

# Глубины Земли: строение и тектоника мантии

Академик Ю.М.Пущаровский

Геологический институт РАН  
Москва

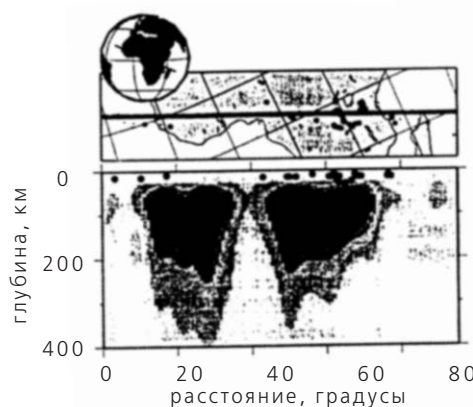
**М**антия — область Земли, расположенная между ядром и земной корой. Толщина земной коры в разных местах неодинаковая — от нескольких километров под океанами до 60 км под некоторыми горными сооружениями на континентах. Мантия простирается на глубину 2900 км, радиус ядра составляет 3470 км. Строение и геодинамические особенности глубин Земли постоянно обсуждаются на страницах научной и научно-популярной литературы. Выводы о строении мантийных геосфер основываются главным образом на данных сейсмической томографии и экспериментов по минеральным преобразованиям в условиях высоких давлений. Сейсмическая томография (послойная реконструкция) фиксирует изменения в скоростях сейсмических волн, вызванных землетрясениями, и обнаруживает значительную неоднородность глубин. Это хорошо видно на разрезе верхней мантии в 400 км, который начинается в Центральной Атлантике, пересекает Африку и доходит до центральной части Индийского океана [1]. Отклонения скоро-

стей поперечных волн от средних значений варьируют в пределах 6%. Очень резко выделяются два максимума, соответствующие Западной и Восточной Африке. «Корни» их лежат на глубинах 400 км. Они отвечают массивам древнейших кристаллических пород, слагающих континент. Зона раздела лежит на продолжении огромного океанского разлома Романш, который разграничивает структурно- и историко-геологически очень разные Южную и Центральную Атлантику.

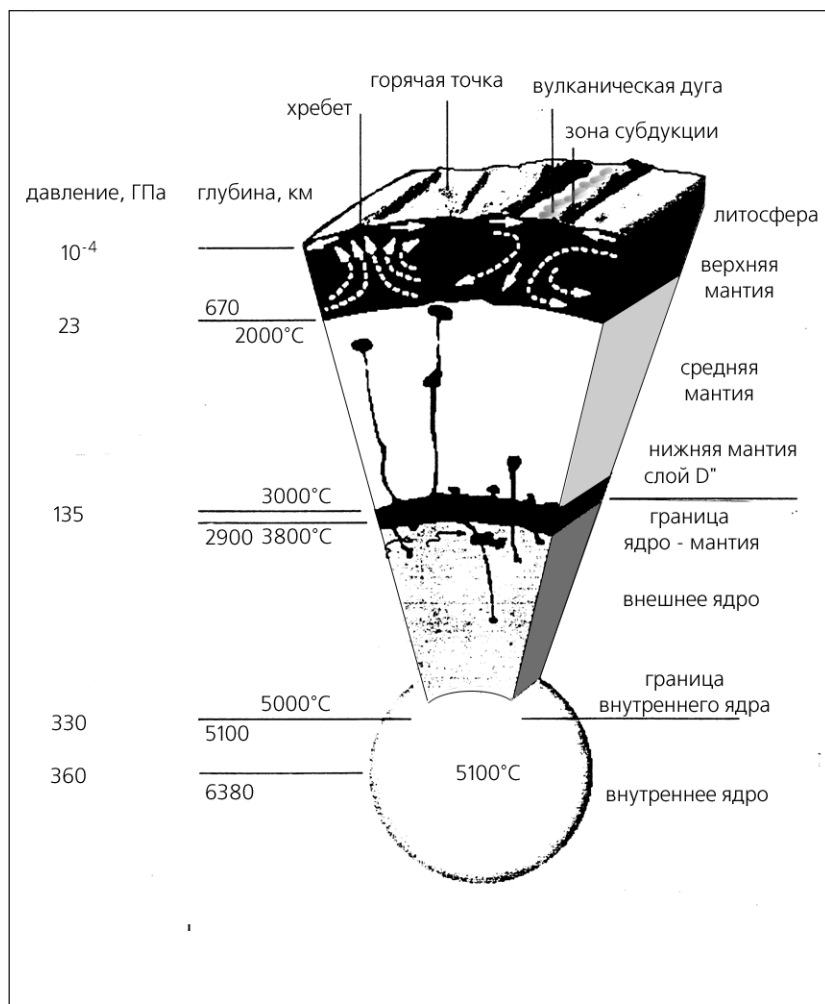
Но контрастные неоднородности прослеживаются и во всей остальной части мантии, подчеркивая ее очень сложную структуру. Тем не ме-

нее до последнего времени принимается деление лишь на верхнюю и нижнюю мантии [2].

Как бы ни были многообразны мантийные неоднородности по конфигурации, размерам и величине аномалий, их можно группировать. При этом выявляются центры глобального и регионального значения. Если дополнительно использовать данные о сейсмических границах и минеральных преобразованиях на разных глубинах, то открывается возможность существенно более дробного расчленения мантии — на шесть геосфер [3, 4]. Верхняя мантия разделяется на верхнюю и нижнюю на уровне 410 км.



*Сейсмограмма верхних геосфер через Африку и сопредельные области Атлантического и Индийского океанов [1]. Показаны ареалы высокоскоростных сейсмоаномалий, черными кружками отмечены гипоцентры землетрясений.*



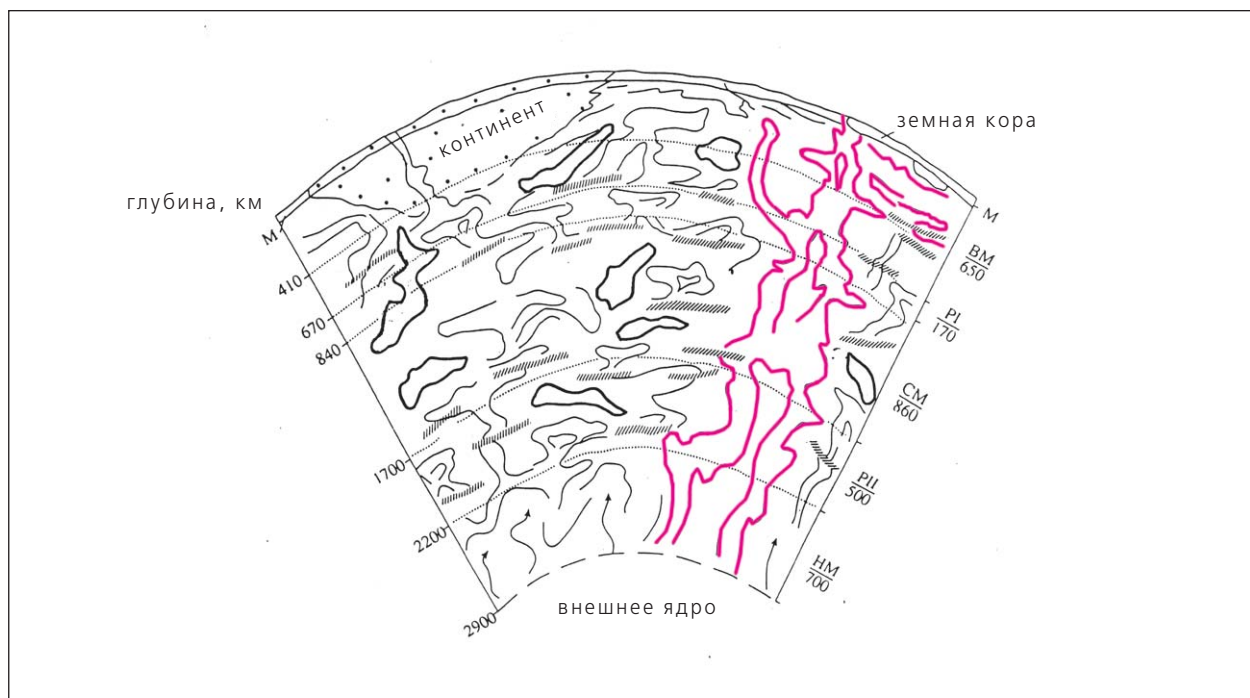
Схематический разрез Земли [2]. На рисунке представлены современные данные об изменении с глубиной давления и температуры. Белые стрелки показывают направление конвективных потоков в верхней мантии. Черные субвертикальные «стебли» отмечают разогретые струи глубинного материала.

Нижняя геосфера простирается до глубины 670 км. Далее уровни даются более условно, местами возможны отклонения до 10%. Между глубинами 840—1700 км располагается средняя мантия со специфическими ареалами неоднородностей. Границей с верхней мантией служит зона раздела (I) в 170 км, отличающаяся более сложным распределением аномальных полей. За средней мантией, после разделитель-

ной зоны (II) толщиной ~500 км, лежит собственно нижняя мантия. Последняя близ ядра сильно разогрета. Это так называемый слой D''. Таким образом, толщина нижней мантии не 2230 км, как обычно принимается, а лишь 700 км.

Вопрос состоит в том, чем вызваны сейсмические аномалии? Широко распространено мнение, что вся мантия, лежащая ниже 670 км, представляет собой некую гомогенную,

инертную с геодинамической точки зрения оболочку, пронизанную лишь местами поднимающимися из слоя D'' тепло- и массопотоками. Но это не может объяснить пеструю картину сейсмических неоднородностей, существенно изменчивую как по вертикали, так и по латерали. В их образовании следует видеть участие по крайней мере трех факторов: температурного (горячий материал — скорости сейсмоволн ниже, менее разогретый — выше); вещественного (разница в составе мантийного материала) и тектонического, который, к сожалению, пока практически не учитывается. Многие исследователи сходятся в том, что в глубокой мантии (как и в верхней) происходит конвективное движение материала. Анализируя данную проблему, я пришел к заключению, что мантийные конвективные ячеи разномасштабны, неодинаковы по интенсивности, распространены нерегулярно и возникают на разных глубинных уровнях. В этих условиях в мантии обязательно создаются контрастные геодинамические обстановки (имеются в виду поля напряжений и силовые поля), порождающие движение материала, которое есть не что иное, как тектоническое движение. Формой его выражения преимущественно будут латеральные срывы (влияние вращения Земли, грибообразная форма конвективных ячеек, вытянутых в субширотном направлении), вызывающие проскальзывание и скучивание (нагнетание) масс в одних местах и их рассредоточение в других. В верхних геосферах такое явление описывается ныне общепризнанной теорией тектонической расслоенности литосферы. Области скучивания в волновой картине дают повышенные значения скоростей сейсмических волн, области рассредоточения — пони-



Принципиальная схема конвективного движения мантийных масс. Цветом показан сквозьмантийный плюм. Субгоризонтальные линии со штрихами — зоны тектонического течения или срыва, по ним может происходить скупивание масс, сопровождаемое выделением энергии, местами достаточной для образования внутригеосферных локальных конвективных потоков. Жирными линиями оконтурены вовлеченные в нисходящие мантийные потоки массы верхних геосфер, скорость прохождения сейсмических волн в которых наиболее высока. М — поверхность Мохоровичича, ВМ — верхняя мантия, Р1 — зона раздела 1, СМ — средняя мантия, Р2 — зона раздела 2, НМ — нижняя мантия. Числа в знаменателе — мощность геосфер в км ( $\pm 10\%$ ). Стрелки отражают зону влияния ядра в нижней мантии (слой D'').

женные. С точки зрения геомеханики вполне очевидно, что в процессе тектонического движения масс могут возникнуть по срывам закрытые термические условия, которые в порядке обратной связи в свою очередь могут привести к возникновению новообразованной конвективной ячейки с возможной последующей тектонической деформацией.

Итак, все геосферы мантии Земли тектонически активны. Это означает, что тектоно сфе-

ра не ограничивается литосферой или верхней мантией, как принято думать, а простирается вплоть до земного ядра, охватывая мантию в ее полном объеме.

\* \* \*

О дальнейшем пути углубления знаний в отношении строения мантии Земли и присутствующих ей геодинамических обстановок и тектонических процессов можно сказать следующее. Широкое поле для со-

ответствующего моделирования открывает трехмерное изображение сейсмотомографических неоднородностей. Ознакомление с первыми опытами подобных изображений говорит об исключительно сложном распределении неоднородностей в мантийных геосферах — их размещении, формах, размерах, интенсивности проявления. Пока что имеющийся фактический материал ограничен, но темпы работ в этом направлении растут очень быстро. ■

## Литература

1. Ritsema J., Heijet H.van // *Geology*. 2000. V.28. №1. P.63—66.
2. Montagner J.-P. // *Geochronique*. 2000. №74. P.12—19.
3. Пуцаровский Ю.М., Пуцаровский Д.Ю. // *Геотектоника*. 1999. №1. С.3—14.
4. Пуцаровский Ю.М. Нелинейная геодинамика // *Природа*. 1998. №6. С.12—18.