

Человек  
Земля  
Вселенная



**ТЕКТОНИКА  
ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ  
И МИНЕРАГЕНИЯ  
ВОСТОКА АЗИИ  
VIII Косыгинские чтения**

Федеральное государственное  
бюджетное учреждение науки  
Институт тектоники и геофизики  
им. Ю.А. Косыгина ДВО РАН  
Дальневосточного отделения  
Российской академии наук



# ТЕКТОНИКА, ГЛУБИННОЕ СТРОЕНИЕ И МИНЕРАГЕНИЯ ВОСТОКА АЗИИ

**VIII Косыгинские чтения**

*Материалы всероссийской конференции*

*17–20 сентября 2013*

*г. Хабаровск*

УДК УДК 551:550.3:550.4

**Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии: VIII Косыгинские чтения:** материалы Всероссийской конференции, 17–20 сентября 2013, г. Хабаровск / отв. ред. А.Н. Диденко, Ю.Ф. Манилов. – Владивосток: Дальнаука, 2013. – 600 с.

ISBN 978-5-8044-1380-5

Материалы, представленные в сборнике посвящены проблемам тектоники и геодинамики литосферы, глубинному строению, петролого-геохимическим и геоинформационным аспектам тектонических исследований, вопросам минерагении. Особое внимание уделяется осадочным бассейнам и их углеводородному потенциалу, сейсмичности и сейсмотектонике региона. В ряде статей обсуждаются и развиваются идеи академика Ю.А. Косыгина.

**Ключевые слова:** тектоника и геодинамика Востока Азии, глубинное строение, сейсмотектоника, петрология, геохимия, осадочные бассейны, минерагения.

Ответственные редакторы д.г.-м.н. А.Н. Диденко, к.г.-м.н. Ю.Ф. Манилов

VIII Косыгинские чтения «Тектоника, глубинное строение и минерагения Востока Азии» организованы при финансовой поддержке ДВО РАН (грант 13-III-Г-08032) и Российского фонда фундаментальных исследований (грант 13-05-06031/13).

**Tectonics, deep structure and minerageny of East Asia: Contributions of the VIIIth All-Russia Conference in memory of Academician Yu.A. Kosygin, September 17–20, 2013, Khabarovsk / Eds A.N. Didenko and Yu.F. Manilov ;**

Yu.A. Kosygin Institute of Tectonics and Geophysics, Far East Branch, Russian Academy of Sciences. – Vladivostok: Dalnauka, 2013. – 600 p.

The present collection includes contributions dealing with issues related to tectonics and geodynamics of the lithosphere, deep structure, and metallogeny as well as petrological, geochemical and GIS aspects of tectonic studies. Particular attention is given to sedimentary basins and their potential for hosting hydrocarbons, seismicity and seismotectonics of East Asia. A number of papers discuss and develop the ideas proposed by Academician Yu.A. Kosygin.

**Key words:** tectonics and geodynamics of East Asia, deep structure, seismotectonics, petrology, geochemistry, sedimentary basins, minerageny.

**В.Н. Сеначин, О.В. Веселов, В.П. Семакин, Е.В. Кочергин**

## **ЦИФРОВАЯ МОДЕЛЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ ОХОТОМОРСКОГО РЕГИОНА**

*ФГБУН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск*

Охотское море является частью активного Азиатско-Тихоокеанского пояса, характеризующегося высокой сейсмичностью и активной вулканической деятельностью, что приводит к катастрофам глобального масштаба. По этой причине, на изучение активных окраин, включая Охотоморский сектор, уделяется много сил и средств как в России, так и за рубежом.

Использование современных компьютерных технологий в обработке геофизических данных, полученных в тот период, позволяют более глубоко изучить свойства геологических объектов, выявить их связи и взаимоотношения, и рассчитать модель глубинного строения. Однако, все эти данные представлены, как правило в аналоговом виде – в виде графиков на бумажном носителе, что значительно ограничивает возможности их количественной обработки и интерпретации. Поэтому, прежде чем использовать эти данные в компьютерной обработке в комплексе с другими данными, их нужно привести к единому цифровому виду.

В Институте морской геологии и геофизики в 2004–2006 гг. была проведена большая работа по проекту “Тектоническое районирование и углеводородный потенциал Охотского моря” [1], в результате выполнения которого был собран и обработан весь геолого-геофизический материал по строению данного региона. В настоящее время ведется работа по созданию на основе этого материала цифровой геолого-геофизической модели земной коры Охотоморского региона, которая должна включать данные по строению земной коры, геофизических полей (гравитационное, магнитное, тепловой поток) с элементами геологического строения и нефтегазоносности.

### **Методика оцифровки**

Для этой цели весь геолого-геофизический материал, представленный главным образом на географических картах и разрезах, необходимо вывести на единую картографическую основу. Решение этой задачи проводится в несколько этапов

- 1) оцифровка изолиний на карте в масштабе планшета карты;
- 2) перевод координат планшета карты в относительные прямоугольные координаты Земли, соответствующие исходной проекции (Меркатора), умножая их на масштаб карты;
- 3) пересчет относительных прямоугольных координат Земли в географические координаты, используя соответствующие формулы преобразования;
- 4) пересчет географических координат в прямоугольные координаты выбранного планшета, если строится карта в другой картографической проекции.

В расчетах пространственного расположения глубин границ земной коры Охотоморского региона определяющий вклад был сделан В.А. Бабошиной с соавторами [2]. В исходных данных мы всегда имеем редкую сеть сейсмических профилей, недостаточную для определения глубины границ в заданном 3-мерном пространстве по стандартным алгоритмам. Однако располагаются они, как правило, в наиболее информативных областях. Авторы [2] сопоставили данные сеймики с аномалиями гравитационного поля, по характеристикам аномалий поля провели районирование поля с выде-

лением отдельных провинций, в каждой из которых определили характер зависимости положения границ земной коры с гравитационными аномалиями. В результате была получена качественная и довольно подробная модель глубин границ земной коры.

Оцифровка изолиний проводилась с использованием свободно распространяемой программы Graf Digitizer, позволяющей выполнять эту работу на карте в ручном и полуавтоматическом режимах. Все оцифрованные данные сохранялись в отдельном файле программы Microsoft Excel. Дальнейшая их обработка и пересчет в географические координаты проводились средствами этой же программы с использованием формул и специально составленных макросов. Программа Microsoft Excel позволяет также контролировать правильность оцифровки данных, т.к. располагает средствами их графической визуализации.

После получения географических координат данные пересчитывались на равномерную сетку значений с использованием интерполяционных методов. Затем данные переводились в программу Surfer, позволяющей визуально контролировать всю выполненную работу.

Значения плотности в цифровых моделях определяются, как правило, по скоростям сейсмических волн. Известно много зависимостей пересчета скорости в плотности, и все они дают значения, существенно различающиеся между собой. Кроме того, из опыта гравитационного моделирования, выполненного одним из авторов, известно, что аномальные изменения плотностей, рассчитанных из сейсмических скоростей по известным зависимостям скорость-плотность, оказываются непомерно завышенными. Поэтому плотности в слоях земной коры (кроме осадочного) задавались постоянными значениями: "гранитный" слой  $2.7 \text{ г/см}^3$ ; "базальтовый" –  $2.95 \text{ г/см}^3$ . Плотность в осадочном слое задавалась зависимой от мощности в пределах от  $2.0 \text{ г/см}^3$  до  $2.45 \text{ г/см}^3$ .

### Структура данных цифровой модели

Проведенный метод оцифровки позволил создать численную геолого-геофизическую модель земной коры Охотоморского региона на равномерной сетке географических координат в пределах от  $43^\circ$  до  $63^\circ$  северной широты и от  $135^\circ$  до  $163^\circ$  восточной долготы, с шагом  $0.2^\circ$ .

Все параметры, которые содержит данная модель, можно условно разделить на 3 группы: 1 – основные, 2 – дополнительные и 3 – данные, которые рассчитываются на основе основных и дополнительных данных. К основной группе относятся параметры, составляющие собственно саму земную кору: глубины границ, мощности и плотности слагающих кору слоев. В группу дополнительных отнесены геофизические поля. Эти параметры не относятся напрямую к строению земной коры, но, в комплексе с основными параметрами, позволяют извлекать дополнительную информацию как о земной коре, так и о нижележащих слоях. К рассчитываемым данным относятся параметры, которые получаются на основе обработки комплекса основных и дополнительных данных.

Таким образом, на современном этапе цифровая модель Охотоморского региона содержит следующие параметры

1. **Глубины границ земной коры:** (1) рельеф твердой поверхности; (2) кристаллический фундамент; кровля «базальтового» слоя; граница Мохо.

2. **Геофизические поля:** тепловой поток; аномалии гравитационного поля (в свободном воздухе; изостатические; мантийные), и аномалии свободной поверхности мантии.

### Глубинное строение земной коры по сейсмическим данным

Верхний, “гранитно-метаморфический” слой консолидированной земной коры Охотоморского региона характеризуется пластовыми скоростями в диапазоне 5.0–6.6 км/с. Вещественный состав его гетерогенен, сформирован метаморфическими, магматическими и вулканогенно-осадочными породами. Мощности его максимальны в районах поднятий (до 12 км), а в прогибах существенно сокращаются или полностью редуцируются; как это имеет место в депоцентрах Южно-Охотского, Дерюгинского, Тинровского прогибов. В прогибах наблюдается монотонный переход осадочного слоя в “гранитно-метаморфический” без резкого изменения физических свойств пород.

Нижний, “гранулит-базитовый” слой земной коры, на своей кровле характеризуется граничными скоростями от 6.8 до 7.2 км/с. Скорости в слое находятся в интервале 6.5–6.7 км/с, плотность пород – 2.9–3.1 г/см<sup>3</sup>. Подстиляется нижняя кора поверхностью Мохоровичича (М) с граничными скоростями от 7.6 до 8.1 км/с. Мощность “гранулит-базитового” слоя достигает наибольших значений (15–20 км) в “континентальных” блоках о-вов Хоккайдо, Сахалин, Охотско-Чукотского вулканогенного пояса, п-ова Камчатка и в Центрально-Охотском поднятии, и существенно сокращается в пределах Дерюгинского, Тинровского и Южно-Охотского прогибов, причем в последнем мощность этого слоя минимальна (6–7 км).

Глубина положения поверхности Мохоровичича существенно изменяется в границах региона. Максимальные мощности коры (до 32 км) были отмечены в приматериковых частях моря, в частности, севернее о-ва Сахалин. Понижение мощности коры (до 22–24 км) происходит в центральных частях моря – юго-восточнее Шантарских островов, северо-западнее поднятия Академии Наук СССР, в районе Центрально-Охотского поднятия и т. д. Минимальными мощностями характеризуется кора Южно-Охотских прогибов, где она, по оценкам ряда исследователей, выделена в интервале глубин 13–6 км [3 и др.]. Глубина кровли консолидированной коры, имеющей сложный рельеф, изменяется от 1–2 до 5–7 км.

В пределах поднятия Курильской островной дуги на пересечении профилем 1-М о-ва Итуруп земная кора, как и в присахалинской части профиля 1-М, соответствует в целом континентальному типу. Она имеет мощность около 30 км, характеризуется наличием в верхней части слоя с  $V_p = 2.0–2.3$  км мощностью 1.0–2.0 км и слоя с  $V_p = 4.0–5.1$  км/с мощностью 4.0–4.5 км, составляющих осадочно-вулканогенный комплекс острова. “Гранитно-метаморфический” слой со скоростями пробега сейсмических волн 6.0–6.3 км/с имеет мощность 8–10 км и представляет верхнюю часть консолидированной коры. Нижняя часть – “базальтовый” слой – имеет мощность 12–16 км и характеризуется скоростями 7.0–7.1 км/с.

Комплексные сейсмические исследования методами ГСЗ, КМПВ, МОВЗ и МОВ, проведенные в районе Средних Курил [4], также позволили ревизовать прежде существовавшую модель строения земной коры этого региона. Согласно новым данным под о-вом Симушир модель коры представлена практически теми же слоями, что и под о-вом Итуруп, но они характеризуются более высокими  $V_p$ , что обусловлено, скорее всего, изменениями вещественного состава пород, вызванными внедрениями более основных пород. Мощность коры под средней частью Курильской островной дуги также находится в пределах 30 км.

Мощность земной коры в прилегающих к морю структурах характеризуется кон-тинентальным типом строения, достигая 35 км, а на отдельных участках до 40 км, что подтверждается новейшими сейсмическими исследованиями, в частности, по профилю 2-ДВ [5].

Резюмируя вышеизложенное, отметим, что прогибам в рельефе дна и в гипсометрии поверхности фундамента соответствует подъем границы М, утонение коры или резко градиентные зоны, тогда как поднятиям погружение границы М и увеличение мощности земной коры.

### Аномалии геофизических полей

**Аномалии в свободном воздухе.** Аномальное гравитационное поле Охотского моря в редукции Фая в целом характеризуется слабоположительным региональным уровнем около +20 мГал. При этом, в районах крупных подводных поднятий дна наблюдаются увеличение поля до +40 мГал; а в районах впадин, напротив, уменьшение до -20 мГал. Глубоководный желоб и островная дуга в аномалиях гравитационного поля проявляются интенсивными аномалиями разного знака, изменяющиеся от -300 до +200 мГал. В отличие от акватории Охотского моря Курильская островная дуга в гравитационном поле отражается полосой интенсивных положительных гравитационных аномалий, что показывает ее явную изостатическую некомпенсированность.

**Изостатические аномалии.** В изостатических аномалиях гравитационного поля, как и в аномалиях в свободном воздухе, также наблюдается общее повышение поля на уровне около 20 мГал. С юго-востока Охотское море обрамляет зона 2-х смежных интенсивных аномалий: повышенного поля над Курильской островной дугой с максимумом выше +100 мГал, и пониженного до -200 мГал и более над Курильским глубоководным желобом. Максимум положительной аномалии смещен в сторону океана относительно Большой Курильской дуги; в южной части дуги он попадает на зону Малой Курильской дуги и ее подводное продолжение – хребет Витязя. Система островная дуга – глубоководный желоб явно некомпенсирована изостатически и поддерживается в равновесии негидростатическими силами.

**Тепловой поток (ТП).** Тепловой поток Охотского моря в целом повышен. Особенно это проявляется в районах впадин, где он достигает 90–96 мВт/м<sup>2</sup>. Несколько меньшее повышение значений теплового потока отмечается также в районах поднятий морского дна. Наибольшим повышением теплового потока характеризуется островная дуга, что связано с активными проявлениями островного вулканизма. Понижение поля до 30 мВт/м<sup>2</sup> наблюдается в районе Курило-Камчатского глубоководного желоба.

### Литература

1. Тектоническое районирование и углеводородный потенциал Охотского моря. М.: Наука, 4006. 130 с.
2. Бабошина В.А., Терещенков А.А., Харахинов В.В. Глубинное строение Охотоморского региона по геофизическим данным М.: ВНИИЭгазпром, 1984. 44 с.
3. Строение земной коры в области перехода от Азиатского континента к Тихому океану. М.: Наука, 1964. 306 с.
4. Новые сейсмические данные о строении земной коры Центрального звена Курило-Камчатской островной дуги / Г.И. Аносов, В.В. Аргентов, А.В. Петров и др. // Тихоокеан. геология. 1988. №1. С.10–18.
5. Новые данные о глубинном строении земной коры Северо-Востока России по опорному профилю 2-ДВ / А.П.Симонов, Р.Г.Берзин, А.К.Сулейманов и др. // Разведка и охрана недр. 2003. №3. с. 27–31.