

**РАННЕДОКЕМБРИЙСКИЕ АНДЕЗИТЫ ФЕННОСКАНДИНАВСКОГО ЩИТА –
ПЕТРОЛОГО-ГЕОХИМИЧЕСКИЕ И ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ****Вревский А.Б.***Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, vrev@peterlink.ru*

Происхождение и геодинамические условия формирования ювенильной континентальной коры на ранних стадиях развития Земли относится к числу наиболее актуальных проблем геологии раннего докембрия. Базальт-андезит-дацитовые ассоциации архейских зеленокаменных поясов и палеопротерозойских рифтогенных структур многими исследователями принимаются в качестве главных и, часто единственных, «индикаторных» признаков формирования раннедокембрийской континентальной литосферы в геодинамических режимах активных континентальных окраин и островных дуг. Индикаторная роль таких вулканических комплексов, в том числе Фенноскандинавского щита, основывается на схожести ряда их геохимических характеристик с фанерозойским адакитовым, баяитовым и бонинитовым вулканическим сериям [4, 5]. В то же время для раннего докембрия существование таких обстановок можно допустить только с ограничениями, обусловленными спецификой термического состояния и особенностями изотопно-геохимического состава мантии на ранних стадиях развития Земли.

В настоящее время для фанерозойской стадии развития Земли установлено, что основной объем новой континентальной коры, в виде огромных масс известково-щелочных магматических комплексов формировался в субдукционно-аккреционных конвергентных геодинамических обстановках активных окраин литосферных плит. В то же время для докембрия такие обстановки предполагаются с различного рода исключениями и особенностями, связанными со спецификой термического состояний мантии и геодинамического развития литосферы на ранних стадиях развития Земли.

В общем случае петрогенезис андезитов и их разновидностей (адакитов, баяитов, бонинитов, исландитов) сводится к достаточно тривиальной проблеме степени водонасыщенности и/или режима фугитивности кислорода базальтового или перидотитового (гарцбургитового) источника при его плавлении, что реализуется в амфибол- или магнетитсодержащей минеральной котектике кристаллизующегося первичного расплава при $P < 1$ GPa, а также гранатсодержащей котектике при $P > 1$ GPa. Геодинамическая интерпретация этих экспериментов может быть проведена в рамках двух равнозначных альтернативных моделей (а) надсубдукционное плавление «слэба» и/или «мантийного клина» или (б) дегидрационное плавление ниже- или среднекоровых амфиболитов при воздействии плюма.

Эти данные вынуждают исследователей предлагать различного рода компромиссные модели геодинамического развития литосферы в раннем докембрии, сочетающие в себе контрастные режимы «мантийно-плюмовой» и «плитной» тектоники.

В основе обеих геодинамических концепций лежат и т.н. «индикаторные магматические комплексы», которые по своим петрологическим и изотопно-геохимическим параметрам наиболее полно отражают специфику мантийно-литосферного взаимодействия. В свою очередь индикаторный характер адакитовых, баяитовых и бонинитовых вулканитов для идентификации надсубдукционного магматизма во многом базируется на индикаторных геохимических характеристиках этих образований и в частности содержании и соотношении высокочargedных некогерентных элементов Nb, Ta, Zr, Y, которые малоподвижны в водном флюиде при трансформации пород «слэба» и «мантийного клина». Одним из главных критериев для выделения адакитовых и бонинитовых серий в раннедокембрийских комплексах, в том числе и Фенноскандинавского щита, являются низкие концентрации Nb и Ta (< 1 ppm) и отрицательные аномалии этих элементов на спайдерограммах. Уже традиционно эти аномалии объясняются для первичных островодужных расплавов унаследованностью низких Ta/Nb и Nb/Th отношений из субдуцируемых океанических осадков или концентрацией Nb и Ta в реститовом рутиле или сфене при плавлении эклогитизированных (выше устойчивости плагиоклаза) пород «слэба» или «мантийного клина». Однако, подобные геохимические особенности свойственны андезитам как из палеоархейских интракратонных структур (Варавуна, кратон Пилтара), так и палеопротерозойских внутрикратон-

ных рифров (например, сумийские вулканогенные комплексы Фенноскандинавского щита). Более того, такие индикаторные «субдукционные» геохимические «метки», как отрицательные аномалии Nb и Ti, характерны для пермских трапловых базальтов (Nb = 2-15, Ti = 1000-2500).

«Индикаторный» критерий Nb и Ta аномалий для идентификации надсубдукционного петрогенезиса магматических комплексов обладает конвергентностью, так как может свидетельствовать и о «плюмовом» происхождении расплавов при плавлении мантийного перидотита в условиях высоких давлений ($P \sim 24$ GPa). В этих условиях перовскит становится главной ликвидусной фазой и, обладая высокими KD с Nb, Ta, Zr, Hf и низкими KD с легкими лантаноидами, определяет обогащение расплавов (например, коматиитовых) лантаноидами и обеднение Nb, Ta, Zr и Hf.

Неадекватность геодинамических выводов, основанных на таких индикаторных элементах, определяется и тем, что на различного рода дискриминационных диаграммах эти «индикаторные» геохимические критерии имеют большие области перекрытия (например, средняя концентрация Nb в архейских коматиитах Абитиби – 0.3-1.2 ppm, фанерозойских бонинитах – 0.5-2.17 ppm, магнезиальных андезитах энсиалических островных дуг – 4.95 ppm, и энсиматических островных дуг – 4.08 ppm, базальты островных дуг – 3.99 ppm, базальты COX – 5.04 ppm).

Результаты исследования геохимического и изотопного состава метавулканитов среднего состава неархейских зеленокаменных поясов и сумийских комплексов палеопротерозойских рифтогенных структур позволило определить ряд особенностей, которые не укладываются в рамки надсубдукционных геодинамических моделей их петрогенезиса или, по крайней мере, указывают на специфику эндогенных режимов магматизма в раннем докембрии [2, 3].

В этой связи одной из наиболее важных особенностей раннедокембрийских андезитовых метавулканитов Фенноскандинавского щита является их преимущественно мезоархейский Sm-Nd модельный возраст, который отличается от U-Pb возраста на 150-200 млн. лет для неархейских зеленокаменных поясов Фенно-Карельской и Кольского-Норвежской провинций щита и более чем на 450 млн. лет для сумийских метаандезитов (в том числе с геохимическими характеристиками типичных баяитов и высокомагнезиальных андезитов) палеопротерозойских рифтогенных структур Кольского полуострова и Центральной Карелии. В целом геохимические характеристики неархейских и палеопротерозойских метаандезитов и их Sm-Nd модельный возраст (по одностадийной и двустадийной моделям) близки, несмотря на, принципиально различные характеристики их мантийных протолитов.

Эти изотопно-геохимические особенности раннедокембрийских андезитов Фенноскандинавского щита определяют принципиальные ограничения для прямых корреляций особенностей их геохимического состава с надсубдукционной геодинамической природой, так как максимальный интервал времени между кристаллизацией базальта в зоне спрединга и его последующим плавлением в зоне субдукции, в течение которого сохраняются необходимые условия для плавления, оценивается интервалом от >5 млн. лет [6] до 30 млн. лет [7], а как показали расчеты [1], даже при пологой ($<30^\circ$) и «горячей» субдукции для начала островодужного андезитового магматизма необходимо широкое раскрытие океана и, соответственно, погружения в мантию не менее 220-300 км океанического слэба. Такие масштабы раскрытия палеоокеанов и объемы субдуцирующего вещества «слэба», не укладываются в разумные рамки палеотектонической эволюции литосферы Фенноскандинавского щита в архее и особенно в палеопротерозое.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аглонов С.В. Геодинамика. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2001. 360 с.
2. Вревский А.Б. // ДАН. 2009. Т. 429. № 6. С. 794-799.
3. Вревский А.Б. и др. // ДАН. 2010. Т. 430. № 3. (в печати).
4. Светов С.А. и др. // Геохимия. 2004. Т. 396. № 6. С. 810-814.
5. Розен О.М., Щипанский Ф.Ф., Туркина О.М. Геодинамика ранней Земли. М., 2008. 184 с.
6. Green N.L., Harry D.L. // Earth Planet. Sci. Lett. 1999. V. 171. P. 367-381.
7. Thorkelson D.J., Breitsprecher K. // Lithos. 2005. V. 79. P. 25-41.