

**ИЗОСТАЗИЯ, МОЩНОСТЬ КОРЫ И ПРОИСХОЖДЕНИЕ  
ГЛУБОКОВОДНЫХ ВПАДИН ОХОТСКОГО МОРЯ****Сеначин В.Н.**

Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск, geodyn@imgg.ru

В вопросе о происхождении окраинных морей, расположенных над зонами субдукции, не смотря на интенсивные исследования прошлых десятилетий, ученые до сих пор не пришли к единому мнению. Этот вопрос напрямую связан с вопросом преобразования коры из континентальной в океаническую или наоборот, т.к. кора многих окраинных морей имеет мощность переходную между континентальной и океанической. В господствующей ныне концепции тектоники плит в отношении окраинных морей возникает трудность из-за того, что для их образования требуются условия растяжения, в то время как они расположены в зонах конвергентных границ плит, где должно доминировать сжатие. Поэтому рождались гипотезы, рассматриваемые данный регион с 2-х позиций: 1) гипотезы «океанизации» – сокращения мощности коры без растяжения и 2) гипотезы задугового спрединга, т.е. новообразования коры океанического типа с растяжением дна.

Не вдаваясь в подробности каждой из гипотез, попробуем рассмотреть их на примере Охотского моря с позиции принципа изостазии, используя для этих целей такие характеристики, как изостатические гравитационные аномалии и аномалии глубины свободной поверхности мантии (далее – СПМ), которые ранее были рассчитаны автором в этом регионе [13]. Аномалии СПМ определяются как разность расчетного значения СПМ в заданной точке коры и теоретического, рассчитываемого на основании температурного режима мантии, определяемого по мантийной составляющей теплового потока. Подробно методика расчета аномалий СПМ описана в работах [13, 14].

Охотское море, расположенное в зоне Азиатско-Тихоокеанской активной окраины, на большей части своей площади обладает корой субконтинентальной мощности и имеет несколько глубоководных впадин, где мощность коры более или менее близка к океанической.

Курильская впадина – самая большая впадина Охотского моря. Она имеет глубину более 3000 м и 4-километровую мощность осадочного слоя. Кора по мощности соответствует океаническому типу (4-5 км), хотя есть варианты интерпретации сейсмических данных где она предполагается более мощной [3]. Есть разные гипотезы её образования: задуговой спрединг [1]; эклогитизация [5], присдвиговое растяжение (пулл-апарт) [15], откат зоны субдукции («roll-back») [17], отделение части океанического дна [4].

Впадина Дерюгина расположена восточнее северной части о.Сахалин. Глубина дна в центральной части составляет около 1700 м, мощность осадков до 12 км, мощность консолидированной коры достигает 17 км. Как отмечают А.Г.Родников с соавторами [12], эта впадина образовалась на месте глубоководного желоба древней зоны субдукции, протягивающейся вдоль восточного берега о.Сахалин. Её происхождение, как и происхождение впадины Тинро, меньшей из 3-х описываемых впадин по размеру и глубине, вероятнее всего, связано с поворотом против часовой стрелки Охотоморской микроплиты [7], в пользу чего говорит треугольная форма данных впадин. А.Д. Чехов [16] отмечает разновозрастность всех 3-х описываемых впадин с омоложением в сторону океана.

Таким образом, в происхождении глубоководных впадин Охотского моря используются, наверное, все современные гипотезы образования и развития окраинных морей: как гипотезы «океанизации» – эклогитизация коры (В.А.Ермаков), так и гипотезы растяжения – присдвиговое растяжение (пулл-апарт), откат субдукцирующей плиты (roll-back). Рассмотрим, как процессы, описываемые данными гипотезами, проявляются в изостатическом состоянии котловин.

Прежде всего следует отметить, что, механизм изостатического выравнивания в тектонике Земли носит пассивный, а не активный характер, на что указывал Е.Н.Люстих [8]. Это означает, что сам по себе он не создаёт нарушений изостазии, а лишь приводит к уравниванию плотностных неоднородностей, вызванных какими-либо силами.

Все перечисленные гипотезы так или иначе сопровождаются нарушением изостатического состояния литосферы. Однако, учитывая, что нормальное изостатическое состояние восстанавливается довольно быстро, то и определить это нарушение можно лишь во время протекания процесса или сразу после его прекращения в течение нескольких сотен или тысяч лет. Наблюдаемый в Охотском море повышенный тепловой поток, и особенно высокий в глубоководных котловинах, указывает на то, что процесс преобразования коры продолжается в настоящее время. Кроме того, в задуговых регионах, расположенных над зонами субдукции, плотностные неоднородности распространяются по всей глубине тектоносферы, что находит отражение в глубинном характере изостазии, как показал автор [13]. Тем не менее, как будет показано ниже, и в этих условиях изучение изостазии дает результаты.

В отличие изостатических гравитационных аномалий, аномалии свободной поверхности мантии могут сохраняться и после изостатического выравнивания, если в мантии выше уровня изостатической компенсации остаются плотностные неоднородности химической или температурной природы.

В моделях, океанизации земной коры, где её растяжение не предусматривается, нарушение изостазии должно происходить при внедрении глубинного вещества из мантии в земную кору в виде магматических расплавов или флюидов. В гипотезе «базификации» В.В.Белоусова внедрённый расплав после застывания должен утяжелять нижнюю часть коры и отрываясь, погружаться в мантию. Ранее отмечалось, что данный механизм изостатически несостоятелен и был подвергнут резкой критике со стороны ведущих советских геофизиков [11]. Более состоятельными представляются механизмы «эклогитизации» и «магматического замещения». Так или иначе, все эти механизмы должны приводить в процессе преобразования коры к увеличению нагрузки в литосфере, и, соответственно увеличению гравитационного поля. При этом должен меняться и вещественный состав мантийной части литосферы, что отразится в аномалиях СПМ. Следует также отметить, что данные процессы могут происходить в условиях некоторого начального растяжения.

В моделях преобладающего растяжения земной коры, развивающихся по механизмам пулл-апарт или roll-back должен наблюдаться недостаток масс нагрузки, что проявляется в виде отрицательных изостатических аномалий и увеличения глубины СПМ. Кроме того, следует ожидать и вариаций в мощности коры. Так, в южной части Охотского моря наблюдается тенденция увеличения глубины дна с севера на юг, что отражает закономерное сокращение мощности коры. У.П.Шелларт с соавторами [17] на результатах аналогового (физического) моделирования показал, что такая картина может получиться при асимметричном откате субдукцирующей плиты с поворотом вокруг восточного края. В этом случае наибольшая глубина (и наименьшая мощность коры) наблюдается на движущейся границе области растяжения.

В синдвиговом растяжении (пулл-апарт) также возможно сокращение мощности коры, однако, в отличие от асимметричного отката (roll-back), в этой модели увеличения глубины и сокращения мощности коры следует ожидать в центральной осевой зоне.

В Охотском море, как и в других окраинных морях, наблюдается повышенный уровень гравитационного поля в изостатической редукции, что связано, предположительно, с наличием общего аномального уплотнения, расположенного ниже уровня изостатической компенсации. При этом глубоководные впадины характеризуются относительно пониженным уровнем изостатических аномалий. Курильская котловина в этом ряду является исключением – над ней уровень изостатических аномалий повышен до +40 мГал. Это повышение вызвано, скорее всего, гравитационным эффектом уплотнённой субдукцирующей плиты. В гравитационном поле Охотского моря также выявлена общая зависимость от мощности консолидированной коры [13]: уровень изостатических аномалий систематически понижается с уменьшением мощности коры до 19 км; далее, при мощности 9 км и менее, начинается подъём до исходного уровня. Это говорит о том, что процесс сокращения мощности коры в Охотском море происходит в условиях растяжения.

Чтобы определить направленность растяжения коры, вызванного механизмами пулл-апарт или roll-back, в глубоководных котловинах были рассчитаны азимуты максимального изменения таких характеристик, как мощность консолидированной коры, изостатические аномалии и аномалии СПМ. Для расчета азимута проводилась аппроксимация расчетной характеристики плоскостью вида  $G = Ax + By + C$ , где  $x$  и  $y$  – соответственно долгота и широта,  $G$  – аппроксимирующая величина расчетного параметра,  $A$ ,  $B$ ,  $C$  – параметры, подбирающиеся до наименьшей величины среднеквадратического расхождения реального и аппроксимирующего значений.

Расчеты показали, что результат зависит от выбора изолинии глубины, по которой оконтуривается расчетная область впадины. Так, расчет в Курильской впадине на глубинах от 2 км и более показал линейное уменьшение мощности коры в направлении на юг-юго-запад ( $187^\circ$ ), что согласуется с моделью асимметричного отката субдукцирующей плиты У.П.Шелларта с соавторами [17]; в то же время на глубинах от 3 и более км мощность коры меняется очень слабо. По видимому, на данном участке формировалась новообразованная кора по механизму центрального или рассеянного спрединга. Во впадине Дерюгина мощность коры слабо меняется на участке с глубиной дна от 1 км, а во впадине Тинро – от 0.5 км и глубже.

Таким образом, на основании рассмотрения изостатических параметров Охотского моря и закономерностей изменения мощности коры можно сделать следующие выводы.

1. Наблюдаемая тенденция к понижению уровня изостатических аномалий при сокращении мощности коры в Охотском море свидетельствует скорее в пользу гипотез расширения дна бассейна, чем «океанизации» коры.

2. Общая тенденция сокращения мощности коры с севера на юг, а также юго-западное направление сокращения мощности коры в окружении Курильской котловины говорит о возможном воздействии асимметричного отката субдукцирующей плиты по механизму, предложенному У.П.Шеллартом с соавторами [17]. Сама Курильская котловина, при этом, раскрывалась путем наращивания новообразованной коры по механизму спрединга.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант № 08-05-99098*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов Б.В., Дозорова К.А., Карп Б.Я., Карнаух В.А. Геометрия раскрытия Курильской котловины // ДАН. 1999. Т.67. 3. С.376-379.
2. Белоусов В.В. Переходные зоны между континентами и океанами. М.: Недра, 1982. 152 с.
3. Биккенина С.К., Аносов Г.И., Аргентов В.В., Сергеев К.Ф. Строение коры южной части Охотского моря по сейсмическим данным. М.: Наука, 1987. 87 с.
4. Богданов Н.А., Добрецов Н.Л. Охотское вулканическое плато // Геология и геофизика. 2002. Т.4. №2. С.101-114.
5. Ермаков В.А. Геологические модели формирования эпиконтинентальных впадин задуговых бассейнов // Проблемы глобальной геодинамики. М.: ГЕОС, 2000. С.175-191.
6. Кариг Д. Происхождение и развитие окраинных бассейнов западной части Тихого океана // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С.266-287.
7. Кровушка О.А., Жаров А.Э. Тектоническая эволюция и нефтегазоносность осадочных бассейнов северной части Охотского моря // Геология нефти и газа. 2003. №2. С.2-11.
8. Люстих Е.Н. Изостазия и изостатические гипотезы. Труды Геофизического института. №8(165). М., 1957. 90 с.
9. Пакэм Дж., Фалви Д. Гипотеза образования окраинных морей западной части Тихого океана. // Новая глобальная тектоника. М.: Мир, 1974. С.288-314.
10. Перчук Л.Л., Фролова Т.И. К проблеме происхождения глубоководных впадин у активных окраин материков // Твёрдая кора океанов (проект «Литос») / Тр. ГИН АН СССР. М.: Наука, 1987. Т.414. С.16-167.
11. Резанов И.А. Три возможных механизма океанизации континентальной коры // Тихоокеанская геология 1982. №4. С7-14.
12. Родников А.Г., Сергеева Н.А., Забаринская Л.П. Глубинные причины образования осадочных бассейнов. // Природа. 2004. №10. С.23-32.
13. Сеначин В.Н. Аномалии «свободной поверхности мантии» Охотоморского региона и их связь с глубинными процессами // Тихоокеанская геология. 2005. Т.24. №5. С.50-65.
14. Сеначин В.Н. Свободная поверхность мантии как индикатор геодинамических процессов (на примере Охотоморского региона) // Вестник ДВО РАН. 2006. №1. С.18-25.
15. Филатова Н.И., Родников А.Г. Охотоморский геотравес: тектономагматическая эволюция кайнозойских структур растяжения в контексте их глубинного строения // ДАН, 2006. Т.411. №3. С.360-365.
16. Чехов А.Д. Когда и как образовалось Охотское море (к механизму формирования окраинно-морских бассейнов). // Общие и региональные проблемы тектоники и геодинамики. Материалы ХLI Тектонического совещания. Том 2. М.: ГЕОС, 2008. Т.2. С.433-435.
17. Schellart W.P., Jessel M.W., Lister G.S. Asymmetric deformation in the backarc region of the Kuril arc, northwest Pacific: New insights from analogue modeling // Tectonics. 2003. Vol.22. N 5. P.1-17.

**ИНТЕРНЕТ-СТРАНИЦА МЦД ПО ФИЗИКЕ ТВЕРДОЙ ЗЕМЛИ ГЦ РАН:  
«НОВЫЕ ПАРАМЕТРЫ СТАРЫХ ЗЕМЛЕТРЯСЕНИЙ»**

**Сергеева Н.А.<sup>1</sup>, Забаринская Л.П.<sup>1</sup>, Годзиковская А.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Геофизический центр РАН, г. Москва, n.sergeyeva@gcran.ru

<sup>2</sup>Геофизическая служба РАН, г. Обнинск, godzanna@mail.ru

Последнее время появляется много работ о новых определениях и уточнениях параметров сейсмических событий, включая их природу. Эти результаты значительно изменяют представление о сейсмичности отдельных районов и регионов. Однако появляются они в различных малоизвестных изданиях, часто трудно доставаемых, и, следовательно, труднодоступных. Со временем очень важные публикации и вовсе забываются и важнейшая информация оказывается невостребованной.

В связи с этим Мировой центр данных по физике твердой Земли открывает новую Интернет-страницу, где будут собираться и по мере поступления печататься уточненные и новые данные о землетрясениях, ранее опубликованных в различных каталогах. Адрес страницы <http://www.wdcb.ru/sep/seismology/method/index.ru.html>.

Основной интерес, как нам кажется, представляют события на территории бывшего СССР. Но информация о событиях в любом другом месте Земного шара также собирается и будет представлена на нашей странице.

Требования к новым данным заключаются в том, чтобы они были сделаны на основе сбора и интерпретации первичных материалов, представленных как можно полнее в присылаемой информации, включая также характеристику свойств и качества первичного материала. Если автор сделал работу, не сняв копии первичных материалов или не предоставив первичные материалы в статьях, то он должен указать, где эти материалы находятся в настоящее время. Также необходимо указать методику решения задачи по определению параметров очага, включая использованный годограф. Это связано с желанием, чтобы логический ряд получения новых параметров был «прозрачен». Чтобы старые ошибки не заменить новыми.