

А. В. Покровский, Е. В. Краснов

ЭНЕРГЕТИКА БИОСФЕРЫ И РАЗВИТИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Обсуждается значение биоаккумуляции солнечной энергии в процессе формирования и развития земной коры. Поддерживается идея о решающей роли взаимодействия энергетики Солнца и биосферы в образовании и последующей трансформации осадочной и гранитно-метаморфической оболочек Земли.

This article discusses the role of bioaccumulation of solar energy by sedimentary and metamorphic rocks. The authors corroborate the idea that the interaction between solar energy and biosphere play the decisive role in the Earth's crust formation.

Ключевые слова: геоэнергетика, фотосинтез, биоаккумуляция, седиментация, метаморфизм.

Key words: geoenergy, photosynthesis, bioaccumulation, sedimentation, metamorphism.



Проблема происхождения и эволюции земной коры издавна привлекала внимание многих выдающихся ученых, но до сих пор остается остро дискуссионной и одной из кардинальных в науках о Земле. Ее решению посвящены многочисленные гипотезы, но пока они безуспешны, хотя некоторые из них все еще претендуют на статус всеобъемлющей теории. Основные принципиальные различия заключаются в неоднозначных трактовках механизма и энергетики процессов седиментации, регионального метаморфизма и гранитоидного магматизма, обуславливающих образование специфического гранитно-метаморфического слоя. Поэтому всесторонний анализ и по возможности решение этого важнейшего вопроса представляются весьма актуальными.

Прежде всего следует иметь в виду, что горные складчатые области составляют существенную часть ландшафтной сферы внешней географической оболочки Земли. По современным представлениям [4 и др.], она характеризуется тесным взаимопроникновением и взаимодействием атмосферы, гидросферы, литосферы и биосферы в пределах от тропопаузы в атмосфере до геофизической поверхности Мохоровичича в основании земной коры и представляет собой целостную открытую физико-биогеохимическую систему с тесным взаимодействием эндогенных и экзогенных источников вещества и энергии.

Внутриземная эндогенная энергия, более половины которой приходится на радиогенное тепло ($4,26 \cdot 10^{20}$ кал/г), в основном реализуется кондуктивным тепловым потоком, почти одинаковым в океанических и континентальных областях. Он варьирует в пределах $0,7 - 2,2 \cdot 10^{-6}$ кал/см² · с (в среднем $1,05 - 10^{-6}$ кал/см² · с) и обеспечивает нормальный геотермический градиент земной коры, в среднем около 30 С/км. Стационарность теплового потока обусловлена тем, что суммарная генерация эндогенной энергии Земли, достигающая $7 \cdot 10^{27}$ эрг, компенсируется длинноволновым излучением ее поверхности ($9 \cdot 10^{27}$ эрг), которым обеспечивается лишь общий геотермический фон нашей планеты.

Поступающая в географическую оболочку солнечная энергия оценивается в $1,36 \cdot 10^{24}$ кал/год, что примерно в 4 800 раз превышает эндогенную. Только за счет эффективной солнечной радиации происходит дифференцированное нагревание земной поверхности, что обуславливает ее широтную климатическую зональность и высотную поясность; испаряется огромное количество (до 520 км³) поверхностных вод, уносящих в атмосферу $2,5 \cdot 10^{23}$ кал/год скрытой теплоты испарения, обеспечивая теплообмен между океанами и материками. Интенсивный фотосинтез определяет не только развитие биосферы, но также физическое и химическое выветривание, дезинтеграцию и денудацию коренных горных пород суши, дифференцируя снос их продуктов речным стоком в бассейны осадконакопления и другие энергоемкие процессы.

В середине XX в. Н. В. Беловым и В. И. Лебедевым [3 и др.] в СССР и В. Саулом [9] в США была предложена оригинальная гипотеза «геохимических аккумуляторов», которая заключается в том, что в продуктах выветривания коренных алюмосиликатных пород за счет перехода ионов алюминия из тетраэдрической в октаэдрическую координацию с



увеличением межатомных расстояний в кристаллических структурах аккумулируется огромное количество солнечной энергии (до 15–20 ккал/г). Они сносятся в бассейны осадконакопления, где в результате экзотермических реакций с увеличением объема пород (до 10 %) эта энергия высвобождается и приводит к появлению гранитоидного магматизма, складчатости и горообразования и в конечном счете к формированию земной коры.

Хотя указанная гипотеза подверглась критике Д. С. Коржинского [1], в дальнейшем она приобрела многих сторонников.

Значительное количество аккумулированной в процессах фотосинтеза солнечной энергии содержится в осадочных, биогенных и биогеохомогенных горных породах и минералах (нефти, угли, торф), рассеянном органическом веществе во всех осадочных толщах, перекрывающих гранитно-метаморфический слой земной коры.

Некоторые исследователи пришли к выводу, что высвобождение и активизация биогеохимической энергии происходят в основном на ранних стадиях преобразования осадков — их литофикации, диагенеза и катагенеза. По расчетам П. Ф. Швецова [8], данные процессы происходят на глубинах до 3,5 км с выделением до $1,2 \cdot 10^3$ ккал/м³ тепла, иногда с образованием положительных геотермических аномалий в нефтегазоносных бассейнах. Более глубокие процессы регионального метаморфизма и гранитообразования с внедрением гранитогнейсовых куполов осуществляются в результате подтока глубинного радиогенного тепла [5 и др.]. В связи с этим П. П. Тимофеев и А. В. Щербаков [6], внесшие особенно большой вклад в познание энергетики осадконакопления и метаморфизма, подразделили земную кору на три зоны:

- 1) седиментогенеза и гипергенеза — с преобладающим взаимодействием солнечного излучения и биосферных процессов;
- 2) диагенеза и катагенеза — переходную, с совместным влиянием экзогенной и эндогенной энергии;
- 3) регионального метаморфизма — с воздействием на процессы в земной коре внутри земной эндогенной энергии.

Биоаккумуляцию огромных количеств солнечной энергии в осадочных горных породах и минералах можно считать доказанной, но условия и механизм ее высвобождения, активизации и соотношения с эндогенной энергией требуют более глубоких исследований.

Вся совокупность геолого-петрологических, и особенно термо-баро-геохимических, данных свидетельствует также о том, что источником энергии прогрессивного регионального метаморфизма вулканогенно-осадчатых толщ, так же как и начальных стадий литофикации и диагенеза осадков, являются их собственные биогеохимические энергетические ресурсы, а также солнечная радиация. Общую последовательность и взаимосвязь всех этих процессов возможно уподобить работе своеобразной четырехтактной тепловой машины по стадиям:

- биогенного и биогеохомогенного накопления в седиментационных бассейнах осадочных толщ и минералов, обогащенных аккумулированной солнечной энергией;



- литификации, прогрессивного метаморфизма осадочных пород и их гранитизации;
- глубинной трансформации и воздымания гранитогнейсовых куполов, гранитоидного магматизма, складчатости и горообразования;
- восстановления термодинамического и изостатического равновесия с окружающей средой и денудации горно-складчатых поясов (возвращение всей системы к первоначальному состоянию).

В основе термодинамического цикла лежат поэтапное высвобождение и трансформация аккумулированной в горных породах и минералах солнечной энергии. Общее ее количество в пределах одного цикла оценим по известному уравнению состояния твердого тела

$$\left(\frac{dE}{dP}\right)_T = -T\left(\frac{dv}{dt}\right)_P - P\left(\frac{dv}{dp}\right)_T$$

141

с учетом изменений объемов пород с возрастанием температуры и давления. Объем пород при прогрессивном региональном метаморфизме не увеличивается, как ошибочно полагали В.И. Лебедев и В.М. Синицын, а уменьшается от 5 до 20 %, в среднем на 12 % от первоначального. По расчетам П.Н. Кропоткина [2], это приводит к уменьшению межатомных расстояний в кристаллических решетках минералов в среднем на 4 % и высвобождению 1 480 кал/г энергии, которая почти в 20 раз превышает среднюю удельную теплоту плавления алюмосиликатных пород (75 кал/г). По П.П. Тимофееву и А.В. Щербакову [6; 7], экзотермический эффект метаморфизма осадочных толщ в зависимости от их вещественного и гранулометрического состава варьирует в пределах 163–1 096,7 Дж/г (3,9–262,4 кал/г). Этой энергии более чем достаточно на экзотермические процессы метаморфизма и гранитоидного магматизма, а также на изменения объемов и масс пород, обуславливающих складчатости и горообразование.

В дальнейшем необходимы более конкретные исследования факторов закономерной периодичности в эволюции биосферы, осадконакопления, метаморфизме, магматизме и диастрофизме, а также в смене геодинамических обстановок. Решение этих вопросов позволит полнее раскрыть обозначенные авторами закономерности формирования земной коры и создать весомые предпосылки для разработки общей теории эволюции Земли.

Список литературы

1. Коржинский Д.С. Преувеличение солнечной энергии в энергетике земной коры // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1955. №1. С. 52–64.
2. Кропоткин П.Н. Современные геофизические данные о строении Земли и проблемы происхождения базальтовой и гранитовой магмы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1953. №1. С. 18–27.
3. Лебедев В.И. Основы энергетического анализа геохимических процессов. Л., 1957.
4. Рябчиков А.М. Структура и динамика геосферы, ее естественное развитие и изменение человеком. М., 1972.



5. Синуцын В. М. Сиаль. Историко-гипотетические аспекты. Л., 1972.
6. Тимофеев П. П., Щербаков А. В. Проблемы энергетики осадочного процесса // Литол. и полезн. ископ. 1979. №1. С. 3–22.
7. Тимофеев П. П., Щербаков А. В., Ильин А. А. Энергетика гипергенеза // Литол. и полезн. ископ. 1981. №4. С. 5–17.
8. Швецов П. Ф. Геотермические условия мезо-кайнозойских нефтяных бассейнов. М., 1974.
9. Saull V. A. Chemical energy and metamorphism // Geochim. et cosmochim. acta. 1995. Vol. 8. P. 85–107.

Об авторах

142

Альберт Викторович Покровский – д-р геол.-мин. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: phisgeo@mail.ru

Евгений Васильевич Краснов – д-р геол.-мин. наук, проф., Балтийский федеральный университет им. И. Канта, Калининград.

E-mail: ecogeography@rambler.ru

About authors

Prof. Albert Pokrovsky, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: phisgeo@mail.ru

Prof. Yevgeny Krasnov, Immanuel Kant Baltic Federal University, Kaliningrad.

E-mail: ecogeography@rambler.ru