

### ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемый вашему вниманию номер журнала „Геология и геофизика“ посвящен проблемам крупнейших магматических провинций (Large Igneous Provinces — LIP) Земли, привлекающим пристальное внимание многочисленных исследователей [1—3 и цитированные в них публикации]. В связи с этим в последнее время появилось значительное количество работ по результатам исследования данных провинций. В частности, этой тематике посвящен специальный выпуск журнала „Lithos“ за 2005 год (т. 79, № 3—4), в котором освещаются мантийные плюмы и связанные с ними физические процессы, геохимические характеристики, биологические эффекты [3]. В нем изложены материалы основных докладов конференции в Кардиффе (Уэльс), состоявшейся 11—12 сентября 2003 г. В первой статье этого спецвыпуска [4] рассматриваются основные проблемы исследования крупнейших магматических провинций Земли по следующим направлениям:

— тестирование различных типов мантийных плюмов и альтернативных гипотез происхождения LIP;

— характеристика отдельных LIP, включающая: а) исходный объем и площадь распространения экструзивных и интрузивных компонентов; б) оценку продуктивности расплавов; в) геометрию каналов; г) природу мантийного источника; д) связь с рудными месторождениями;

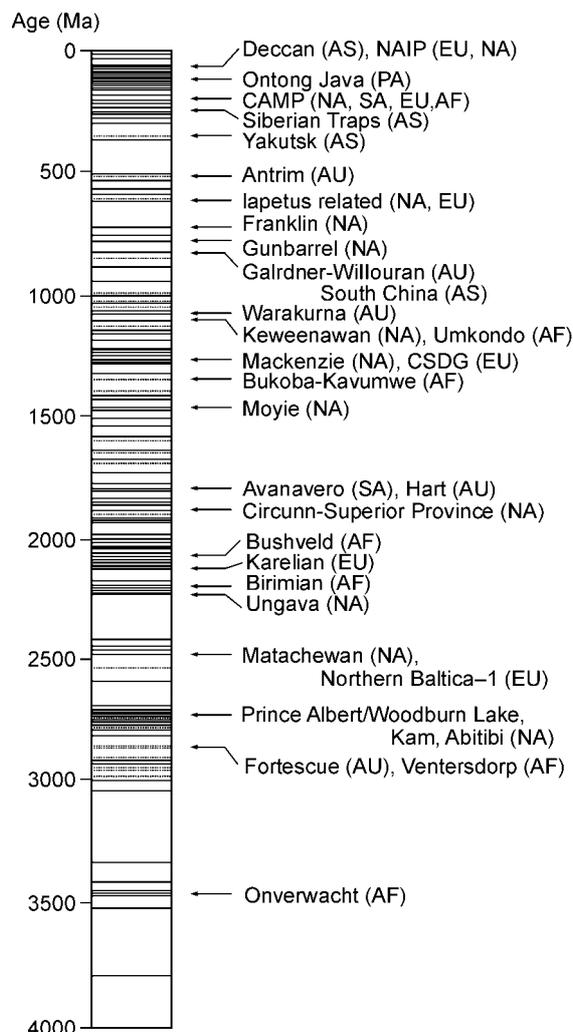
— анализ распределения LIP во времени (см. рисунок) и пространстве;

— сравнение характеристик состава, происхождения и распределения LIP на Земле с данными по планетам, где нет плитной тектоники (Венера и Марс).

Возрастное распределение (штриховой код) на рисунке иллюстрирует наличие LIP во всей геологической истории Земли и крупномасштабную их неоднородность — сгущения или редкость (порядка 400 или 800 млн лет). Правильная периодичность через 30 или 120 млн лет обнаруживается только в течение последних 800 млн лет (см. статью Н.Л. Добрецова в настоящем выпуске). Другой проблемой являются возможные биотические эффекты, в частности, связь крупнейших эпох вымирания с крупными катастрофическими магматическими излияниями или импактными ударами метеоритов.

Отмеченные проблемы обсуждались в августе 2004 г. на Международном геологическом конгрессе (Флоренция, Италия), в ходе работы которого особенности крупнейших магматических провинций рассматривались на специальной секции (Session „G10.08 — Large igneous provinces“). Расширенные варианты докладов, прозвучавших на этой секции, послужили основой для большинства статей данного номера.

В ключевом докладе Н.Л. Добрецова рассмотрен широкий круг вопросов, связанных с крупнейшими магматическими провинциями, — происхождение мантийных плюмов, периодичность мантийных процессов, связь гранитоидов и бимодальных серий с трапповым



### Возрастной спектр (штриховой код) крупнейших магматических провинций [2].

Месторасположение провинций: NA — Северная Америка, SA — Южная Америка, EU — Европа, AF — Африка, AS — Азия, AU — Австралия, PA — Тихий океан.

магматизмом. В его статье „Крупнейшие магматические провинции Азии (250 млн лет): сибирские и эмейшаньские траппы (платобазальты) и ассоциирующие гранитоиды“ приводятся результаты исследования Эмейшаньской и Сибирской трапповых провинций, свидетельствующие о глобальном распространении базальтовых серий этого возраста, гигантских объемах лав и силлов ( $\sim 16 \cdot 10^6 \text{ км}^3$ ), образовавшихся за очень короткий период основного этапа вулканизма и дающие возможность предложить модель суперплюмов. Три этапа (ранний — пикриты и щелочные базальты, основной — толеитовые платобазальты, заключительный — ультраосновные и щелочные интрузии) отражают развитие суперплюма от нескольких независимых плюмов до образования в подошве литосферы мощных линз мантийных расплавов и в конечном итоге плюмов дифференцированных мантийных расплавов. Синхронные сиенит-гранитные интрузии и бимодальные вулканические серии, широко распространенные по обрамлению сибирских траппов, формировались в результате плавления нижней коры на глубинах 65—70 км под действием плюмовых расплавов. Суперплюмы способствовали синхронизации магматических событий и периодичности геологических процессов в 30 и 120 млн лет. Схожая синхронизация глобальных геологических событий наблюдается во время активности суперплюмов 120, 250 и, возможно, 360 и 480 млн лет назад. При излиянии и внедрении  $8\text{—}16 \cdot 10^6 \text{ км}^3$  вулканического материала в течение короткого интервала в 0,6—2 млн лет могли высвободиться огромные объемы  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_2$  и HF, способные разрушить атмосферную систему, нарушить баланс бескислородной океанической воды и вызвать массовое вымирание живых организмов на границе перми и триаса.

Модельный аспект развития глобальных магматических процессов формирования крупнейших магматических провинций и на Международном геологическом конгрессе, и в спецвыпуске журнала „Lithos“ был затронут недостаточно, поэтому в данный номер журнала включена статья А.А. Кирдяшкина и др. „Гидродинамические процессы при подъеме мантийного плюма и условия формирования канала излияния“. В этой работе детально рассматриваются результаты экспериментального моделирования термохимических плюмов, формирующихся на границе ядро—мантия. С учетом результатов экспериментов проведено теоретическое моделирование подъема плюма и его выхода на поверхность. Лабораторные исследования показали, что при постоянной температуре плавления массива диаметр плюма постоянный вплоть до его прорыва на поверхность. В том случае, когда поднимающийся плюм достигает „тугоплавкого“ слоя, имеющего более высокую температуру плавления, чем нижележащий, формируется грибообразная голова плюма. В статье приводятся теоретически полученные характеристики распределения давления в поднимающемся плюме. Найдена критическая высота массива над кровлей плюма, при которой образуются каналы, по которым магма из плюма изливается на поверхность. Полученные результаты сопоставлены с имеющимися геологическими данными о глубинах, с которых возможно излияние плюма на поверхность.

В.А. Симонов с соавторами в статье „Физико-химические параметры континентальных и океанических платобазальтовых магматических систем (данные по расплавленным включениям)“ дополняют модельную статью, так как их работа основана на новых результатах исследования расплавленных включений в минералах, позволивших установить физико-химические и геохимические параметры платобазальтовых магматических систем Сибирской платформы и района плато Онтонг Джава (Тихий океан). Рассмотренные расплавы обладают повышенной железистостью, что является их отличительной особенностью по сравнению с магматизмом срединно-океанических хребтов (СОХ). Сравнительный анализ данных по включениям показал сходство континентальных и океанических платобазальтовых магматических систем, значительно отличающихся от магматизма СОХ и внутриплитных океанических островов. Кристаллизация океанических платобазальтов происходила при более низких температурах и давлениях по сравнению с параметрами на Сибирской платформе. Информации по включениям свидетельствует о значительных процессах эволюции расплавов Сибирской платформы и о. Малаита в отличие от магм бассейна Науру, обладающих более устойчивыми геохимическими параметрами. Наиболее фракционированные магмы с высокой железистостью, низкими температурами, повышенными содержаниями редких и редкоземельных элементов установлены для магматических систем о. Малаита (плато Онтонг Джава).

В работе Чжу Бин-Цюаня и других „Крупнейшая магматическая провинция Эмейшань: результат плавления примитивной мантии и субдуцированного слэба“ рассматриваются вопросы формирования магматической провинции Эмейшань. Статья основана на геохимической информации, включающей петрохимию, данные по редкоземельным элементам и различные изотопные отношения, а результаты использованы для классификации пород. С помощью разнообразных дискриминационных диаграмм установлено возможное происхождение изученных ассоциаций. В конечном итоге создана петрогенетическая модель развития рассмотренной провинции.

Родственные проблемы базальтового магматизма Вьетнама и его связи с другими крупнейшими магматическими провинциями затронуты в статье А.Э. Изоха и др. „Пермтриасовый ультрамафит-мафитовый магматизм Северного Вьетнама и Южного Китая как проявление плюмового магматизма“. В работе рассмотрены материалы по пермтриасовому магматизму Северного Вьетнама (Лаосско-Вьетнамская складчатая система) в сопоставлении с траппами Эмейшань (платформа Янцзы). Для этих районов

характерно присутствие пикритоидов, близких к коматиитам, что указывает на высокую температуру магматического очага (плюм) и высокий тепловой поток. Петрохимические и геохимические характеристики пермотриасового магматизма определяются взаимодействием глубинного мантийного плюма с блоками литосферы. Сравнительный анализ ультрамафит-мафитовых комплексов Северного Вьетнама и Южного Китая свидетельствует об активной роли в них элементов платиновой группы.

В последние годы в складчатых поясах разного возраста все больше отмечаются случаи нахождения фрагментов океанических плато. Проблемам сравнительного анализа древних структур Палеоазиатского океана с крупнейшими магматическими провинциями в современных океанических областях посвящена работа Н.Л. Добрецова и других — „Магматизм и геодинамика Палеоазиатского океана на венд-кембрийском этапе его развития“. В связи с тем, что океанические острова и поднятия в современных океанах имеют значительные размеры, не уступающие по площади и объему островным дугам, выделение и изучение подобных объектов среди структур Палеоазиатского океана приобретает большое значение. В результате исследований в Горном Алтае оказалось возможным выделить венд-раннекембрийские вулканогенно-кремнисто-карбонатно-терригенные образования палеосимаунтов. На основе проведенного сравнительного петрохимического и геохимического анализа выяснено, что по совокупности данных базальтоиды Курайского палеосимаунта (Горный Алтай) явно отличаются от пород океанических островов, имеют устойчивые различия с базальтами срединно-океанических хребтов и хорошо соответствуют платобазальтам района Онтонг Джава—Науру. Таким образом, результаты свидетельствуют о том, что Курайский палеосимаунт является фрагментом океанического плато типа современного плато Онтонг Джава в Тихом океане, сформировавшемся в венд-кембрийское время во внутриплитных областях Палеоазиатского океана.

Две статьи выпуска характеризуют докембрийские LIP. Статья Е.В. Шаркова и др. „Магматические системы раннепалеопротерозойской Балтийской крупной изверженной провинции кремнеземистой высокомагнезиальной (бонинитоподобной) серии“ посвящена исследованиям магматических систем этой (2,5—2,3 млрд лет) провинции, представленной кремнеземистой высокомагнезиальной серией лав, варьирующих по составу от низкотитанистых пикритов и базальтов через андезиты до дацитов и риолитов, а также габбро-норитовыми дайками и расслоенными мафит-ультрамафитовыми интрузивами. Результаты исследования этих объектов предполагают наличие суперплюма и его взаимодействие с утолщенной корой. Большой интерес представляют данные о составе расплавов, которые близки по своей геохимии к субдукционным магмам, но формировались во внутриплитных условиях. Установлены различные уровни активности рассмотренных магматических систем: 1) головная часть мантийных плюмов, 2) нижняя кора, 3) верхняя кора, 4) вулканические покровы на поверхности и субвулканические силлы под ними.

В статье А. де Мина и др. „Обширный позднепалеопротерозойский толеитовый магматизм кратона Сан-Франсиску в Бразилии (петролого-геохимическая характеристика и обстановки формирования)“ рассматриваются петрология, геохимия и тектоническое положение позднепалеопротерозойских (0,9—1,1 млрд лет) роев толеитовых даек в кратоне Сан-Франсиску (Бразилия). Установлено, что дайки практически не подверглись метаморфическим изменениям и сохранили магматические структуры и фазы. В результате исследований выяснено, что появление даек в северной части кратона Сан-Франсиску связано с его отделением от блока Конго в ходе начального раскола Родинии. В то же время дайковые рои в южной части кратона Сан-Франсиску могут быть интерпретированы как древняя граница между „плитами“ или „блоками“ со значительными различиями в толщине литосферы.

Проблемам периодичности глобальных процессов с формированием крупнейших магматических провинций посвящена работа Н. Маклеода „Причины массового вымирания организмов: статистическая оценка многофакторных сценариев“. Автором на основе статистической обработки геологических и палеонтологических данных с использованием метода Монте-Карло показана корреляция пиков вымирания с эпохами вулканизма и импактными событиями.

Представленные статьи достаточно полно характеризуют общие проблемы, связанные с крупнейшими магматическими провинциями в Евразии, особенно с возрастом около 250 млн лет и докембрийскими.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Coffin M.F., Eldholm O.** Large igneous provinces: crustal structures, dimensions, and external consequences // *Rev. Geophys.*, 1994, v. 32, p. 1—36.
2. **Eldholm O., Coffin M.F.** Large provinces and plate tectonics / M. Richards (Ed.). *The History and Dynamics of Global Plate Motions*, Geophysical Monograph. Washington, D.C., Amer. Geoph. Un., 2000, v. 121, p. 309—326.
3. **Lithos.** Special issue. Mantle Plumes: Physical Processes, Chemical Signatures, Biological Effects, 2005, v. 79, № 3—4.
4. **Ernst R.E., Buchan K.L., Campbell I.H.** *Frontiers in Large Igneous Province research* // *Lithos*, 2005, v. 79, p. 271—297.

*Н.Л. Добрецов, О. Элдхольм, В.А. Симонов*