

Е. Н. ЛЮСТИХ

**О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕОРИИ
АКАД. О. Ю. ШМИДА В ГЕОТЕКТОНИКЕ**

(Представлено академиком О. Ю. Шмидтом 20 I 1948)

Космогоническая теория акад. О. Ю. Шмидта^(1,2) открывает чрезвычайно благоприятные перспективы для построения новой геотектонической гипотезы. По теории О. Ю. Шмидта, процесс гравитационной дифференциации вещества должен идти по всему объему земного шара⁽²⁾; тем самым предполагается мощный механизм, порождающий вертикальное (а быть может, и горизонтальное) перемещение вещества в недрах Земли, которое естественно рассматривать как причину геотектонических движений. При этом отпадает ряд возражений, какие могут быть выставлены, например, против гипотезы конвекции.

Однако, прежде чем предлагать такую схему в качестве рабочей гипотезы, необходимо доказать:

- а) возможность допущения, что процесс дифференциации мог затянуться на миллиарды лет и не исчерпаться до настоящего времени;
- б) возможность предположения, что дифференциация доставляет достаточное для геотектонических процессов количество энергии.

В обоих случаях нам важен лишь возможный порядок величин в самом грубом приближении, поэтому мы ограничиваемся простейшими расчетами, сознательно идя на крайнюю схематизацию явлений.

а) По закону Стокса скорость всплывания или погружения шара в вязкой среде определяется, как известно, выражением

$$\frac{2Dgr^2}{9\eta}, \quad (1)$$

где D — разность плотностей шара и среды, g — напряжение силы тяжести, r — радиус шара и η — вязкость среды.

Теория О. Ю. Шмидта, очевидно, предполагает, что вязкость внутри Земли в прошлом не могла быть значительно меньше, чем сейчас. Для вязкости оболочки земного шара (т. е. до глубины 2900 км) в настоящее время обычно применяется значение порядка 10^{22} пуаз и во всяком случае не меньше 10^{20} пуаз^(3,4,8). Соображения о вязкости ядра (т. е. глубже 2900 км) слишком проблематичны⁽³⁾, поэтому мы проведем расчет только для оболочки.

Разность плотностей D трудно предполагать больше 3. Напряжение силы тяжести вплоть до нижней границы оболочки не очень отличается от 1000 гал⁽⁵⁾. Подставляя эти цифры в выражение (1), мы видим, что при вязкости 10^{22} пуаз легкое (тяжелое) включение, имеющее диаметр 3 км, должно всплывать (тонуть) со скоростью менее 500 км в миллиард лет. Следовательно, необходимо несколько миллиардов лет, чтобы такое включение могло пройти значительную часть тол-

щины оболочки. При диаметре 1 км включение будет иметь скорость около 50 км в миллиард лет, так что большинство таких и более мелких включений, надо полагать, все еще продолжает свой путь в оболочке Земли. Для вязкости 10^{20} пуаз то же придется сказать о включениях с диаметрами, соответственно, 300 и 100 м.

Допустимо предполагать, что большинство метеоритов имело значительно меньшие размеры. Поэтому вышеприведенные цифры, при всей их проблематичности и схематичности, дают нам право считать, что с рассмотренной точки зрения предлагаемая рабочая гипотеза не может встретить возражений. Добавим к стати, что те же цифры позволяют в развитие предлагаемой гипотезы высказать предположение, объясняющее периодичность геотектонической деятельности Земли. Возможно допустить, что движение включений (бывших метеоритов) задерживается в каком-либо особо вязком слое, где они скапливаются и постепенно сливаются, а когда достигнут достаточно крупных размеров, то быстро прорываются дальше.

б) Количество энергии ΔW , выделившееся за время существования Земли, определяется разностью энергии гравитационного поля Земли в ее современном состоянии W_2 и в ее начальном состоянии W_1 . Для простоты будем считать Землю шаром с неизменным радиусом R и массой M . Для однородной Земли мы имели бы энергию поля

$$W_0 = \frac{3}{5} f \frac{M^2}{R} = 2,24 \cdot 10^{39} \text{ эрг.}$$

Однако и в начальном состоянии вещество внутри Земли было сжато давлением. Примем для этой эпохи закон Роша (⁹), т. е.

$$D = (1 - \beta_0 x^2) \nu_0 D_0,$$

где D — плотность в данной точке, D_0 — средняя плотность земного шара, x — расстояние от центра Земли в долях радиуса, β_0 и ν_0 — постоянные. Отсюда

$$W_1 = (1 - \frac{8}{7} \beta_0 + \frac{1}{3} \beta_0^2) \nu_0^2 W_0.$$

Допустим уплотнение вещества в центре планеты в полтора раза (максимальное из принимаемых в настоящее время (^{5,6}) для ее железо-никелевого ядра). Тогда $\beta_0 = \frac{1}{3}$, $\nu_0 = \frac{5}{4}$ и

$$W_1 = \frac{775}{756} W_0 = 1,025 W_0.$$

Современное распределение плотности в земном шаре по новейшим данным сейсмологии находим в таблице, составленной Ламбертом (⁵) на основании вычислений Буллена. Цифры Ламберта хорошо аппроксимируются уравнениями:

$$D = (1 - \beta x^2) \nu D_0 \quad \text{для } x < a,$$

$$D = (1 - \alpha x) \mu D_0 \quad \text{для } a < x \leq 0,9,$$

если положить $\alpha = 0,5$, $\beta = 0,7$, $\mu D_0 = 7,8$, $\nu D_0 = 12,2$, $a = 0,545$ (радиус ядра Земли).

Для простоты экстраполируем последнее уравнение до $x = 1$ и, чтобы сохранить при этом M , уменьшим коэффициенты μ и ν на $1,4^{0/0}$, т. е. положим $\mu = 1,39$, $\nu = 2,18$.

Нетрудно вывести, что в таком случае

$$W_2 = \left[\left(1 - \frac{35}{24} \alpha + \frac{15}{28} \alpha^2 - \frac{5}{2} \alpha^3 + \frac{5}{3} \alpha \alpha^3 + \frac{15}{8} \alpha \alpha^4 - \frac{5}{4} \alpha^2 \alpha^4 + \frac{3}{2} \alpha^5 - \right. \right. \\ \left. \left. - \frac{25}{12} \alpha \alpha^6 + \frac{5}{7} \alpha^2 \alpha^7 \right) \mu^2 + \right. \\ \left. + \left(\frac{5}{2} \alpha^3 - \frac{5}{3} \alpha \alpha^3 - \frac{5}{2} \alpha^5 - \frac{3}{2} \beta \alpha^5 + \alpha \beta \alpha^5 + \frac{5}{3} \alpha \alpha^6 + \frac{3}{2} \beta \alpha^7 - \alpha \beta \alpha^8 \right) \mu \nu + \right. \\ \left. + \left(\alpha^5 - \frac{8}{7} \beta \alpha^7 + \frac{1}{3} \beta^2 \alpha^9 \right) \nu^2 \right] W_0 = 1,094 W_0.$$

Следовательно, $\Delta W = 0,069 W_0 = 1,5 \cdot 10^{38}$ эрг.

К тому же результату приводит и гораздо более грубый расчет, полагая вначале Землю однородной, а в конце — разделенной на однородную оболочку и однородное ядро, и принимая для последнего круглым счетом плотность 10.

Полученная цифра энергии дифференциации достаточно велика. Если предположить, что за последние два с половиной миллиарда лет выделилось только 10% этой энергии, то мы будем иметь в среднем $6 \cdot 10^{27}$ эрг в год. Эта величина равна годовой потере тепла земным шаром⁽⁷⁾ и, следовательно, по общепринятому мнению, близка к величине энергии, выделяемой всеми радиоактивными веществами Земли. Она в 2000 раз больше, чем средняя годовая энергия всех землетрясений земного шара⁽¹⁰⁾.

Таким образом, и с точки зрения возможных энергетических ресурсов наша гипотеза не встречает непосредственных возражений. Добавим к тому же, что в нашей схеме, предусматривающей непосредственный переход потенциальной энергии в кинетическую, гораздо легче допустить высокий коэффициент полезного действия, чем в схемах других гипотез, предполагающих переход тепловой энергии в механическую.

В заключение подчеркиваем еще раз, что мы смотрим на предлагаемую схему только как на одну из возможных рабочих гипотез, которой, наравне с другими, предстоит еще пройти суровую проверку с точки зрения соответствия закономерностям, установленным геологией и геофизикой.

Лаборатория тектонофизики
Геофизического института
Академии Наук СССР

Поступило
7 I 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ О. Ю. Шмидт, ДАН, 45, № 6 (1944). ² О. Ю. Шмидт, Изв. Всесоюз. географ. об-ва, 79, 3 (1947). ³ В. Gutenberg, Internal Constitution of the Earth, N. Y. and L., 1939, p. 379. ⁴ В. Gutenberg, *ibid.*, p. 388. ⁵ W. D. Lambert, *ibid.*, p. 341. ⁶ H. S. Washington, *ibid.*, p. 105. ⁷ В. Gutenberg, *ibid.*, p. 155. ⁸ П. Н. Тверской, Курс геофизики, 4-е изд., Л.—М., 1939. ⁹ О. Д. Хвольсон, Курс физики, 1, Л.—М., 1933. ¹⁰ В. Gutenberg and C. F. Richter, Seismicity of the Earth, Washington, 1941.