

УДАРНЫЙ МЕТАМОРФИЗМ В ИСТОРИИ ЗЕМЛИ

Фельдман В.И.

*Московский государственный университет, геологический факультет,
Москва, feldman@geol.msu.ru*

Импактные процессы изучаются геологами всего лишь 40-50 лет, но за это время накоплен обширный фактический материал по космогенным событиям на Земле, выполнены многочисленные лабораторные эксперименты по ударному метаморфизму, проведено компьютерное моделирование различных сторон этого процесса. Это позволяет подойти к оценке роли импактных процессов в истории Земли. Для рассмотрения в докладе выбраны три аспекта этой проблемы: 1) возможное значение ударного метаморфизма на стадии образования планеты Земля и формировании земной коры; 2) роль ударов космических тел в биотических катастрофах; 3) значение космогенных процессов в возникновении месторождений полезных ископаемых.

Импактные события и образование Земли. В середине XX в. на смену ранее существовавшим представлениям пришла теория роста Земли, в соответствии с которой «основным экзогенным источником энергии и вещества... являлись падающие тела с размерами до» нескольких тысяч километров, а «формирование земных ядра и мантии протекало уже в ходе заключительных стадий роста Земли (30-100 млн. лет после образования Солнца) фактически одновременно с образованием примитивных коры, гидросферы и атмосферы. На формирование последних импактные события оказали определяющее влияние» [6]. Эти выводы носят главным образом астрофизический характер и в них слабо учитываются петрологические следствия ударных событий в процессе аккреции. Однако ещё в 1965 г. К.П. Флоренский [9] предложил гипотезу ударно-испарительной дифференциации Земли при её образовании, которая в 80^x-90^x годах была экспериментально обоснована О.И.Яковлевым [10], Л.М. Мухиным, М.В. Герасимовым и др. [7]. Как установлено, уже при скоростях соударения 1-2 км/сек в процессе аккреции начинается потеря газов и воды ударником и мишенью, а при 5 км/сек (то есть примерно при 10 % современной массы Земли) включаются процессы плавления и частичного испарения соударяющихся тел. По мере роста массы Земли скорости соударений и соответственно массы потерь вещества ударника и растущей планеты нарастают. Эксперименты показали, что при соударениях тел основного и ультраосновного состава образующийся пар резко обогащён кремнезёмом и щелочами и соответствует по составу гранитоидам. Этот пар частично уходит в космос, а частично удерживается растущей планетой, конденсируясь на её поверхности. Тем самым механизм образования земной коры высоко кремнекислого состава запускается уже в процессе аккреции.

Следовательно, импактные события на стадии аккреции Земли играли существенную роль в формировании не только массы планеты, но и её состава, определяя в значительной мере процесс её дифференциации.

Импактные события и биотические катастрофы. Стратиграфическая периодизация истории Земли построена на смене биот. При этом нередко рубежи отмечаются биотическими катастрофами [1]. Неоднократно делались попытки увязать эти эпизоды в развитии Земли с ударами из космоса. Статистическое сравнение возрастов астроблем (определённых изотопными методами с точностью не хуже, чем ± 3 млн. лет) и начал геологических веков показало [2] совпадение этих дат в пределах ошибки метода определения возраста. Однако диаметры астроблем сильно колеблются: от 3-200 км. При этом импактные образования малых диаметров, естественно, не могли породить необходимый для глобальных биотических изменений объём выбросов пара и тонкообломочного материала. Следовательно, генетическая связь между космогенными событиями и биотическими кризисами вряд ли имеет причинно-следственный характер и скорее всего является парагенетической. И тот, и другой ряды событий должны быть связаны с некой общей причиной (причинами), лежащей по всей вероятности вне Земли [3].

Роль космогенных событий в возникновении месторождений полезных ископаемых. Существует не мало месторождения рудных и нерудных полезных ископаемых, пространственно совпадающих с астроблемами. Как показывает обзор [4] эти месторождения могут быть объединены в три группы: доимпактные, синимпактные и постимпактные. В первом случае при

ударе происходит частичная переработка месторождения и нередко переотложение полезного компонента. В синимпактных месторождениях образование полезного компонента связано либо с процессом остывания и кристаллизации импактного расплава (никель в астроблеме Садбери, алмазы в астроблемах Попигай, Белилово, Пучеж-Катунки и др.), либо с автогидротермальными образованиями (в астроблемах Сильян, Декейтервилл, Пучеж-Катунки, Серпент-Маунд и др.). При этом в ходе образования и модификации импактной структуры в ней возникает градиентная термогидродинамическая зона, которая функционирует (в зависимости от величины кратера) от тысяч до миллионов лет [5, 11]. В этой зоне создаются благоприятные условия для выщелачивания химических элементов из переработанных ударной волной пород мишени [8], их переноса в гидротермальных растворах и отложения в местах разгрузки этих растворов. К постимпактной группе относятся полезные ископаемые, для которых астроблема создаёт благоприятные условия для накопления полезных компонентов. Это промышленные скопления нефти и газа (Эймс, Авак, Рэд Уинг и др.), горючих сланцев, минеральных солей, цеолитов, фосфоритов, соды, пресных и минеральных вод и т.д. Кроме того, сами импактиты (и обломочные, и расплавные) разрабатываются в качестве строительного сырья (астроблемы Рис, Рошшуар, Ильинцы и др.).

В целом следует прийти к выводу, что импактные процессы на протяжении всей геологической истории Земли играли важную роль, начиная с формирования и первичной дифференциации планеты и сопровождая её развитие на разных этапах.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексеев А.С.* Глобальные биотические кризисы и массовые вымирания в фанерозойской истории Земли. Биотические события на основных рубежах фанерозоя. М.: МГУ, 1989. С. 22-47.
2. *Афанасьев С.Л., Фельдман В.И.* Астроблемы и начала геологических веков // *Астрономический вестник*. 1996. Т. 30. № 1. С. 33-36.
3. *Баркин Ю.В.* Объяснение эндогенной активности планет и спутников и её цикличности // *Известия секции наук о Земле РАЕН*. 2002. № 9. С. 45-97.
4. *Масайтис В.Л.* Минерагенические системы импактных кратеров // *Геология рудных месторождений*. 1989. № 3. С. 3-17.
5. *Наумов М.В.* Основные закономерности постимпактного гидротермального процесса // *Астрономический вестник*. 1996. Т. 30. № 1. С. 25-32.
6. *Печерникова Г.В., Витязев А.В.* Импактиты и эволюция ранней Земли. Катастрофические воздействия космических тел. М.: ИКЦ «Академкнига», 2005. С. 251-265.
7. *Рехарский В.И., Диков Ю.П., Мухин Л.М., Герасимов М.В.* Особенности ударной дифференциации силикатного и рудного вещества протокры // *Доклады АН СССР*. 1990. Т. 313. № 5. С. 1219-1223.
8. *Фельдман В.И., Сазонова Л.В.* Изменение химического состава минералов при ударном метаморфизме. Геология, геохимия и геофизика на рубеже XX и XXI веков. М.: ООО Связь-Принт, 2002. Т. 2. С. 340-341.
9. *Флоренский К.П.* О начальном этапе дифференциации вещества Земли // *Геохимия*. 1965. № 8. С. 909-917.
10. *Яковлев О.И., Диков Ю.П., Герасимов М.В.* Роль ударно-испарительной дифференциации на стадии аккреции Земли // *Геохимия*. 2000. № 10. С. 1027-1045.
11. *Versh E. et al.* Impact induced hydrothermal system at Krdla crater: development and biological consequences // *Third International Conference on Large Meteorite Impact*. 2003. Nцrdlingen, Germany. 4120.pdf.