

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ОТДЕЛЕНИЕ НАУК О ЗЕМЛЕ
МЕЖВЕДОМСТВЕННЫЙ ТЕКТОНИЧЕСКИЙ КОМИТЕТ
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ РАН
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. М.В.ЛОМОНОСОВА
ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ
ФЦП «ИНТЕГРАЦИЯ»

Области активного тектоногенеза в современной и древней истории Земли

**Материалы
XXXIX Тектонического совещания**

Том 2

Москва
ГЕОС
2006

Тектоническая природа аномалий глубины «свободной поверхности мантии» активных окраин (на примере Охотоморского региона)

«Свободной поверхностью мантии» (далее – СПМ) называется гипотетическая поверхность твердой Земли, образуемая мантией при изостатическом снятии с неё нагрузки земной коры (включая водный слой). Реально на Земле такую поверхность мы наблюдать нигде не можем, но её можно рассчитать, используя закон Архимеда. Аномальное положение СПМ в каком-либо регионе показывает нам, что данный регион может быть либо изостатически нескомпенсирован, либо имеет плотностные неоднородности в мантии выше уровня изостатической компенсации. Степень изостатической нескомпенсированности можно оценить по изостатическим аномалиям гравитационного поля (Кабан, 1988г.). Если они показывают, что изостатическое положение региона не нарушено, то по аномалии СПМ мы можем определить величину общего уплотнения или разуплотнения в мантии.

Наибольшие изменения плотности в верхней мантии происходят под действием температуры, что отражается в наблюдаемой зависимости глубины СПМ от мантийного теплового потока. Тесная связь СПМ с наблюдаемым тепловым потоком позволяет нам исключать из рассчитываемых значений СПМ влияние температурных изменений, вызванных процессом охлаждения верхней мантии, и выделять тем самым аномалии плотности мантии, обусловленные другими причинами.

В глубоководных котловинах окраинных морей Азиатско-Тихоокеанской окраины выделяются аномалии СПМ, не связанные с охлаждением мантии. Так, по расчетам Т.Ватанабе с соавторами (Watanabe et al., 1977 year), глубина СПМ в этих структурах всегда больше, чем в океане примерно на 1 км при одинаковых величинах теплового потока. Эти аномалии проявляются даже в глубине морского дна, что было отмечено Д.Хэйсом (1984). Они говорят о крупном изостатически скомпенсированном уплотнении в верхней мантии.

В настоящее время нет обоснованного объяснения существования данного уплотнения, его природы и глубинного расположения. Для поиска решения всех вопросов, связанных с этим уплотнением, автор провел расчеты площадного распределения аномалий глубины СПМ в Охо-

¹ Институт морской геологии и геофизики (ИМГиГ) ДВО РАН, Южно-Сахалинск, Россия

томорском регионе, включающем глубоководные и мелководные окраинные бассейны, прилегающую часть Азиатского континента, континентальную и островную вулканические дуги, глубоководный желоб. Результаты проведенных расчетов показали следующее.

По всей акватории Охотского моря наблюдается общий фон аномального углубления примерно на 0,5 км. На этом фоне выделяются области увеличенных до +1,5 км и уменьшенных до -0,5 км глубин. Крупные зоны аномального углубления СПМ (до 1 км и более) наблюдаются в глубоководных впадинах Дерюгина, ТИНРО, в Голыгинском прогибе, в районе поднятия Полевого. Увеличена глубина СПМ также в зоне, приуроченной к северо-восточному побережью о-ва Хоккайдо. В Татарском проливе отмечается область углубления СПМ с тенденцией увеличения к югу, где она становится более 1,5 км. Отмечается также продолжение этой аномалии на север – в Сахалинский залив.

Все зоны увеличенной глубины СПМ приурочены к депрессиям в рельефе дна, имеющим, как правило, повышенный тепловой поток. В изостатических аномалиях гравитационного поля они выражаются по-разному. Так, впадина Дерюгина и её продолжение на юг характеризуются пониженным полем изостатических аномалий до -10 мГал. Менее выраженное понижение отмечается в Татарском проливе. Зоны прогибов Голыгинского и ТИНРО, напротив, характеризуются повышенным фоном изостатических аномалий до +40 мГал и более.

Зоны подъёма глубин СПМ отмечаются вдоль северного и северо-восточного побережья Охотского моря, в северо-восточной части о-ва Сахалин, в пограничной зоне между впадиной ТИНРО и Центрально-Охотским поднятием, вдоль северной границы Южно-Охотской впадины, захватывая поднятия Академии наук и Института океанологии. Кроме того, на юге о-ва Сахалин выделяются две зоны уменьшенных глубин СПМ: западная оконтуривает п-ов Крильонский и уходит на юг вплоть до о-ва Хоккайдо; восточная захватывает Тонино-Анивский полуостров и простирается от него на юго-восток к Южно-Охотской впадине.

Все отрицательные аномалии СПМ расположены на континентальной или субконтинентальной коре и приурочены к зонам пониженного теплового потока. Кроме того, большинство из них соседствует с глубоководными впадинами. В изостатических аномалиях они также отражаются по-разному. Прибрежные зоны Азиатского материка и северо-востока о-ва Сахалин с отрицательными аномалиями глубины СПМ попадают в области повышенных изостатических аномалий. Зоны, расположенные близ впадин ТИНРО и Южно-Охотской, – напротив, характеризуются пониженными значениями гравитационного поля.

Корреляция региональных аномалий со структурами, выраженными в рельефе дна (поднятия и впадины), говорит о возможной связи этих аномалий с процессом сокращения мощности коры, предполагаемым в окраинных морях. Однако общей зависимости аномалий СПМ от мощности коры по всей акватории Охотского моря не наблюдается. Отсутствие дан-

ной зависимости говорит о том, что процесс деструкции континентальной коры Охотском море не привёл к появлению устойчивых аномалий плотности в литосферной мантии. В то же время, в изостатических аномалиях гравитационного поля проявляется явная зависимость от мощности коры, которая выражается в их понижении с уменьшением мощности коры до отметки 19 км с последующим восстановлением уровня в коре субокеанической мощности. Такое поведение гравитационного поля указывает на слабое нарушение изостазии, вызванное, по-видимому, растяжением коры: чем меньше мощность коры, тем она сильнее подвергнута растяжению. Растяжение коры, в свою очередь, способствует развитию процесса деструкции коры. Наблюдаемые региональные аномалии СПМ во впадинах можно объяснить неравномерным прогревом литосферы, вызванным подходом диапира к ее подошве, проникновением флюидов и магматических тел в кору. Эти процессы, по-видимому, и приводят, в конечном итоге к сокращению мощности коры.

Повсеместное углубление СПМ, наблюдаемое в Охотском море, указывает на наличие изостатически скомпенсированного уплотнения, распространяющегося на всё окраинное море и, возможно, выходящего за его пределы. Его происхождение может быть связано с глубинными плотностными неоднородностями, возникающими в процессе конвективных течений верхней мантии, одним из проявлений которого является субдукция Тихоокеанской плиты. Чтобы проверить это предположение, была исследована зависимость аномалий СПМ и изостатических от расстояния до оси желоба в Охотоморском регионе. Эта зависимость показала «прогибание» среднего уровня аномалий СПМ с максимумом около 0,5 км на расстоянии 600–700 км от оси желоба. Изостатические аномалии, напротив, характеризуются нарастанием среднего уровня с максимумом около +20 мГал на той же отметке расстояния до желоба. При этом хорошо видно, что обе аномалии продолжают на океанической стороне от желоба.

Учитывая явную корреляцию в поведении аномалий СПМ и изостатических, можно предположить, что они образуются под влиянием одного уплотнённого, частично некомпенсированного протяжённого блока в верхней мантии. При этом аномалии СПМ указывают на скомпенсированную часть его массы, а изостатические – на некомпенсированную. Это предположение позволяет нам оценить размер аномального блока.

Предположим, плотность в данном аномальном блоке увеличена на $+0,02 \text{ г/см}^3$. Тогда его скомпенсированная часть, вызвавшая углубление СПМ на 0,5 км, составляет 82,5 км мощности, а некомпенсированная, проявившаяся в изостатической аномалии +20 мГал, составляет около 24 км, что в сумме даёт слой мощностью чуть более 100 км. Такой слой при ширине аномалии в 1000 км может образоваться из остатков погрузившейся в мантию океанической плиты при скорости субдукции в Курило-Камчатском желобе 7,5 см/год (К.Ле Пишон и др., 1977 г.) менее чем за 15 млн лет.

Наличие уплотнения в верхней мантии активных окраин само по себе не вызывает сомнений. Но его изостатическая скомпенсированность (пусть даже неполная) требует объяснения. Классическая теория изостазии предполагает, что изостатическое выравнивание достигается в астеносфере путем горизонтального перетекания частично расплавленного вещества. Это объяснение допустимо только для вышележащих литосферных неоднородностей. Неоднородности, располагающиеся ниже астеносферы, также могут выравниваться изостатически, но уже на больших глубинах, где вязкость мантии много выше, чем в астеносфере. Почти полная изостатическая скомпенсированность аномального верхнемантийного блока говорит о том, что скорость изостатического выравнивания давления на нижнем уровне сравнима со скоростью выравнивания в астеносфере. Это может выполняться для крупных плотностных неоднородностей, если мощность компенсационного слоя сравнима с горизонтальным размером нагрузки, как показал Е.В.Артюшков (1979 г.).

Таким образом, в активных окраинах, где плотностные неоднородности распространяются на всю глубину верхней мантии, мы имеем двухуровневую систему изостатического выравнивания: первый уровень располагается в астеносфере, а второй, вероятно, в нижней мантии. Наличие такой двухуровневой системы изостазии само по себе может создавать конвективное погружение масс в глубь Земли.