | Chudy et al., 2008                  |
| Коматииты и базальты Верхней Онвервахт      | Кратон Каапвааль                     | 3330         | Byerly et al., 1996                 |
| Коматииты и базальты Верхней Варавуны       | Кратон Пилбара                       | 3330         |                                     |
| Коматииты и базальты Коммондейл             | Кратон Каапвааль                     | 3334         | Wilson, Karlson, 1989               |
| Коматииты Саргур                            | Кратон Дарвар                        | 3350         | Jayananda et al., 2008              |
| Коматииты Верхней Варавуны                  | Кратон Пилбара                       | 3350         | Kranendork van et al., 2004         |
| Коматииты Волоцкой свиты                    | Карельский кратон                    | 3391         | Пухтель и др., 1991                 |
| Коматииты пояса Нондвени                    | Кратон Каапвааль                     | 3400         | Hofmann, Wilson, 2007               |
| Дайки Амералик, 3-я и 2-я генерации         | Гренландия                           | 3413<br>3453 | Nutman et al., 2004                 |
| Коматииты и базальты Нижней Варавуны        | Кратон Пилбара                       | 3460         | Kranendork van et al., 2004         |
| Коматииты и базальты Нижней Онвервахт       | Кратон Каапвааль                     | 3480         | Dann, 2000; Tomlinson, Condie, 2001 |
| Дайки Амералик, 1-я генерация               | Гренландия                           | 3510         | Nutman et al., 2004                 |
| Коматииты и базальты Кунтеруна              | Кратон Пилбара                       | 3517         | Green, 2006                         |

Дайки Амералик 3-й генерации, коматииты Волоцкой свиты Водлозерского блока Карелии и пояса Нондвени в Южной Африке формируют уровень проявления внутриплитного магматизма около 3400 млн лет. Метабазальты центральной зоны пояса Лимпопо, коматииты и базальты Верхней Онвервайт, Верхней Варавуны (базальты Евро), пояса Коммондейл (Южная Африка) находятся в возрастном интервале 3350–3315 млн лет. Венчают список известных проявлений ВБУМ этой возрастной группы коматииты и базальты групп Ребурн и Вундо кратона Пилбара, пояса Марда австралийского кратона Йилгарн и конкской свиты конкско-верховцевской серии Украинского щита, возраст которых находится в диапазоне 3260–3130 млн лет.

Следующие усиления ВБУМ включают интервалы: 2960–2950 млн лет (коматииты Сумозеро–Кемозеро, дайки Каапваальского кратона, лавы Понгола); 2935–2925 млн лет (расслоенный комплекс Ситтампунди, расслоенные интрузии и дайки кратона Пилбара, толеиты и коматииты зеленокаменных поясов Кольского региона, коматииты и базальты пояса Стип Рок (Канада)); 2920–2910 млн лет (основные—ультраосновные вулканы поясов Ведлозеро–Сегозеро и Южно-Выгозеро, базальты Кроун. Четвертый импульс усиления ВБУМ отмечается на уровне 2900 млн лет и включает коматииты и базальты зеленокаменных поясов Нижней Булавайо (кратон Зимбабве), Форрестания (кратон Йилгарн, Австралия), Криксас (массив Гойяс, Бразилия), Восточного Дарвара (Индия) расслоенные интрузии Оттер Крик (США), кратона Сьюпириор и др. Остальная часть списка архейских проявлений, начинающаяся траппами Усушвана в Южной Африке (2875 млн лет) и заканчивающаяся дайками Мистасини (2500 млн лет), следует с перерывами преимущественно от 4 до менее 20 млн лет с некоторыми сгущениями датировок на указанных выше временных уровнях.

Таким образом, развитие внутриплитного магматизма в архее характеризуется дискретным импульсным стилем, оно проходило эпизодически, без признаков периодичности, с относительно небольшими перерывами. На фоне этого процесса отмечаются единичные относительно крупные перерывы с продолжительностью до 40 млн лет. (Не исключена, однако, возможность, что эти перерывы в проявлениях ВБУМ раннего докембрия отражают степень их изученности.)

В архее Дж. Роджерс с соавторами выделяют несколько суперконтинентов: Ваалбара (3,3–3,1 млрд лет), Ур (около 3 млрд лет), Кенорлендия (около 2,6 млрд лет). Согласно суперконтинентальной цикличности в 400 млн лет автором выделены четыре архейских суперконтинента [Божко, 2009].

Развитие этих суперконтинентов не находит особого отражения в статистике архейского внутриплитного магматизма, эпизодичный, с частыми импульсами характер которого скорее указывает на независимость

его от суперконтинентальной цикличности. Вместе с тем проявления ВБУМ могли происходить на всех стадиях эволюции этих суперконтинентов.

**Проявления палеопротерозоя (табл. 2).** Внутриплитные проявления в архее без заметного перерыва сменяются проявлениями в палеопротерозое, среди которых практически отсутствуют доминировавшие ранее коматииты и базальты зеленокаменных поясов. Основную роль в это время играют дайковые комплексы, интрузии и в меньшей степени лавы.

Начало палеопротерозоя отмечено планетарным максимумом внедрения даек и формирования расслоенных мафит-ультрамафитовых тел на уровне около 2450 млн лет: внедрение гигантских даек Матачеван кратона Сьюпириор, расслоенных интрузий и даек Карельского кратона, Беломорского пояса и Кольской провинции, формирование крупной магматической провинции Хамерсли и др. Следующий импульс на уровне 2420–2400 млн лет выражен пикритовым Скурийским дайковым комплексом Шотландии, дайками Вестфолд Хиллс (Антарктида), 1-й генерацией даек кратона Дарвар и др. Импульсы не носят закономерного характера и чередуются с перерывами от 6 до 20 млн лет.

Сгущения датировок отмечаются в интервалах 2200–2100 млн лет (Ятулийская толеит-базальтовая провинция Балтийского щита, дайки Унгава, Маратон, Ниписсинг, лавы Джанори и др). На уровне около 2060 млн лет произошло становление Людиковских и Ливийских силлов и пластовых интрузий Карелии, Бушвельдского комплекса Южной Африки и Мамонского комплекса Украинского щита, даек Кеннеди массива Вайоминг, даек и силлов Вудворт в Западной Австралии и др.

Усиление активности отмечается на уровне около 1900 млн лет, к нему относятся траппы Машоналенд кратона Зимбабве, дайки Урикского грабена Южной Сибири, лавы Саутпансберг кратона Каапвааль, дайки Лаврас кратона Сан-Франсиску, дайки Молсон-Пикл Кроу Канады, кратона Бастар в Индии. К этому времени приурочено формирование Калевийских силлов и пластовых интрузий Балтийского щита, даек провинции Холлс Крик в Австралии и др. В интервале 1800–1780 млн лет сформировались дайки Восточной Антарктиды, Нагорновский дайковый комплекс Белоруссии, траппы впадины Кимберли, гигантский дайковый комплекс Северного Китая и др. В возрастных рамках около 1700–1750 млн лет находятся проявления вулканитов и силлов блока Аранта, Пержамский комплекс Украинского щита и Калиновский комплекс Белоруссии, дайки Догриб кратона Слейв, Тимптоно-Алгамайский дайковый рой Алданского щита и др. Некоторое усиление магматизма отмечается на уровне около 1650–1600 млн лет в Сибири, Индии, Гренландии, Прибалтике, Австралии, Индии, Южной Америке.

В целом сохраняется прежний, наметившийся в архее характер проявлений внутриплитного магматиз-

Таблица 2

## Внутриплитный базит-ультрабазитовый магматизм палеопротерозоя

| Название проявления                 | Местоположение              | Млн лет | Авторы                      |
|-------------------------------------|-----------------------------|---------|-----------------------------|
| Дайки Раунд Хаммок                  | Австралия                   | 1600    | Ernst et al., 2008          |
| Дайки кратона Дарвар, 3-я генерация | Индия                       | 1600    | Ramakrishnan, 2009          |
| Дайки Мелвилл                       | Гренландия                  | 1640    | Ernst, 2007                 |
| Дайки Тируванамалаи                 | Индия                       | 1650    | Radhakrishna et al., 1999   |
| Дайки Южной Сибири                  | Сибирь                      | 1670    | Gladkochub et al., 2008     |
| Долеритовые дайки блока Аранта      | Австралия                   | 1690    | Hoatson et al., 2005        |
| Толериты Джорджтаун                 |                             | 1700    | Baker et al., 2006          |
| Дайки Пара-де-Минас                 | Бразилия                    | 1720    | Oliveira & Neves, 2005      |
| Тимптоно-Алгамайский рой            | Алданский щит               | 1730    | Эрнст и др., 2008           |
| Дайки Флорида                       | Уругвай                     | 1730    | Teixeira et al., 2003       |
| Калиновский комплекс Белоруссии     | Восточно-Европейский кратон | 1745    | Аксаментова, 2005           |
| Дайки Догриб                        | Канада, Слейв               | 1750    | O'Neil et al., 2007         |
| Пержамский комплекс                 | Украинский щит              | 1770    | Аксаментова, 2005           |
| Дайки Северного Китая               | Китай                       | 1780    | Peng Peng et al., 2008      |
| Дайки кратона Рио-де-ла-Плата       | Уругвай                     | 1790    | Teixeira et al., 2003       |
| Долериты Харт                       | Австралия                   | 1790    | Myers et al., 1996          |
| Нагорновский комплекс               | Белоруссия                  | 1800    | Аксаментова, 2005           |
| Дайки Восточной Антарктиды          | Антарктида                  | 1800    | Михальский, 2008            |
| Дайки Дхармапури                    | Индия                       | 1800    | Radhakrishna et al., 1999   |
| Дайки Сперроу                       | Канадский щит               | 1831    | Ernst, 2007                 |
| Массив Сёдбери                      |                             | 1850    |                             |
| Дайки Байкальского блока            | Прибайкалье                 | 1850    | Gladkochub et al., 2008     |
| Каларо-Нимнирский рой даек          | Алданский щит               | 1865    | Эрнст и др., 2008           |
| Дайки пост Ватерберг                | Южная Африка                | 1875    | O'Neil et al., 2007         |
| Дайки Молсон С2                     | Канадский щит               | 1877    |                             |
| Дайки Молсон–Томсон–Виннипег–Пикл   |                             | 1888    | Ernst, 2007                 |
| Дайки Бастар-Куддапа                | Индия                       | 1891    | French et al., 2008         |
| Траппы Машоналенд                   | Зимбабве                    | 1900    | Wilson et al., 1987         |
| Интрузии Гвианского щита            | Гвианский щит               | 1900    | Teixeira et al., 2005       |
| Дайки Урикского грабена             | Восточная Сибирь            | 1910    | Gladkochub et al., 2008     |
| Комплекс Сан-Жоао-де-Сьерра         | Бразилия                    | 1950    | Alkmim, Noce, 2006          |
| Дайки Лапландии                     | Фенноскандия                | 1980    | Lehtinen et al., 2005       |
| Дайки Агали                         | Индия                       | 1980    | Radhakrishna et al., 1999   |
| Дайки Алданского щита               | Алданский щит               | 1997    | Жижин, 2000                 |
| Дайки Минто                         | Канада                      | 1998    | O'Neil et al., 2007         |
| Ливийские силлы                     | Карельский кратон           | 2000    | Светов, Свириденко, 2005    |
| Дайка Бандельканд (2-я фаза)        | Индия                       | 2000    | Rao, 2004                   |
| Дайки Вудворд                       | Австралия                   | 2000    | Geol. Surv. Australia, 1990 |
| Дайки и интрузии Минто-Эскимо       | Канада                      | 2000    | Ernst, 2007                 |
| Дайки Кеннеди, США                  | Кратон Вайоминг             | 2001    | Cox et al., 2000            |
| Дайки Лак-де-Грас                   | Канада                      | 2025    | Ernst, 2007                 |
| Интрузия Отанмаки                   | Финляндия                   | 2040    |                             |
| Людиковийские силлы                 | Карелия                     | 2050    | Светов, Свириденко, 2005    |
| Нориты Караиба                      | Бразилия                    | 2051    | Alkmim 2006                 |
| Интрузия Бушвельда                  | Южная Африка                | 2059    | O'Neil et al., 2007         |
| Дайки Форт Франсес                  | Канада                      | 2075    | Ernst, 2007                 |
| Силл Бразильеро Фарм                | Бразилия                    | 2075    | Alkmim, 2006                |
| Мамонский комплекс                  | Воронежский массив          | 2080    | Аксаментова, 2005           |
| Дайки Молсон С1                     | Канада                      | 2091    | O'Neil et al., 2007         |
| Лавы Джанджори                      | Индия                       | 2100    | Mazumder, Arima, 2009       |
| Дайки Балтийского щита              | Балтийский щит              | 2100    | Vuollo, 2008                |

Окончание табл. 2

| Название проявления                    | Местоположение         | Млн лет | Авторы                         |
|--|------------------------|---------|--------------------------------|
| Лавы Парاماка                          | Суринам                | 2110    | Dardenne et al., 2000          |
| Габбро Грифин                          | Канада                 | 2110    | Aspler et al., 2002            |
| Дайки Лабрадора                        |                        | 2120    | Ernst, 2007                    |
| Дайковый комплекс Маратон              |                        | 2125    |                                |
| Дайки Молсон В                         |                        | 2145    | O'Neil et al., 2007; Rao, 2004 |
| Дайки массива Бандельканд (1-я фаза)   | Индия                  | 2150    | Rao, 2004                      |
| Дайки Зимбабве                         | Кратон Зимбабве        | 2150    | Wilson et al., 1987            |
| Траппы Бискотасинг                     | Северная Америка       | 2166    | O'Neil et al., 2007            |
| Дайки и габбро Махбубнагар             | Индия                  | 2180    | French et al., 2004            |
| Комплекс Карибу Лейк                   | Канада                 | 2186    | O'Neil et al., 2007            |
| Дайки Парапеба                         | Бразилия               | 2190    | Oliveira, Neves, 2005          |
| Лавы Куддапа                           | Индия                  | 2200    | French et al., 2004            |
| Дайки Алданского щита                  | Алданский щит          | 2202    | Жижин, 2000                    |
| Вулканиды Итапикуру                    | Бразилия               | 2209    | Alkmim, 2006                   |
| Дайки Клотц                            | Канада                 | 2209    | Buchan et al., 1998            |
| Силлы Финляндии                        | Фенноскандия           | 2210    |                                |
| Лавы Чилла Спрингс                     | Австралия              | 2210    |                                |
| Вулканиды Ятулия                       | Карельский кратон      | 2215    | Балашов, 1996                  |
| Дайки Сеннеттере                       | Канада                 | 2216    | Buchan et al., 1998            |
| Дайки Ниписсинг                        |                        | 2217    |                                |
| Дайки и силлы Унгава                   |                        | 2220    | Ernst, 2007                    |
| Лавы Онгелук                           | Южная Африка           | 2222    | O'Neil et al., 2007            |
| Дайки Мели                             | Канада, кратон Слейв   | 2230    | Ernst, 2007                    |
| Дайки Мэгур, блок Минто, Канада        | Кратон Сьюпириор       | 2236    | O'Neil et al., 2007            |
| Дайки Восточной Антарктиды             | Антарктида             | 2250    | Михальский, 2008               |
| Дайки Центральной Финляндии            | Финляндия              | 2300    | Mertanen et al., 2006          |
| Дайки Иисалми                          | Восточная Финляндия    | 2320    | Vuollo, 2008                   |
| Дайки кратона Дарвар                   | Кратон Дарвар          | 2365    | French et al., 2004            |
| Дайки Бангалор, Индия                  |                        | 2367    | Halls et al., 2007             |
| Дайки кратона Дарвар, 1-я генерация    | Запад кратона Дарвар   | 2400    | Ramakrishnan, 2009             |
| Дайки земли Эндерби                    | Антарктида             | 2400    | Михальский, 2008               |
| Дайки Тромс                            | Норвегия               | 2403    | Vuollo, 2008                   |
| Дайки и интрузии Уиджимулта            | Кратон Йилгарн         | 2415    | Halls et al., 2007             |
| Дайки кратона Вестфолд                 | Антарктида             | 2420    | Hoeka, 1995                    |
| Скурийский комплекс                    | Шотландия              | 2420    | Isley, Abbot, 2002             |
| Расслоенные интрузии Бураковская и др. | Карельский кратон      | 2445    | Баянова, 2004                  |
| Магматическая провинция Хамерсли       | Кратон Пилбара         | 2449    | Barley et al., 1997            |
| Базиты и ультрабазиты Беломорид        | Беломорский пояс       | 2450    | Lobach-Zhuchenko et al., 1998  |
| Дайки Каминак                          | Канада                 | 2450    | Ernst, 2007                    |
| Расслоенные интрузии, лавы, дайки      | Карелия, Кольский п-ов | 2450    | Amelin et al., 1995            |
| Дайки Матачеван                        | Канада                 | 2454    | O'Neil et al., 2007            |
| Траппы Гурона                          | Северная Америка       | 2474    | Ernst, 2007                    |
| Расслоенная интрузия Главного хребта   | Кольский п-ов          | 2490    | Баянова, 2004                  |

ма: доминируют частые импульсы с перерывами от 4 до 25 млн лет, на фоне которых выделяются единичные промежутки длительностью 30–40 млн лет. Усиления и спады активности не носят периодического характера.

Во временных рамках палеопротерозоя находится суперконтинент Колумбия, выделенный Дж. Роджерсом в интервале 1800–1500 млн лет,

по другим данным, кульминация его приходится на уровень 1800 млн лет, распад начался 1650 млн л.н. и происходил до 1200 млн л.н. В авторской схеме суперконтинентальной цикличности [Божко, 2009] этот суперконтинент соответствует интервалу 1920–1770 млн лет. В списке проявлений внутриплитного магматизма палеопротерозоя все указанные суперконтиненты не находят особого вы-

ражения. Как и в архее, дискретный внутриплитный магматизм, с частыми импульсами не зависел от любых временных реконструкций суперконтинентов и мог проявляться на всех возможных стадиях их эволюции. Это же относится и к суперконтиненту Ятулия, выделенному автором во временных рамках 2320–1920 млн лет.

**Проявления мезопротерозоя (табл. 3).** Внутриплитный магматизм мезопротерозоя отделяется минимальным перерывом от палеопротерозойского и во многом несет его черты, будучи представленным в основном дайковыми комплексами, расслоенными интрузиями и в меньшей степени платобазальтами, сохраняя однообразный импульсный характер с относительно короткими перерывами в пределах 10 млн лет, редко превышающими 20 млн лет и в единичных случаях достигающими 30 млн лет.

В последовательности проявлений внутриплитного мезопротерозойского магматизма не отмечается определенных закономерностей. Некоторые усиления активности магматизма отмечаются в интервале 1450–1465 млн лет: силлы Мойи и интрузии Микаэль-Шабогамо (Канада), силлы Бангемол-1 (Австралия), долериты Даларна (Швеция); а также в интервале 1410–1380 млн лет: дайки Аксамо (Швеция), траппы Куддапа (Индия), силлы Букоба–Кавумве (Африка), Вестфолд Хиллс (Антарктида) и др. В интервале 1270–1200 млн лет в результате относительно коротких импульсов магматизма были сформированы гигантский дайковый комплекс Маккензи в Канаде и одновозрастная ему интрузия Маскок, расслоенные интрузии Бурунди, Центрально-Скандинавская долеритовая группа, дайковые комплексы Вутай-Тайхан, комплекс оливиновых даек Сёдбери в Гренвилевском поясе Канады, долериты зоны Протоджайн и силлы

Нова-Флореста в Бразилии. Интервал 1170–1120 млн лет отмечен импульсами магматизма, следующими практически через каждые 10 млн лет: силлы и дайки Вейкхейм (Канада), интрузии Пекос (США), Хезджабутин Норвегии, Адирондак, дайки Тандер-Бей и Абитиби (Канада), Лейквью Маунт Айза (Австралия), базальты Восточной Антарктиды и др.

Заключительные аккорды мезопротерозойского внутриплитного магматизма отмечены его кучным проявлением в интервале 1100–1000 млн лет. Этот магматизм включает лавы Кивино (рифт Мидконтинента), силлы Логан (Канада), дайки Ланила (Финляндия), траппы Умкондо (Южная Африка), магматическую провинцию Варакурна Центральной Австралии, толеитовые дайки на восточной окраине кратона Сан-Франсиску (Бразилия), дайки Куддапа (Индия) и др.

В мезопротерозое, согласно Дж. Роджерсу с соавторами (2002), начался (1600 млн л.н.) распад суперконтинента Колумбия, после чего к 1100 млн л.н. был сформирован суперконтинент Родиния. По авторской схеме [Божко, 2009], за распадом Колумбии последовала сборка суперконтинента Готия (1520–1370 млн лет), за его распадом — формирование суперконтинента Родиния к рубежу 1120 млн л.н. Статистика мезопротерозойских проявлений внутриплитного магматизма, как и на более древних этапах, обнаруживает его независимость от любых схем суперконтинентальной цикличности. Вместе с тем ВБУМ мог проявляться на всех стадиях эволюции предполагаемых суперконтинентов. Так, в работе [Coltice, 2008] показано формирование внутриплитных магматических провинций Варакурна, Умкондо и Кивиноу в процессе конвергентных процессов во время сборки Родинии.

Таблица 3

Внутриплитный базит-ультрабазитовый магматизм мезопротерозоя

| Проявление                       | Местоположение       | Млн лет | Авторы                |
|----------------------------------|----------------------|---------|-----------------------|
| Дайки Зимбабве                   | Кратон Зимбабве      | 1000    | Wilson et al., 1987   |
| Интрузия Ринкорн-дель-Тигр       | Боливия              | 1000    | Ernst et al., 2008    |
| Силлы Сете-Дабан                 | Восточная Сибирь     | 1005    |                       |
| Дайки Салвадор                   | Бразилия             | 1021    | Мин де и др., 2005    |
| Дайки Лаанила–Каукокейно         | Финляндия            | 1050    | Ernst, Buchan, 2001   |
| Лавы Юго-Запада США              | США                  | 1069    | Ernst et al., 2008    |
| Провинция Варакурна              | Австралия            | 1075    | Wingate et al., 2004  |
| Дайки Стюарт                     |                      | 1076    | Zhao, McCulloch, 1993 |
| Комплекс Джилс                   |                      | 1078    |                       |
| Траппы Лейк Шор                  | Канада               | 1087    | O'Neil et al., 2007   |
| Дайки Кулгера                    | Австралия            | 1090    | Zhao, McCulloch, 1993 |
| Дайки края кратона Сан-Франсиску | Бразилия             | 1100    | Мин де и др., 2005    |
| Дайки Мин Логан                  | Канада               | 1100    | O'Neil et al., 2007   |
| Лавы Кивино                      | Канада, США          | 1102    | Ernst et al., 2008    |
| Силлы и дайки Умкондо            | Зимбабве             | 1106    | O'Neil et al., 2007   |
| Дайки Нова Бразиландиа           | Кратон Сан-Франсиску | 1110    | Teixeira et al., 2005 |
| Базальты Земли Королевы Мод      | Антарктида           | 1120    | Михальский, 2008      |
| Дайки Лейквью                    | Австралия            | 1130    | Claoue-Long, 2000     |

Окончание табл. 3

| Проявление                          | Местоположение      | Млн лет | Авторы                          |
|-------------------------------------|---------------------|---------|---------------------------------|
| Дайки Абитибиды                     | Канада              | 1140    | Ernst, 2007                     |
| Дайки и силлы Тандер-Бей            | Канадский щит       | 1141    | Heaman, 1997                    |
| Габбро Адирондак                    | Северная Америка    | 1144    | Romer et al., 1995              |
| Габбро Хезджабутин                  | Норвегия            | 1150    | Dahlgren et al., 1990           |
| Габбро Лак-Сент-Джин                | Канада              | 1157    | Higgins, Breemen van, 1992      |
| Интрузии Ляно                       | Гренвильский пояс   | 1160    | Davidson, Breemen van, 1988     |
| Дайки верхнего Гардара              | Гренландия          | 1163    | Ernst et al., 2008              |
| Дайки Вейкхейм                      | Канада, Гренвилл    | 1177    |                                 |
| Силлы и лавы Нова-Флореста          | Бразилия            | 1200    |                                 |
| Дайки Фрезер                        | Австралия           | 1210    | Wingate et al., 2000            |
| Долериты зоны Протоджайн            | Скандинавия         | 1215    | Ernst et al., 2008              |
| Дайки Марнда Мур                    | Австралия           | 1218    |                                 |
| Дайки Сёдбери                       | Канадский щит       | 1235    |                                 |
| Дайки Сил Лейк и Мили Ривер         |                     | 1250    |                                 |
| Дайки Пара Джануария                | Бразилия            | 1250    | Oliveira et al., 2005           |
| Дайки Вутай Тайхан                  | Китай               | 1254    | Qian, Chen, 1987                |
| Дайки Субиотния                     | Балтийский щит      | 1260    | Suominen, 1991                  |
| Центрально-Скандинавская группа     | Скандинавия         | 1265    | Ernst et al., 2008              |
| Дайковый комплекс Маккензи          | Канада              | 1267    |                                 |
| Дайки Харп                          |                     | 1273    |                                 |
| Расслоенные интрузии Бурунди        | Бурунди             | 1275    | Meert et al., 1994              |
| Дайки Среднего Гардара              | Гренландия          | 1280    | Ernst et al., 2008              |
| Габбро Западной Норвегии            | Норвегия            | 1289    | Romer et al., 1995              |
| Дайки Серо до Качимбо               | Бразилия            | 1300    | Ernst et al., 2008              |
| Силлы и дайки Дерим-Дерим           | Австралия, Макартур | 1320    |                                 |
| Интрузия Никеландия (верхняя часть) | Бразилия            | 1350    | Suita et al., 1994              |
| Позднекибарские вулканы             | Кибариды            | 1350    | Goodwin, 1991                   |
| Вулканы Морава, Австралия           | Кратон Йилгарн      | 1360    | Ernst et al., 2008              |
| Машакские вулканы                   | Урал                | 1366    | Носова, 2007                    |
| Интрузия Кунене-Зебра Ривер         | Ангола              | 1371    | Ernst et al., 2001              |
| Силлы Букоба-Кавумве                | Танзания            | 1380    | Deblond et al., 1999            |
| Дайки Пилансберг                    | Южная Африка        | 1385    | Ernst et al., 2008              |
| Магматиты Башкирского антиклинория  | Урал                | 1388    | Носова, 2007                    |
| Траппы Куддапа                      | Индия               | 1400    | Ernst et al., 2008              |
| Дайки Луберо                        | Конго               | 1400    |                                 |
| Дайки Аксамо                        | Швеция              | 1410    |                                 |
| Силлы Микаэль-Шабогамо              | Канадский щит       | 1426    |                                 |
| Анортозиты Харп Лейк                | Канада              | 1448    | Romer et al., 1995              |
| Габбро Лейрунгсмирэн                | Норвегия            | 1450    | Corfu, Emmet, 1992              |
| Валаамский силл                     | Ладога              | 1457    | Носова, 2007                    |
| Долериты Даларна (Туна)             | Скандинавия         | 1461    | Soderlund et al., 2005          |
| Силлы Бангемолл                     | Австралия           | 1465    | Wingate et al., 2004            |
| Силлы Мойи                          | Канада, Вайоминг    | 1468    | Anderson et al., 1995           |
| Интрузии Микаэль Шабогамо и Мойи    | Канада              | 1470    | Ernst et al., 2008; Ernst, 2007 |
| Перидотиты Алмкловдейн              | Норвегия            | 1477    | Jacobsen et al., 1980           |
| Базальты Приладожья                 | Карельский кратон   | 1500    | Носова, 2007                    |
| Дайки Куонама                       | Анабарский щит      | 1503    | Эрнст и др., 2008               |
| Дайки Бревен-Халлефорс              | Швеция              | 1535    | Gorbatshev, 1987                |
| Интрузия Никеландия, нижняя часть   | Бразилия            | 1565    | Ferreira-Filho et al., 1994     |
| Долериты Вермланд                   | Швеция              | 1569    | Ernst et al., 2008              |
| Интрузии Сьерра-до-Провиденсия      | Амазония, Бразилия  | 1580    | Teixeira et al., 2005           |
| Дайки Тандила. Рио-де-ла-Плата      | Уругвай             | 1590    | Teixeira et al., 2003           |
| Долериты Бревен Халлефорс           | Швеция              | 1595    | Soderlund et al., 2005          |



**Проявления в неопротерозое и фанерозое (табл. 4).**

Проявления на этом возрастном уровне «плавно» сменяют мезопротерозойские и продолжают наметившуюся ранее закономерность.

Рассматриваемый временной интервал отмечен возникновением классических внутриплитных комплексов. К ним относятся траппы Сибирской платформы, Карру, Феррар, Парана–Этендека, Деккан; дайковые комплексы Скандинавии, Южного Китая и Австралии, Южной Сибири и Канады; плато Онтонг Джава, Манихики и др.

В первой половине неопротерозоя продолжали преобладать интрузий и дайковые комплексы, тогда как во второй половине широкое распространение получили платобазальты. Особенностью внутриплитного магматизма фанерозоя является развитие базальтов океанических плато.

Магматизм в интервале 988–711 млн лет характеризуется частыми импульсами с перерывами, обычно не превышающими 15–20 млн лет. Он представлен дайковыми комплексами Бразилии, Норвегии, Юж-

Таблица 4

**Внутриплитный базит-ультрабазитовый магматизм неопротерозоя и фанерозоя**

| Проявление  | Местоположение             | Млн лет | Авторы   |
|---|----------------------------|---------|--|
| Кайнозойский внутриплитный магматизм  | Восточная Азия             | Cz      | Lei, Zhao, 2005; Ярмолюк, 2000   |
| Базальты группы Колумбия Ривер  | США                        | 15      | Courtillot, Renne, 2003  |
| Внутриплитный магматизм Европы  | Западная Европа            | 20      | Wilson, Downes, 2005   |
| Траппы Эфиопии и Йемена   | Эфиопия, Йемен             | 30      | Courtillot, Renne, 2003  |
| Вулканизм Хоггара   | Щит Хоггар                 | 35      | Liegeois, 2006   |
| Северо-Атлантическая провинция  | Северная Америка, Европа   | 62      | Ernst et al., 2003   |
| Траппы Деккана  | Индия                      | 66      |  |
| Траппы Мадагаскара  | Мадагаскар                 | 90      | Courtillot, Renne, 2003  |
| Плато Хесса   | Пацифика                   | 100     | Ernst et al., 2003, 2007   |
| Дайки Кергелен–Раджмахал  | Индия                      | 115     | Courtillot, Renne, 2003  |
| Плато Онтонг Джава  | Пацифика                   | 122     |  |
| Траппы Парана–Этендека  | Бразилия, Ангола           | 133     |  |
| Дайки Трап  | Гренландия                 | 140     | Ernst et al., 2003   |
| Поднятия Магеллана, Шатского  | Пацифика                   | 145     | Ernst et al., 2003, 2005   |
| Вулканы формации Раттрей  | Северное море              | 165     | Ernst et al., 2003, 2007   |
| Магматизм Восточной Австралии   | Австралия, Тасмания        | 175     | McDougall, 2008  |
| Интрузия Дюфек  | Антарктида                 | 182     | Mukasa et al., 2004  |
| Траппы Карру, Феррар  | Африка, Антарктида         | 183     | Courtillot, Renne, 2003  |
| Центрально-Атлантическая провинция  | Северная Америка и др.     | 201     |  |
| Интрузии Рангелия   | Канада, Аляска             | 230     | Ernst et al., 2007   |
| Базальты впадины Куйо   | Аргентина                  | 245     | Ramos et al., 1991   |
| Траппы Сибирской платформы  | Сибирь                     | 250     | Courtillot, Renne, 2003  |
| Траппы Западной Сибири  | Западно-Сибирская плита    | 251     | Saraev et al., 2008  |
| Интрузии Вьетнама   | Вьетнам                    | 257     | Изох и др., 2005   |
| Траппы Эмейшань   | Китай                      | 260     | He Bin et al., 2007; Zhou, 2005  |
| Дайки Западной Норвегии   | Норвегия                   | 270     | Torsvik et al., 1997   |
| Дайки Шарыжалгайского блока   | Прибайкалье                | 275     | Gladkochub et al., 2008  |
| Дайки Таримского блока  | Китай                      | 280     | Ernst et al., 2003   |
| Пермские траппы Европы, Австралии, Амазонки, Антарктиды, Северо-Западной Африки, Азии | Европа и другие континенты | пермь   | Ziegler, 1988; Torsvik et al., 1997; Veevers, 1984; Mosmann, 1986; Schmidt et al., 1977; Doblus, 1998; Поляков и др., 2008 |
| Толеиты Шотландии, Прибалтики   | Европа                     | 300     | Wilson, 2004   |
| Расслоенный комплекс Байма  | Китай                      | 306     | Zhang et al., 1990; Lu et al., 1989  |
| Вулканы долины Мидленд  | Шотландия                  | 335     | Menaghan, Parrish, 2006  |
| Расслоенный комплекс Хонгге   | Китай                      | 343     | Zhang et al., 1990; Lu et al., 1989  |
| Лавы Джалкан, Якутск  | Сибирский кратон           | 350     | Левашов, 1979  |
| Силлы Печорской синеклизы   | Печорская синеклиза        | 351     | Wilson et al., 1999  |
| Вулканы и дайки Якутии  | Сибирский кратон           | 365     | Шпунт, Олейников, 1987   |
| Фаменский внутриплитный магматизм   | Русская плита              | 365     | Носова, 2007   |
| Расслоенный комплекс Панжихуа   | Китай                      | 373     | Zhang et al., 1990; Lu et al., 1989  |
| Базальты впадины Маритаймс  | Восточная Канада           | 375     | Dessureau et al., 2000   |

Окончание табл. 4

| Проявление                                 | Местоположение     | Млн лет | Авторы                                |
|--|--------------------|---------|---------------------------------------|
| Траппы Вилюйской впадины                   | Сибирский кратон   | 377     | Courtillot, Renne, 2003               |
| Внутриплитный магматизм                    | Русская плита      | 390     | Носова, 2007                          |
| Траппы Сибири, Казахстана, Киргизии        | Западная Азия      | девон   | Никишин, 2004; Биске, 1996            |
| Дайки Южной Шотландии и Северной Ирландии  | Британские острова | 425     | Barnes et al., 2006                   |
| Силур-девонские базальты района Тумут      | Австралия          | 443     | Meffre et al., 2006                   |
| Дайковый комплекс Тромсе                   | Норвегия           | 456     | Sellbek, Skjerlie, 2002               |
| Магматическая провинция Центральной Азии   | Центральная Азия   | 465     | Izokh et al., 2007                    |
|  |                    | 478     |                                       |
|  |                    | 484     |                                       |
|  |                    | 485     |                                       |
|  |                    | 497     |                                       |
| Силлы Монголии, Кузнецкого Алатау          | Южная Сибирь       | 511     |                                       |
| Траппы плато Антрим                        | Австралия          | 513     | Hanley, Wingale, 2000                 |
| Магматическая провинция Калкариджи         |                    | 542     | Evans, 2008                           |
| Волыно-Брестская провинция                 | Русская плита      | 550     | Носова, 2007                          |
| Дайки Восточной Антарктиды                 | Антарктида         | 550     | Михальский, 2008                      |
| Дайки Катоктин                             | Канада, Сибирь     | 560     | Ernst, 2007                           |
| Дайки Сетге-Дабан                          | Сибирский кратон   | 560     |                                       |
| Дайки Катоктин                             | Канадский щит      | 572     | Brewer, Thomas, 1998                  |
| Дайки Гренвилл–Риду                        | Канада             | 590     | Ernst, 2007                           |
| Дайки Зимбабве                             | Кратон Зимбабве    | 600     | Wilson et al., 1987                   |
| Габбро и базальты Среднего Урала           | Урал               | 608     | Носова, 2007                          |
| Дайки Сарек                                | Швеция             | 608     | Svenningsen, 1999                     |
| Траппы южного склона Канадского щита       | Канадский щит      | 615     | Ernst et al., 2003                    |
| Комплекс Олд Регензунд                     | Норвегия           | 6 16    |                                       |
| Дайки Лонг Рейндж                          | Канада, США        | 620     | Ernst, 2007                           |
| Интрузии Байкало-Муйского пояса            | Прибайкалье        | 650     | Цыганков, 2002                        |
| Дайки Восточной Сибири и Алданского щита   | Восточная Сибирь   | 650     | Gladkochub, 2008                      |
| Онежско-Тиманская провинция                | Русская плита      | 670     | Носова, 2007                          |
| Дайковый комплекс Ганнакарип               | Намибия            | 711     | Ransome, 1992                         |
| Траппы Франклин                            | Канадский щит      | 723     | Ernst et al., 2008                    |
| Дайки Мутаре                               | Кратон Зимбабве    | 724     |                                       |
| Довыренская интрузия                       | Прибайкалье        | 725     | Эрнст, Гамильтон, 2009                |
| Дайковый комплекс Мандин Велл              | Австралия          | 755     | Ernst et al., 2008; Heaman, 2007      |
| Лавы и дайки Сейшельских о-вов             | Сейшелы            | 750     | Ernst et al., 2008                    |
| Базальты Трансантарктических гор           | Антарктида         | 762     | Storey, 1993                          |
| Расслоенная интрузия Кандин                | Китай              | 779     | Ernst et al., 2008                    |
| Дайки Гунбарриел и запада Северной Америки | Канадский щит      | 780     | Ernst et al., 2008; Park et al., 1995 |
| Интрузия Никеландия, нижняя серия          | Бразилия           | 799     | Ernst et al., 2008                    |
| Дайки Южной Сибири                         | Южная Сибирь       | 780     | Gladkochub, 2008                      |
| Лавы Гагве                                 | Танзания           | 815     | Meert et al., 1995                    |
| Дайки Амата                                | Австралия          | 824     | Zhao, McCulloch, 1993                 |
| Комплексы Байкало-Муйского пояса           | Прибайкалье        | 825     | Цыганков, 2002                        |
| Дайки Виллуран                             | Австралия          | 827     | Ernst et al., 2008                    |
| Дайки Южного Китая                         | Китай              | 828     |                                       |
| Дайки Антарктиды                           | Антарктида         | 850     | Михальский, 2008                      |
| Дайки Бир Эль Хзаим, Африка                | Африка             | 850     | Ernst et al., 2008                    |
| Интрузия Глен До                           | Шотландия          | 873     | Ernst, 2007; Ernst et al., 2008       |
| Дайки пояса Арасуаи                        | Бразилия           | 906     | Мин де и др., 2005                    |
| Дайки Гетеборг Слюссен                     | Скандинавия        | 935     | Pisarevsky et al., 2005               |
| Силлы Учуро-Майского района                | Восточная Сибирь   | 942     | Pavlov et al., 1992                   |
| Дайки и силлы Алданского щита              | Алданский щит      | 960     | Жижин, 2000                           |
| Долериты Блекинг Даларна                   | Норвегия           | 970     | Soderlund et al., 2005                |
| Дайки Белу Оризонте                        | Бразилия           | 988     | Мин де и др., 2005                    |

ной Сибири, Китая, Австралии и др.; расслоенными интрузиями Глен До, Никеландия, Кандин; траппами Франклин кратона Сьюпириор и другими проявлениями.

В интервале 711–620 млн лет отмечено два относительно крупных перерыва в 41 и 30 млн лет, после чего вновь следуют частые импульсы ВБУМ, разделенные перерывами, обычно не превышающими 10 млн лет. При этом увеличивается число проявлений платобазальтов в виде траппов Австралии, Сибири, Канады, Европы.

В рассматриваемый интервал времени происходило развитие суперконтинентов Паннотия и Пангея. Эволюция вендского суперконтинента Паннотия не находит отражения в последовательности проявлений внутриплитного магматизма. Особенно важно проанализировать возможную связь проявлений ВБУМ с наиболее изученным суперконтинентом Пангея. Проявления, совпадающие по времени со сборкой этого суперконтинента, отражены в палеозойских проявлениях в Центральной Азии и на Русской плите, в Сибири, Канаде. Начало проявления внутриплитного магматизма на сформированном суперконтиненте Пангея (320–170 млн лет) относится к рубежу около 300 млн лет в виде толетов Шотландии, Германии, Швеции, Польши, но основная последовательность событий началась на уровне 280 млн лет и продолжалась с перерывами в среднем около 10 млн лет. В результате сформировались дайки Таримского блока, траппы Западной Сибири, пермские траппы Европы, Австралии, Амазонки, Трансантарктики, Тасмании и Северо-Западной Африки. На рубеже перми и триаса произошло массовое излияние траппов на Сибирской платформе, траппов Эмейшань в Юго-Западном Китае, становление расслоенных интрузий Рангелия в Канаде и на Аляске и др. В эпоху, предшествующую распаду Пангеи, формировались траппы Центрально-Атлантической провинции (201 млн лет) и Карру, Феррар (183 млн лет), интрузии Дюфек (182 млн лет).

Продолжение этого магматизма без существенно го перерыва и с сохранением стиля и темпа отмечено для стадии распада Пангеи и образования молодых океанов. По времени этой стадии соответствуют траппы Парана–Этендека, мезозойский магматизм Восточной Австралии и Тасмании, образование вул-

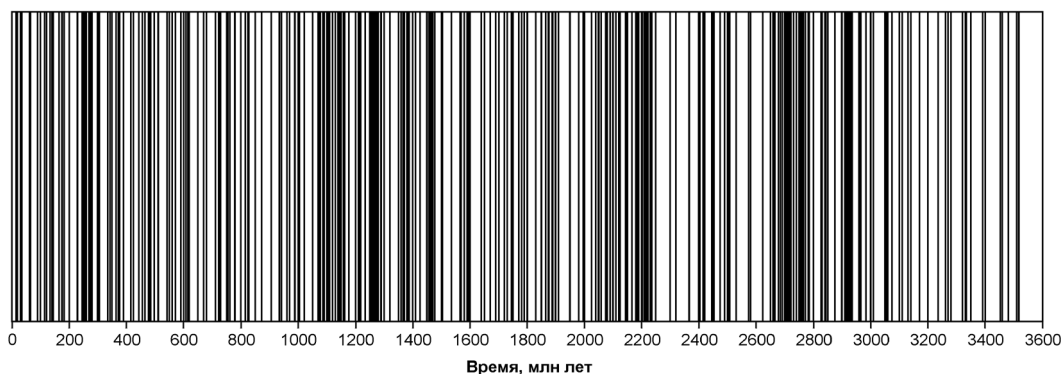
канитов формации Раттрей Северного моря, поднятий Шатского и Магеллана; дайки Трап Гренландии; океанических плато Манихики, Онтонг Джава, Хесса, дайки Кергелен–Раджмахал, магматизм в Карибско-Колумбийской магматической провинции, формирование траппов Мадагаскара.

Указанный характер внутриплитного магматизма отмечается и после распада Пангеи: формировались океанические плато Манихики, Онтонг Джава, Хесса, дайки Кергелен–Раджмахал, траппы Гренландии, лавы и интрузии Северо-Атлантической вулканической провинции, поднятие Атлантики Сьерра-Леоне, траппы Деккана, Эфиопии и Йемена, базальты группы Колумбия Ривер, а также происходил кайнозойский магматизм в Восточной Сибири и Центральной Монголии, который связывают с процессами субдукции и коллизии.

Таким образом, проявления ВБУМ отмечаются на всех стадиях эволюции суперконтинента Пангея: на этапе его сборки, в эпоху его существования и последующего распада, что соответствует характеру этого магматизма, фиксируемому геологической летописью. Он характеризуется дискретностью, относительно небольшими перерывами между импульсами и, таким образом, независимостью от структуры любого возможного суперконтинентального цикла.

**Выводы.** 1. История проявления внутриплитного базит-ультрабазитового магматизма на протяжении 3500 млн лет представляет собой однообразную последовательность (рисунок) многочисленных дискретных импульсов, лишенных периодичности, с относительно узкими временными интервалами, в среднем не превышающими 10–15 млн лет. Эпизодический характер глобального внутриплитного магматизма противопоставлен относительно равномерному, устойчивому магматизму зон спрединга и субдукции.

2. Такой неупорядоченный стиль проявления внутриплитного магматизма во времени оставался выдержанным в течение всей эволюции Земли, но при некоторых различиях в формах его проявления на разных временных рубежах: в архее отмечается преобладание коматиитов, в протерозое — дайковых комплексов и расслоенных интрузий, а в фанерозое увеличилось количество платобазальтов и формировались океанические плато.



Характер проявления внутриплитного базит-ультрабазитового магматизма в геологическом времени на штрих-кодовой диаграмме. Одним штрихом отмечено начало каждого проявления без продолжительности. Полосы обозначают внесмасштабные концентрации проявлений

3. Выявленный характер проявления базит-ультрабазитового магматизма в эволюции Земли исключает прямую и неперемную корреляцию его лишь с распадом суперконтинентов. Этот магматизм проявляется в различных геодинамических обстанов-

ках на всех стадиях суперконтинентального цикла: максимальной консолидации суперконтинента, его деструкции и подготовки к распаду, непосредственно в стадию распада, а также в стадию конвергенции и сборки нового суперконтинента.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Аксаментова Н.В.* Мафические дайки кристаллического фундамента Беларуси. Минск, 2005. 94 с.

*Балашов Ю.А.* Геохронология раннепротерозойских пород Печенгско-Варзугской структуры Кольского полуострова // *Петрология*. 1996. Т. 4, № 1. С. 3–25.

*Баянова Т.Б.* Возраст реперных геологических комплексов Кольского региона и длительность процессов магматизма. СПб.: Наука, 2004. 174 с.

*Божко Н.А.* Суперконтинентальная цикличность в истории Земли // *Вестн. Моск. ун-та*. 2009. Сер. 4. Геология. № 2. С. 13–27.

*Изох А.Е., Поляков Г.В., Чанг Чонг Хоа* и др. Пермтриасовый ультрамафит-мафитовый магматизм Северного Вьетнама и Южного Китая как выражение плюмового магматизма // *Геология и геофизика*. 2005. Т. 46, № 9. С. 942–951.

*Лобач-Жученко С.Б., Бибикина Е.В., Другова Г.М.* и др. Геология и петрология магматического комплекса Тупой Губы Северо-Западного Беломорья // *Петрология*. 1993. Т. 1, № 6. С. 657–677.

*Мин де А., Россет А., Маркес Л.С.* и др. Обширный позднемезопротерозойский толеитовый магматизм кратона Сан-Франсиску в Бразилии (петролого-геохимическая характеристика и обстановки формирования) // *Геология и геофизика*. 2005. Т. 46, № 9. С. 981–992.

*Михальский Е.В.* Геология и эволюция земной коры Восточной Антарктиды в протерозое–раннем палеозое: Автореф. докт. дис. СПб., 2008.

*Никишин А.Н.* Внутриплитный магматизм, мантийные плюмы и глобальная геодинамика // *Современные проблемы геотектоники и геодинамики*. М.: Научный мир, 2004. 610 с.

*Носова А.А.* Петрология позднедокембрийского и палеозойского внутриплитного базитового вулканизма Восточно-Европейской платформы: Автореф. докт. дис. М., 2007.

*Пухтель И.С., Журавлев Д.З., Куликова В.В.* и др. Коматииты Водлозерского блока (Балтийский щит) // *Докл. АН СССР*. 1991. Т. 317, № 1. С. 197–202.

*Светов А.П., Свириденко Л.П.* Центры эндогенной магматической активности и рудообразования Фенноскандинавского щита (Карельский регион). Петрозаводск, 2005. 357 с.

*Слабунов А.И.* Геология и геодинамика архейских подвижных поясов. Петрозаводск, 2008. 293 с.

*Слабунов А.И., Лобач-Жученко С.Б., Бибикина Е.В.* и др. Архей Балтийского щита: геология, геохронология, геодинамические обстановки // *Геотектоника*. 2006. № 6. С. 3–32.

*Щербак Н.П., Артеменко Г.В., Бартницкий Е.Н.* и др. Геохронологическая шкала докембрия Украинского щита. Киев: Наукова думка, 1989. 144 с.

*Эрнст Р.Е., Гамильтон М.А.* Возраст 725 млн лет (U–Pb по бадделеиту) Довыренской интрузии Сибири: корреляция с гигантской Франклинской магматической провинцией Северной Лаврентии, датированной как 723 млн лет //

*Геология полярных областей Земли*. М.: ГЕОС, 2009. Т. 2. С. 330–332.

*Эрнст Р.Е., Хейнс Дж.А., Пучков В.Н.* и др. Рекогносцировочное Ag–Ag датирование протерозойских долеритовых даек и силлов в Сибири и на Южном Урале: идентификация новых крупных магматических провинций и использование при реконструкции суперконтинента Нуна (Колумбия): Мат-лы XLI Тектонического совещ. М.: ГЕОС. 2008. Т. 2. С. 492–496.

*Ahmat A.L., Ruddock I.* Windimurra and Narndee layered complexes, in *Geology and mineral resources of Western Australia* // *Geol. Surv. of Western Australia. Mem.* 1990. Vol. 3. P. 119–126.

*Amelin Yu.V., Heaman L.M., Semenov V.S.* U–Pb geochronology of layered mafic intrusions in the eastern Baltic Shield: implications for the timing and duration of paleoproterozoic continental rifting // *Precamb. Res.* 1995. Vol. 75. P. 31–46.

*Anderson D.L.* The thermal state of the upper mantle: no role for mantle plumes // *Geophys. Res. Lett.* 2000. Vol. 27. P. 3623–3626.

*Armstrong R.A., Compston W., Retief E.A.* et al. Zircon ion microprobe studies bearing on the age and evolution of the Witwatersrand triad // *Precamb. Res.* 1991. Vol. 53, N 1. P. 243–266.

*Aspler L.B., Cousens B.L., Chiarenzelli J.R.* Griffin gabbro sills (2,11 Ga), Hurwitz Basin, Nunavut, Canada: long-distance intracratonic transport of mafic magmas in western Churchill Province crust // *Precamb. Res.* 2002. Vol. 117. P. 269–294.

*Baars F.J.* The São Francisco Craton // *Greenstone Belts*. Oxford: Clarendon Press, 1997. P. 529–557.

*Barley M.E.* Volcanic, sedimentary and tectonostratigraphic environments of the ~3,46 Ga Warrawoona megasequence // *Precamb. Res.* 1993. Vol. 60. P. 47–67.

*Barnes R.P., Rock N.M.S., Gaskarth J.W.* Late Caledonian dyke-swarms in Southern Scotland: New field, petrological and geochemical data for the Wigtown Peninsula, Galloway // *Geol. J.* 2006. Vol. 21. Iss. 2. P. 101–125.

*Barton J.M., Jr.* The Messina Layered Intrusion, Limpopo Belt, South Africa: An example of in-situ contamination of an Archean anorthosite complex by continental crust // *Precamb. Res.* 1996. Vol. 78. P. 139–150.

*Bingen B., Demaiffe D., Bremen O. van.* The 616 Ma old egersund basaltic dike swarm. SW Norway and Late Neoproterozoic opening of the Iapetus ocean // *Geol. J.* 1998. Vol. 106. P. 565–574.

*Buchan K.L., Mortensen J.K., Card K.D., Percival J.A.* Paleomagnetism and U–Pb geochronology of diabase dyke swarms of Minto block, Superior Province, Quebec, Canada // *Can. J. Earth Sci.* 1998. Vol. 3. P. 1054–1069.

*Byerly G.R., Kröner A., Lowe D.R.* et al. Prolonged magmatism and time constraints for sediment deposition in the early Archean Barberton greenstone belt: Evidence from the Upper Onverwacht and Fig Tree groups // *Precamb. Res.* 1996. Vol. 78. P. 125–138.

- Chen S.F. de, Wyche S.* Archean granite-greenstones of the central Yilgarn craton Western Australia — a field guide // Geol. Survey of W. Australia, 2001. 76 p.
- Chudy T.C., Zeh A., Gerdes A.* et al. Palaeoarchaeon (3,3 Ga) mafic magmatism and Palaeoproterozoic (2,02 Ga) amphibolite-facies metamorphism in the Central Zone of the Limpopo Belt: New geochronological, petrological and geochemical constraints from metabasic and metapelitic rocks from the Venetia area // South African J. of Geology. 2008. Vol. 111, N 4. P. 387–408.
- Coffin M.F., Eldholm O.* Large igneous provinces — Crustal structure, dimensions, and external consequences // Rev. Geophys. 1994. Vol. 32. P. 1–36.
- Coltice N.* Global warming of the mantle beneath continents back to the Archaean // Gondwana Res. 2008. (doi:10.1016/j.gr.2008.10.001).
- Coltice N., Phillip, B.R., Bertrand H.* et al. Global warming of the mantle at the origin of flood basalts over supercontinents // Geology. 2007. Vol. 35. P. 391–394.
- Corfu F., Emmet T.* Age and tectonic significance of the Leinngsmyran gabbroic Complex, Jotun Nappe, southern Norway // Norsk geologisk tidsskrift. 1992. Vol. 72. P. 369–374.
- Courtillot V.E., Renne P.R.* On the ages of flood basalt events // C. R. Geosci. 2003. Vol. 335. P. 113–140.
- Dahlgren S., Heaman L., Krogh T.* Geological evolution and U–Pb geochronology of the Proterozoic Central Telemark area // Norway. Geonytt. 1990. N 17. P. 38–39.
- Davidson A., Bremen O. van.* Baddeleyite-zircon relationships in coronitic metagabbro, Grenville Province, Ontario: implications for geochronology // Contrib. to Mineral. and Petrol. 1988. Vol. 100. P. 291–299.
- Deblond A., Punzalan L.E., Bove A., Tack L.* New constraints on the Neoproterozoic Bukoban–Malagarazi supergroup (NW Tanzania–SE Burundi) from  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  stepwise heating analyses of doleritic gabbros // Abstr. Vol. IGCP 418–419 Ann. Meeting: Zambia, Kitwe, 1999. P. 33–35.
- Dessureau G., Piper D.J.W., Pe-Pipe G.* Geochemical evolution of earliest Carboniferous continental tholeiitic basalts along a crustal-scale zhear zone, southwestern Maritimes basin, Eastern Canada // Lithos. 2000. Vol. 50. P. 27–50.
- Eriksson P.G., Kondie K.C., Westhuizen W. van der* et al. Late Archean superplume events: Kaapvaal–Pilbara perspective // J. of Geodynamics. 2002. Vol. 34. Iss. 2. P. 207–247.
- Ernst R.E.* Large igneous provinces in Canada through time and their metallogenic potential // Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods // Geol. Assoc. of Canada, Mineral Deposits Division, Spec. Publ. 2007. N 5. P. 929–937.
- Ernst R.E., Buchan K.L.* Large mafic events through time and links to mantle-plume heads // Geol. Soc. of America. Spec. Pap. 2001. Vol. 352. P. 483–566.
- Ernst R.E., Buchan K.L.* Recognizing mantle plumes // Geol. Record. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 2003. Vol. 31. P. 469–523.
- Ernst R.E., Buchan K.L., Campbell I.H.* Frontiers in Large Igneous Province research // Lithos. 2005. Vol. 79. P. 271–297.
- Ernst R.E., Wingate M.T.D., Buchan K.L., Li Z.X.* Global record of 1600–700 Ma Large Igneous Provinces (LIPs): Implications for the reconstruction of the proposed Nuna(Columbia) and Rodinia supercontinents // Precamb. Res. 2008. Vol. 160. P. 159–178.
- Ferreira-Filho C.F., Kamo S.L., Fuck R.A.* et al. Zircon and rutile U–Pb geochronology of the Niquelandia layered and ultramafic intrusion, Brazil; constraints for the timing of magmatism and high grade metamorphism // Precamb. Res. 1994. Vol. 68. P. 241–255.
- French J.E., Heaman L.M., Chacko T., Rivard B.* Global mafic magmatism and continental break up at 2, 2 Ga: evidence from the Dharwar craton, India // Geol. Soc. Amer. Abstr. 2004. Vol. 36, N 5. P. 340.
- French J.E., Heaman L.M., Chacko T., Srivastava R.K.* 1891–1883 Ma Southern Bastar–Cuddapah mafic igneous events, India: A newly recognized large igneous province // Precamb. Res. 2008. Vol. 160. Iss. 3–4. P. 308–322.
- Gladkochub D., Donskaya T.V.* et al. Mafic dyke swarms of the southern Siberian craton: New geochronological data and tectonic implications // Intern. Geol. Congr. Oslo, 2008. Abstr. MPI-04 Mafic dyke swarms: A global perspective. Pt. 1.
- Halls H.C., Kuma A., Srinivasan R., Hamilton M.A.* Paleomagnetism and U–Pb geochronology of eastern trending dykes in the Dharwar craton, India: feldspar clouding, radiating dyke swarms and position of India at 2,37 Ga // Precamb. Res. 2007. Vol. 155. P. 47–68.
- Hanley L., Wingate M.* SHRIMP zircon age for an Early Cambrian dolerite dyke: an intrusive phase of the Antrim Plateau Volcanics of northern Australia // Austr. J. Earth Sci. 2000. Vol. 47 (6). P. 1029–1040.
- Heaman L.M.* Global mafic magmatism at 2,45 Ga: Remnants of an ancient large igneous province // Geology. 1997. Vol. 25, N. 4. P. 299–302.
- He Bin, Xu Yi-Gang, Huang Xiao-Long* et al. Age and duration of the Emeishan flood volcanism, SW China: Geochemistry and SHRIMP zircon U Pb dating of silicic ignimbrites, post-volcanic Xuanwei Formation and clay tuff at the Chaotian section // Earth and Planet. Sci. Lett. 2007. Vol. 255. Iss. 3–4. P. 306–323.
- Hegner E., Kröner A., Hofman A.W.* Age and isotope geochemistry of the Archaean Pongola and Usushwana suites in Swaziland, Southern Africa: A case for crustal contamination of mantle-derived magma // Earth and Planet. Sci. Lett. 1984. Vol. 70. P. 267–279.
- Hickman A.H.* Two contrasting granite–greenstone terranes in the Pilbara Craton, Australia: evidence for vertical and horizontal tectonic regimes prior to 2900 Ma // Precamb. Res. 2004. Vol. 131. Iss. 3–4. P. 153–172.
- Higgins M.D., Bremen O. van.* Age of the Lac-Saint-Jean Anorthosite Complex and associated mafic rocks, Grenville Province, Canada // Canad. J. of Earth Sci. 1992. Vol. 29. P. 1412–1423.
- Hoatson D.M., Sun S., Claoue-Long J.C.* Proterozoic mafic-ultramafic intrusions in the Arunta Region, central Australia. Part 1: geological setting and mineral potential // Precamb. Res. 2005. Vol. 142. P. 93–133.
- Hofmann A., Wilson A.H.* Silicified Basalts, Bedded Cherts and Other Sea Floor Alteration Phenomena of the 3,4 Ga Non-dweni Greenstone Belt, South Africa // Develop. in Precamb. Geol. 2007. Vol. 15. P. 571–605.
- Isachsen C.E., Bowring S.A.* Evolution of the Slave craton // Geology. 1994. Vol. 22. P. 917–920.
- Izokh A.E., Poliakov G.V., Shelepaev R.A.* et al. Early Paleozoic Large Igneous Province of the Central Asia Mobile Belt. Intern. Symp. Large Igneous Provinces of Asia, Mantle Plumes and Metallogeny. Abstr. Novosibirsk, 13–16 August 2007.
- Jayananda M., Kano T., Peucat J.-J., Channabasappa S.* 3,35 Ga komatiite volcanism in the western Dharwar craton, southern India: Constraints from Nd isotopes and whole-rock geochemistry // Precamb. Res. 2008. Vol. 162. Iss. 1–2. P. 160–179.

- Kranendonk M.J. van, Hickman A.H., Hugh Smithies R., Nelson D.R.* Geology and Tectonic Evolution of the Archean North Pilbara Terrain, Pilbara Craton, Western Australia // *Econ. Geol.* 2002. Vol. 97, N 4. P. 695–732.
- Kranendonk M.J. van, Pirajno F.* Geochemistry of metabasalts and hydrothermal alteration zones associated with c. 3,45 Ga chert and barite deposits: implications for the geological setting of the Warrawoona Group, Pilbara Craton, Australia. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis* // *Geol. Soc. of London.* 2004. Vol. 4, N 3. P. 253–278.
- Lei J., Zhao D.* P-wave tomography and origin of the Changbai intraplate volcano in Northeast Asia // *Tectonophysics.* 2005. Vol. 397. P. 281–295.
- Lobach-Zhuchenko S. D., Arestova N.A., Chekulaev M.Z.* et al. Geochemistry and petrology of 2,40–2,45 Ga magmatic rocks in the north-western Belomorian belt, Fennoscandian Shield, Russia // *Precamb. Res.* 1998. Vol. 92. P. 223–250.
- Mazumder R., Arima M.* Implication of Mafic Magmatism in an Intracontinental Rift Setting: A Case Study from the Paleoproterozoic Dhanjori Formation, Singhbhum Crustal Province, India // *J. Geol.* 2009. Vol. 117. P. 455–466.
- McDougall I.* Geochronology and the evolution of Australia in the Mesozoic // *Austral. J. of Earth Sci.* 2008. Vol. 55. Iss. 6–7. P. 849–864.
- Meert J.G., Hargraves R.B.* et al. Paleomagnetic and Ar/Ar Studies of late Kibaran intrusives in Burundi, East Africa: implications for late proterozoic supercontinents // *J. Geol.* 1994. Vol. 102. P. 621–637.
- Mertanen S., Hotta P., Pesonen L.J., Paavola J.* Paleomagnetism of Paleoproterozoic dolerite dykes in central Finland // *Dyke swarms-time markers of crustal evolution. Finland, 2006.*
- Morimoto C., Otofujii Y.* et al. Preliminary paleomagnetic results of an Archean dolerite dyke of West Greenland: geomagnetic field intensity at 2,8 Ga // *Geophys. J. Intern.* 1997. Vol. 128. P. 585–593.
- Myers J.S., Shaw R.D., Tyler I.M.* Tectonic evolution of Proterozoic Australia // *Tectonics.* 1996. Vol. 15. P. 1431–1446.
- Nelson D.R.* Evolution of the Granite – greenstone terranes of the Eastern Goldfields, west Australia: SHRIMP U–Pb zircons constraints // *Precamb. Res.* 1997. Vol. 83. P. 57–81.
- Nutman A.P., Friend C.R.L., Bennett V.C., McGregor V.R.* Dating of the Ameralik dyke swarms of the Nuuk district, southern West Greenland: mafic intrusion events starting from c. 3510 Ma // *J. Geol. Soc.* 2004. Vol. 161. Iss. 3. P. 421–430.
- Oliveira E.P., McNaughton N., Armstrong R., Fletcher I.* U–Pb Shrimp age of the Caraiba, Medrado and S. Jose Do Jacuipé Mafic ultramafic Complexes, Paleoproterozoic Itabuna–Salvador–Curaca Orogen, Sao Francisco Craton, Brazil: IV. South American Symp. on Isotope Geol. Short Pap. Salvador, 2003. P. 752–754.
- Oliveira C.A., Neves J.M.C.* Mafic dyke swarms from Southeastern Brazil // *Fifth Intern. Dyke Conference (31.07–03.08.2005, Rovaniemi).* Abstr. 7. Finland, 2005.
- Olsson J.R., Söderlund U., Klausen M.B., Ernst R.E.* 2965 Ma and 2685 Ma U–Pb baddeleyite ages for two key dolerite dike swarms in the Kaapvaal Craton (South Africa); Plausible links to major volcanic rift forming events // *Intern. Geol. Congr. Oslo, 2008. Abstr. MPI-04 Mafic dyke swarms: A global perspective. Pt. 2. Oslo, 2008.*
- O’Neil C., Lenardic A., Moresi L.* et al. Episodic Precambrian subduction // *Earth and Planet. Sci. Lett.* 2007. Vol. 262. P. 552–562.
- Pavlov V.E., Burakov K.S., Tselmovic V.A., Zhuravle D.Z.* Paleomagnetism of sills from the Uchur-Maya region and estimation of geomagnetic field intensity in late Riphean // *Phys. Earth.* 1992. Vol. 1. P. 92–101.
- Peng Peng, Zhai Mingguo, Ernst R., Guo Jinghui A.* 1,78 Ga Large Igneous Province in the North China craton: The north China Dyke Swarm and the Xiong'er Volcanic Province // *Intern. Geol. Congr. Oslo, 2008. Abstr. MPI-04 Mafic dyke swarms: A global perspective. Pt. 2. Oslo, 2008.*
- Pinese J.P.P., Teixeira W., Piccirilli E.M.* et al. The Precambrian Lavras mafic dykes, southern São Francisco Craton, Brazil: Preliminary geochemical and geochronological results // *Physics and chemistry of dykes. Rotterdam: Balkema, 1995. P. 205–218.*
- Qian X., Chen Y.* Late Precambrian mafic dyke Swarms of the North China Craton // *Mafic dyke swarms. 1987. Geol. Ass. of Canada Spec. Pap. N 4. P. 385–391.*
- Radhakrishna T., Maluski H., Mitchell J.G., Joseph M.* <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar and K/Ar geochronology of the dykes from the south Indian granulite terrain // *Tectonophysics.* 1999. Vol. 304. P. 109–129.
- Ramakrishnan M.* Precambrian mafic magmatism in the Western Dharwar Craton, southern India // *J. Geol. Soc. of India.* 2009. Vol. 73, N 1. P. 101–116.
- Rao J.M.* The Wide Spread 2 Ga Dyke Activity in the Indian Shield -Evidences from Bundelkhand Mafic Dyke Swarm, Central India and Their Tectonic Implications // *Gondwana Res.* 2004. Vol. 7. Iss. 4. P. 1219–1228.
- Rao Y.J.B., Chetty T.R.K., Janardhan A.S., Gopalan K.* Sm–Nd and Rb–Sr ages and P–T history of the Archean Sittampundi and Bhavani layered meta-anorthosite complexes in Cauvery shear zone, South India: evidence for Neoproterozoic reworking of Archean crust // *Contrib. to Mineral. and Petrol.* 1996. Vol. 125, N 2–3. P. 237–251.
- Romer R.L., Scharer R.J., Wardle R.J., Wilton D.H.C.* U–Pb age of the Seal Lake Group, Labrador: relationship to Mesoproterozoic extension-related magmatism of Laurasia // *Can. J. Earth Sci.* 1995. Vol. 32. P. 1401–1410.
- Selbekk R.S., Skjervlie K.P.* Petrogenesis of the Anorthosite Dyke Swarm of Tromsø, North Norway: Experimental Evidence for Hydrous anatexis of an Alkaline mafic Complex // *J. of Petrology.* 2002. Vol. 43, N 6. P. 943–962.
- Soderlund U., Isachsen C.E., Bylund G.* et al. Baddeleyite U–Pb dates of Meso- and Neoproterozoic mafic dykes and sills in the Baltic Shield // *Fifth Intern. Dyke Conference 31.07–03.08.2005. Finland, Rovaniemi, 2005. Abstr. 48.*
- Svenningsen O.M.* Onset of seafloor spreading in the Iapetus ocean: Precise age of the Sarek dyke swarm, northern Swedish Caledonides // *J. of Conference Abstr. (Cambridge Publ.), Abstr. Volume of European Union of Geosciences meeting, EUG10. 1999. Vol. 4. P. 121.*
- Teixeira W., Bettencourt J.S., Rizzotto G.J.* Asthenospheric signature in the Mesoproterozoic mantle below the SW Amazonian Craton: inferences from Nd–Sr compositions of mafic dikes and tectonic setting // *Fifth Intern. Dyke Conference 31.07–03.08.2005. Finland, Rovaniemi, 2005. Abstr. 50.*
- Teixeira W., Pinese J.P.P., Iacumin V.A.* et al. Calc–Alcaline and tholeiitic dyke swarms of Tandilla Rio de la Plata craton, Argentina: U–Pb, Sm–Nd, and Rb–Sr, Ar/Ar data provide new clues for intraplate rifting shortly after the Trans-Amazonian orogeny // *Precamb. Res.* 2003. Vol. 103.
- The Paleoproterozoic Record of the Sao Francisco Craton // *IGCP 509 Field workshop, Bahia and Minas Gerais: Field Guide & Abstr.* 2006. 114 p.
- Tomlinson K.Y., Condie K.C.* Archean mantle plumes: Evidence from greenstone belt geochemistry. *Mantle Plumes:*

Their Identification through Time // Geol. Soc. Amer. 2001. Spec. Pap. N 352. P. 341–357.

*Torsvik T.H., Andersen T.B., Eide E.A., Walderhaug H.J.* The age and tectonic significance of dolerite dykes in western Norway // J. Geol. Soc. 1997. Vol. 154, N 6. P. 961–973.

*Vuollo J.* Overview—Archean and Paleoproterozoic dyke swarms in the eastern and northern Fennoscandian Shield // Intern. Geol. Congr. Oslo. 2008. Abstr. MPI-04 Mafic dyke swarms: A global perspective. Pt. 1. Oslo, 2008.

*Wilson B.M.* Permo-carboniferous magmatism and rifting in Europe. 2004. P. 498.

*Wilson J.F., Jones D.L., Kramers J.D.* Mafic dyke swarms in Zimbabwe // Mafic dykes swarms // Geol. Assoc. Canada Spec. Pap. 1987. Vol. 34. P. 433–444.

*Wingate M.T.D.* Ion microprobe baddeleyite and zircon ages for late Archean mafic dykes of the Pilbara craton, western Australia // Austral. J. of Earth Sci. 1999. Vol. 46. P. 493–500.

*Wingate M.T.D., Pirajno F., Morris P.A.* The Warakurna large igneous province: A new Mesoproterozoic large igneous province in west-central Australia // Geology. 2004. Vol. 32. P. 105–108.

*Zhao J., Mcculloch M.T.* Sm–Nd mineral isochron ages of Late Proterozoic dyke swarms in Australia: evidence for two distinctive events of mafic magmatism and crustal extension // Chemical geology. 1993. Vol. 109, N 1–4. P. 341–354.

*Ziegler P.A.* Evolution of the Arctic-North Atlantic and Western Tethys // Amer. Assoc. Pet. Geol. Mem. 1988. Vol. 43. P. 198.

Поступила в редакцию  
25.07.2009