

М. П. ВОЛАРОВИЧ и А. А. ЛЕОНТЬЕВА

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТИ МЕТЕОРИТОВ

(Представлено академиком В. И. Вернадским 11 II 1939)

В связи с нашими предыдущими работами по исследованию вязкости расплавленных стекол⁽¹⁾, шлаков⁽²⁾ и горных пород⁽³⁾ нам представлялось интересным произвести измерения вязкости метеоритов с целью выяснения некоторых особенностей их структуры и условий их образования.

Из числа метеоритов, полученных из метеоритного собрания Академии Наук СССР, нами были изучены в лаборатории Петрографического сектора Института геологических наук Академии Наук СССР следующие образцы: тектиты из Индокитая—индошиниты⁽⁴⁾, молдавиты⁽⁵⁾—и каменный метеорит Саратов (падение 1918 г.).

До измерения вязкости определялась предварительно температура начала размягчения метеоритов, причем для индошинита она установлена около 1070°, а для молдавитов—1100°. Последняя оказалась значительно ниже, чем у Зюсса⁽⁵⁾, который считал, что при 1250° молдавиты еще не начинают размягчаться. Если выдерживать тектиты при 1400° в течение часа, они сплавляются в однородную массу без пузырьков, которая застывает в стекло того же цвета, что и исходные образцы.

Для измерения вязкости тектитов в интервале размягчения мы в основном пользовались тем же методом растяжения стержня под нагрузкой, который ранее применяли для исследования кварцевого стекла⁽⁶⁾, а также обсидианов⁽⁷⁾. Из тектитов вырезали призму размером 3.0 × 0.6 × 0.6 см, причем в середине призма сошлифовывалась на длине 0.6—0.7 см так, что ее сечение было 0.3 × 0.3 см. Призма располагалась вертикально с помощью специального зажима в вертикальной трубчатой электропечи. На нижний конец подвешивался груз P , и посредством катетометра определялась скорость растяжения v образца при постоянной температуре под действием определенной нагрузки. Вычисление вязкости в абсолютных единицах—в пуазах—производилось по формуле⁽⁸⁾: $\eta = \frac{P \cdot l}{s \cdot v}$, где l —длина средней узкой части образца в см, s —площадь поперечного сечения в см². При вычислениях учитывается, что длина l в течение опыта постепенно увеличивается, а поперечное сечение уменьшается.

Для исследования вязкости метеоритов в расплавленном состоянии мы применяли метод падения шара по Стоксу, которым мы ранее пользовались для измерения вязкости борного ангидрида и системы SiO₂—B₂O₃. Впервые этот метод при высоких температурах применял Б. В. Дерягин⁽⁹⁾.

Метеориты расплавлялись в корундовом тигле емкостью 20 см³ и выдерживались в течение часа при 1400° для удаления пузырьков. Затем в расплав бросали платиновый шарик диаметром 2—2.5 мм, по истечении 30—40 минут тигель быстро вынимали из печи и подвергали закалке. Разбивая тигель, можно было определить расстояние, на которое упал шарик, вычислить скорость его падения и по формуле Стокса рассчитать вязкость. Плотность метеоритов определена при комнатной температуре, а именно: для индошинита—2.309 г/см³, для молдавита—2.387 г/см³ и для метеорита Саратов—1.516 г/см³ (для последнего после переплавки), и для подстановки в формулу Стокса делалась приближенно поправка на основании данных о плотности других силикатных расплавов при высоких температурах (10). Таким образом при 1400° принято для индошинита $d = 2.054$ г/см³, для молдавита $d = 2.1$ г/см³, а для метеорита Саратов $d = 1.35$ г/см³.

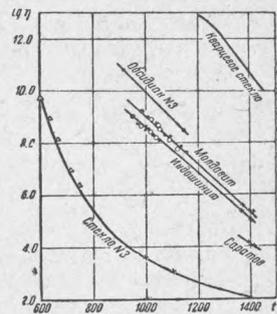
Для метеорита Саратов была измерена вязкость силикатной части, для чего он мелко раздроблялся, и сильным магнитом из него удалялось металлическое железо. Эта часть метеорита начинает плавиться лишь при температуре около 1320°.

Полученные результаты изображены графически на фигуре, где по оси абсцисс отложена температура, а по оси ординат—логарифм вязкости; кружками изображены данные, полученные по методу растяжения стержня, а точками—повторные результаты измерений. Крестиками отмечены цифры, полученные по методу падения шара. Как видно, путем интерполяции оказывается возможным соединить точки, полученные для тектитов двумя различными методами, одной общей кривой, которая близка к прямой линии. При этом графики идут вполне закономерно.

Измерения для индошинита охватили область температур от 950 до 1400°, причем вязкость соответственно равна $1.06 \cdot 10^9$ и $1.22 \cdot 10^5$ пуазов; для молдавита интервал температур составляет 980—1410°, а вязкость равна соответственно $1.7 \cdot 10^9$ и $2.3 \cdot 10^5$ пуазов. Метеорит Саратов удалось измерить только в области температур 1390—1410°, при этом вязкость равна $1.48 \cdot 10^4$ и $1.15 \cdot 10^4$.

На фигуре помещены для сравнения кривые температурной зависимости вязкости кварцевого стекла и обсидиана № 3 по нашим старым измерениям (6,7). Кривая для обычного стекла проведена по данным Проктора и Дугласа (11), совпавшим с результатами измерений М. Воляровича и Д. Толстого (12), выполненных по методу вращающегося цилиндра. Данные по вязкости этого же стекла, полученные нами по методу растяжения стержня, нанесены на эту диаграмму треугольниками, а измерения, произведенные методом Стокса, нанесены крестиками. Как видно, точность наших методов оказывается достаточно удовлетворительной.

Из фигуры видно, что кривые метеоритов расположились в середине между кварцевым и обычным стеклом. Это объясняется химическим составом. Вязкость расплавленных силикатов определяется в первую очередь содержанием в них SiO₂, отчего кварцевое стекло с содержанием кремнекислоты 99.9% оказывается в 100 000 раз более вязким, чем тектиты, содержащие около 70—80% SiO₂. Роль других окислов в основном сводится к тому, что Al₂O₃ повышает вязкость, а щелочи, наоборот, понижают. Вследствие этого обычное стекло, заключающее в себе около 20% Na₂O, оказывается в 10 000 раз менее вязким, чем тектиты, несмотря на то, что содержание SiO₂ в нем также около 72%. Обсидиан же обнаруживает



вязкость несколько большую, чем тектиты, вследствие того, что он содержит на 2% больше Al_2O_3 . Вязкость метеорита Саратов весьма велика, хотя он заключает всего лишь 44% SiO_2 , по причине того, что в нем имеется очень большое количество MgO .

При сравнении данных по вязкости метеоритов с результатами, известными для горных пород, выяснилось, что метеориты не укладываются в ту закономерность, которую мы с Л. И. Корчемкиным⁽¹³⁾ ранее установили для зависимости вязкости горных пород от их коэффициента кислотности α по акад. Ф. Ю. Левинсон-Лессингу. Это обусловлено космическим происхождением метеоритов.

Против земного происхождения тектитов говорит также их большая вязкость, вследствие которой не могли бы выйти наружу все пузырьки газов при их сплавлении. Нам представляется однако, что окончательно вопрос о происхождении тектитов могли бы решить только опыты по синтезу метеоритов в условиях огромных температур и давлений, которые можно было бы осуществить в установке типа Рамзауэра⁽¹⁴⁾.

Поступило
11 II 1939.

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ М. П. Воларович, Ж. пр. физ., **5**, 185 (1928); **6**, 1 (1929). ² М. П. Воларович, Журн. физ. хим., **4**, 807 (1933); М. П. Воларович и Л. И. Зверев, ДОМЕЗ, № 5, 22 (1934). ³ М. П. Воларович, ДАН, № 9, 561 (1934); М. П. Воларович, Д. М. Толстой и Л. И. Корчемкин, ДАН, I, 321 (1936); М. П. Воларович и Р. С. Фридман, Труды ПЕТРИН, вып. 13, 197 (1938). ⁴ A. Lacroix, C. R., **188**, 117 (1929); Arch. du Muséum d'histoire natur., série 6, XII, 151 (1935). ⁵ F. E. Suess, Herkunft der Moldavite und verwandter Gläser, Wien (1900); Mitt. der Geolog. Ges., Wien, **25**, 115 (1932). ⁶ М. П. Воларович и А. А. Леонтьева, Журн. физ. хим., **8**, 335 (1936); Journ. Soc. Glass Techn., **20**, 439 (1936). ⁷ М. П. Воларович и А. А. Леонтьева, ДАН, XVII, 419 (1937); А. А. Леонтьева, Труды ИГН, вып. 5, Петрограф. серия, № 4, 35 (1938). ⁸ S. English, Journ. Soc. Glass Techn., **7**, 25 (1923). ⁹ Б. В. Дерягин и Я. М. Хананов, Журн. пр. физ., **5**, 193 (1928); **6**, 78 (1929); В. Derjaguine et M. Wolargowitsch, Journ. chim. phys., **31**, 33 (1934). ¹⁰ A. Day, R. Sosmana, J. Hostetter, Am. Journ. of Sci. (4), **37**, 1 (1914); М. П. Воларович, Изв. Акад. Наук СССР, № 5, 663 (1933); Acta physico-chimica USSR, **2**, 695 (1935); А. А. Леонтьева, «Мин. сырье», № 5, 48 (1936). ¹¹ R. F. Proctor a. R. W. Douglas, Proc. Phys. Soc., **41**, pt. 5, 500 (1929). ¹² М. П. Воларович и Д. М. Толстой, Изв. Акад. Наук СССР, № 9, 897 (1930). ¹³ М. П. Воларович и Л. И. Корчемкин, ДАН, XVII, 413 (1937). ¹⁴ C. Ramsauer, Phys. ZS., **34**, 89 (1933).