

---

**В.В. Гордиенко, Л.Я. Гордиенко**

Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины, Киев

## **СКОРОСТНАЯ МОДЕЛЬ ВЕРХНЕЙ МАНТИИ ЗАДУГОВЫХ ВПАДИН**

---

*По данным о времени прихода Р-волн от землетрясений под задуговыми впадинами Тихого океана построены годографы на расстоянии до 25 градусов. Это позволило установить распределение скорости до глубины около 450—500 км. Выявлена зона пониженной скорости в верхней мантии от 80 до 150 км, в пределах которой вероятно частичное плавление пород. Рассмотрены геологическая история и глубинные процессы в задуговых впадинах. Установлена их принадлежность к эндогенному режиму океанизации.*

**Ключевые слова:** задуговые впадины, скоростной разрез, океанизация.

### **Введение**

Статья завершает серию публикаций авторов, посвященную скоростным моделям верхней мантии океанических структур. В предыдущих работах были рассмотрены модели котловин океанов, островных дуг, срединно-океанических хребтов, глубоководных желобов [2—5]. В данной статье речь идет о своеобразных структурах, расположенных между островными дугами и собственно континентами в глубине переходных зон от континентов к океанам. Поскольку авторы в оценке эндогенных режимов рассматриваемых регионов исходят из положений адвекционно-полиморфной гипотезы глубинных процессов (АПГ) [12 и др.], в которой островные дуги считаются альпийскими геосинклиналями, принадлежность задуговых впадин к «настоящим» (завершившим процесс формирования) океанам представляется сомнительной. В ее пользу говорит только территориальная близость. Генетически же они могут быть аналогами впадин на срединных массивах альпийских геосинклиналей, таких как Паннонская или Южнокаспийская впадины.

Соответственно, сопоставление полученной скоростной модели (одномерного распределения скорости продольных сейсмических волн —  $V_p$ ) под впадинами с прогнозной сопряжено с трудностями. Необходимо предварительно диагностировать характер глубинного процесса.

© В.В. ГОРДИЕНКО, Л.Я. ГОРДИЕНКО, 2016

Вторая сложность в решении поставленной задачи — сбор экспериментальных данных, т. е. сведений о времени прихода на сейсмостанции волн от землетрясений, расположенных на достаточно большом расстоянии, но в пределах впадины. Ее удалось полностью решить (построив годограф до удаления примерно в 25 градусов) только в одном случае, в остальных получены лишь фрагменты полных годографов для глубины верхней мантии. Тем не менее, построенная скоростная модель представляет интерес, так как характеризует слабо изученный объект.

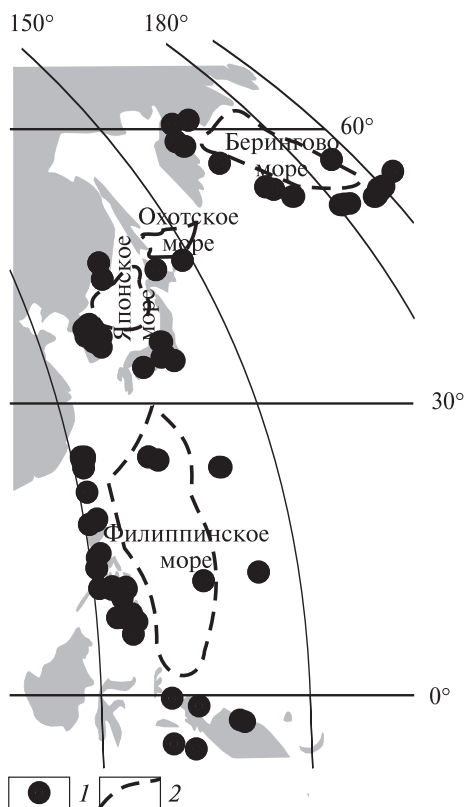
Изученные впадины размещаются на западной окраине Тихого океана, где распространены островные дуги. Это глубоководные части Берингова, Японского, Филиппинского и Охотского морей (рис. 1).

### Использованные данные и расчетный годограф

На территориях и акваториях впадин были подобраны данные для очагов с глубиной гипоцентров 20—30 км [15]. Время пробега волн пересчитано для глубины 10 км, введенные поправки учли распределение  $V_p$ , изменявшееся по ходу подбора разреза. Они (время пробега как функция расстояния в градусах координат) использованы для построения годографов, редуцированных к скорости 8,2 км/с. Применялось сглаживание с использованием скользящего окна размером 3—4 градуса. В четырех изученных впадинах к построению годографов было привлечено существенно разное количество данных. В Японском море на 20 сейсмостанциях зафиксированы 170 значений времени прихода волн землетрясений, в Беринговом на 19 — 390, в Филиппинском на 35 — 220, в Охотском на 2 — 120 соответственно.

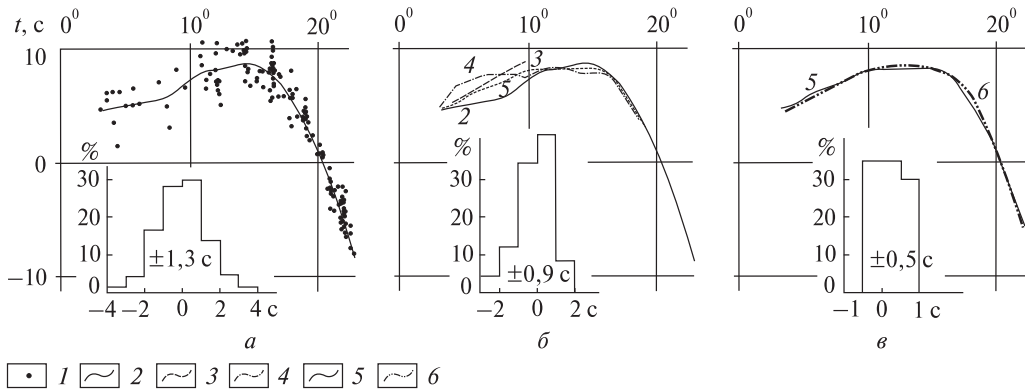
В Охотском море был получен только ограниченный по длине фрагмент годографа (отрезок от 3 до 7°, совпадающий с соответствующим участком годографа для Берингова моря), не использованный при построении осредненного годографа именно из-за незначительности. Тем не менее, можно констатировать, что полученные здесь данные не противоречат установленным в других морях.

Отклонение индивидуальных точек от осредняющей линии годографа определено по соответствующей гистограмме и составляет 1,3 с (рис. 2). Эта величина получена для всех данных, она меньше установленных в других регионах океанов и вполне объясняется погрешностями эксперимента. Гистограммы различий пока-



Отклонение индивидуальных точек от осредняющей линии годографа определено по соответствующей гистограмме и составляет 1,3 с (рис. 2). Эта величина получена для всех данных, она меньше установленных в других регионах океанов и вполне объясняется погрешностями эксперимента. Гистограммы различий пока-

**Рис. 1.** Расположение сейсмостанций, использованных в работе: 1 — сейсмостанции; 2 — примерные контуры молодых глубоководных впадин



**Рис. 2.** Экспериментальные и расчетный годографы для задуговых впадин: *a* — Филиппинское море: 1 — экспериментальное время прихода волн, 2 — осредняющий экспериментальный годограф для верхней мантии; *б* — частные годографы для отдельных регионов: 3 — Японское море, 4 — Берингово море; *в* — средний экспериментальный годограф (5) и расчетный годограф (6). На врезках — гистограммы: распределения отклонений экспериментальных точек: *a* — от осредняющего годографа, *б* — индивидуальных годографов от среднего, *в* — расчетного годографа от среднего экспериментального

зывают, что частные годографы отклоняются от осредняющего в среднем менее, чем на 1 с. Следовательно, для изучаемых регионов имеет смысл построение единого одномерного скоростного разреза.

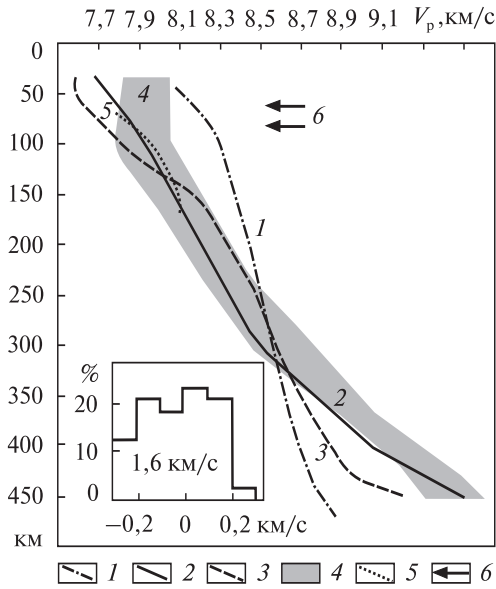
Расчетный годограф получен по программе *SEIS-83* И. Пшенчика и В. Червени. При вычислениях использована схематизированная скоростная модель земной коры под прибрежными или островными сейсмостанциями [2 и др.]. Модели первого приближения для подбора скоростного разреза взяты из литературных источников [7, 8, 13, 14 и др.].

Годограф, как и в предыдущих работах авторов [2—5], построен путем подбора скоростного разреза (рис. 3), в процессе которого несколько изменялась и скорость в интервале глубины 10—30 км. Учет этого фактора не оказал заметного влияния на экспериментальные годографы. Подобранный годограф довольно хорошо согласуется со средним экспериментальным (см. рис. 2). Различия между ними много меньше тех, которые могут быть обусловлены погрешностями эксперимента и расчета.

## Глубинный процесс

Объяснение полученного скоростного разреза проводилось путем его сопоставления с независимо установленным в соответствии с представлениями АПГ (см. рис. 3). Он рассчитан с учетом температурных аномалий, возникших в мантии как следствие активных глубинных процессов [2—5, 12 и др.]. Ранее установлено, что релаксация возмущений  $T$  происходит со скоростью, делающей значимыми только аномалии альпийского и постальпийского возраста. Однако построение схем теплопереноса для таких молодых активизаций требует анализа предшествующей тепловой истории недр региона, иначе нельзя установить стартовые условия.

Сравнительно полную информацию по этому вопросу можно собрать в Охотском море. Проявления рассматриваемого постальпийского (?) процесса в

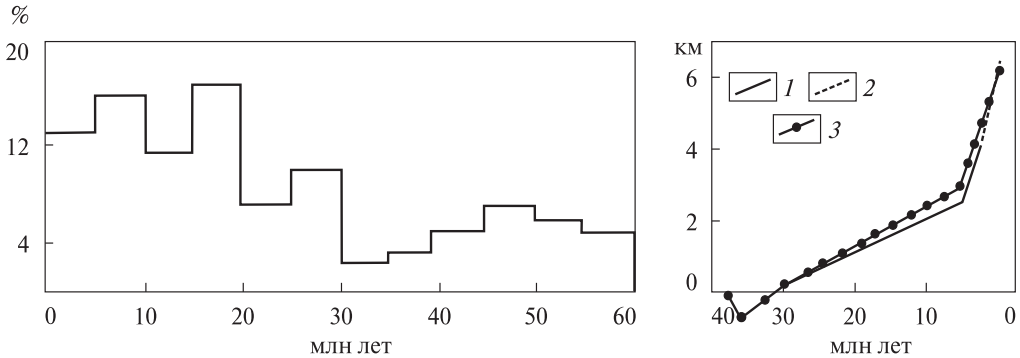


**Рис. 3.** Скоростные модели верхней мантии задуговой впадины: 1 — скоростная модель докембрийской платформы; 2 — скоростная модель, полученная при подборе расчетного годографа, наиболее полно согласующегося с наблюдаемыми; 3 — скоростная модель, построенная по распределению значения температуры ( $T$ ) в верхней мантии регионов, отвечающих представлениям адвекционно-полиморфной гипотезы (АПГ); 4 — диапазон значений скорости, установленной в предыдущих исследованиях (средние величины и средние отклонения от них) [7, 8, 13, 14]; 5 — распределение скорости на линии солидуса; 6 — глубина магматических очагов по геологическим данным [7, 11 и др.]. На врезке — гистограмма распределения различий между экспериментальной и расчетной кривыми распределения скорости в верхней мантии — моделями 2 и 3



**Рис. 4.** Разрезы кайнозойской части осадочной толщи прогибов Охотского моря

полной мере представлены только в Южноохотской впадине, для которой скоростной разрез не построен в связи с небольшими размерами структуры. Тем не менее, геологические данные есть смысл рассмотреть здесь, так как они в основных чертах согласуются с информацией по другим впадинам. Вне глубоководной впадины Охотского моря можно изучать геологическую предысторию ее формирования. Структуры, близкие к впадине, распространены и севернее нее, в прогибах ТИНРО и Лебедея. Опускания здесь достигают максимум 4 км (в сравнительно узком локальном трого). Отличие от Южноохотской впадины состоит в отсутствии столь же быстрого некомпенсированного опускания в последние пример-

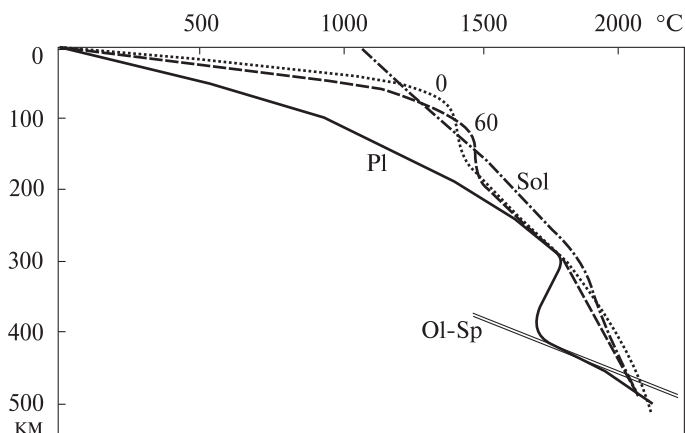


**Рис. 5.** Гистограмма распределения значений возраста магматических пород задуговых впадин

**Рис. 6.** Изменение глубины докайнозойского фундамента Южноохотской впадины: 1 — изменение мощности осадков по геологическим данным; 2 — некомпенсированное погружение дна впадины в плиоцен-четвертичное время; 3 — расчетное погружение дна

но 5 млн лет (рис. 4) (слой воды в Южноохотской впадине толще более чем в три раза). Поэтому сведения о предыстории (предшествовавшей последним примерно 50 млн лет), темпах изменения мощности осадочного слоя и магматизме этих районов можно привлечь к рассмотрению вместе с данными о Беринговом, Японском и Филиппинском морях. По менее представительному геологическому материалу (особенно в случае Берингова моря) достаточно обоснованно можно предположить, что на территориях всех изучаемых впадин существовала киммерийская геосинклиналь с возрастом инициального магматизма  $200 \pm 10$  млн лет и финального магматизма около  $100 \pm 10$  млн лет. После завершения ее развития на окраине Евразийского континента в течение примерно 50 млн лет сохраняется «тектонно-магматический покой». Это довольно типичный перерыв перед постгеосинклинальной активизацией.

Рассчитав тепловую модель для этого периода, устанавливаем, что сопровождающий ее магматизм может быть обусловлен только реликтовым резервуаром частичного плавления, сохранившимся на сравнительно небольшой глубине. В нижней части верхней мантии нет потенциального источника энергии для масштабного теплопереноса. Т. е. активизация около 50 млн лет назад (рис. 5) — посткиммерийская. Только начиная примерно с границы эоцена и олигоцена (около 35 млн лет назад) появляется очаг расплава достаточной мощности над кровлей зоны полиморфного преобразования пород у границы верхней мантии. Вещество из него поступает под кору, следует поднятие, эрозия, взламывание свода, магматизм, т. е. обычные явления начальной фазы рифтогенеза. Такое развитие событий (незначительный период накопления энергии между концом геосинклинального цикла и началом рифтового) связано с повышенной теплогенерацией в породах мантии периферии континента. Выделяются еще два периода магматизма (рис. 5). Можно предположить, что речь идет о рифтогенезе, однако диагностика этих проявлений магматизма как отдельных событий затруднена (рис. 5). Относительные экстремумы на гистограмме распределения возраста пород выражены слабо, возможно, в связи с распространенной довольно широко [1, 11 и др.] некоторой несинхронностью рассматриваемых событий в разных



**Рис. 7.** Тепловые модели тектоносферы задуговой впадины. Pl — модель континентальной докембрийской платформы, Sol — солидус мантийных пород (без учета эклогитовых блоков), Ol-Sp — кровля зоны перехода оливин-минерал со структурой шпинели. Цифры при кривых — возраст в млн лет

впадинах (да и в разных частях впадин, особенно с учетом наличия внутри них локальных поднятий с иной структурой коры). При построении тепловых моделей рассмотрено несколько вариантов тепломассопереноса в пределах периода 30—0 млн лет. Они не привели к существенному изменению современной модели распределения  $T$ .

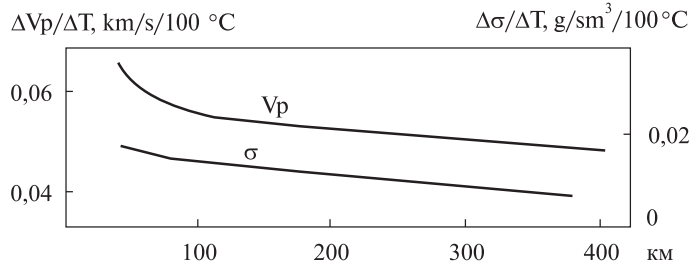
Осадочный слой кайнозойского возраста начинает быстро формироваться вблизи границы олигоцена и миоцена. Большую часть олигоцена он образуется только в локальных приразломных трогах. После второго магматического эпизода процесс идет с довольно стабильной скоростью около 20 млн лет. Примерно 5 млн лет назад (т. е. в самом начале плиоцена) он резко ускоряется и к настоящему времени существовавшая тогда глубина фундамента удваивается (рис. 6).

Особенность трех проявлений магматизма, относимых к рифтогенезу, — наличие во всех комплексах пород продуктов коровой зоны частичного плавления (во всяком случае — в отдельных районах впадин). Для получения такого результата необходимо существование подкоровой астеносферы на каждом из этапов. Подобное развитие событий применяемой гипотезой предусматривалось для океанических регионов; в районах с континентальной корой оно не опробовано. Поэтому рассмотрено несколько схем, показано, что они мало различаются с точки зрения влияния на современную температуру [12]. Результаты построения тепловой модели тектоносферы впадины приведены на рис. 7.

Проанализируем последствия эволюции тепловой модели впадины. После поднятия первого астенолита с глубины 370—420 км до 50—100 км под корой формируется слой частичного плавления, происходят вторжения мантийных выделок в кору, плавление пород амфиболитовой фации метаморфизма, подъем магм среднего состава (возможности образования кислых существенно ограничены начальным преимущественно базитовым составом коры) в среднюю и верхнюю часть коры, эклогитизация основных пород нижней коры, погружение блоков, плотность которых превысила мантийную, под кору. В средней части коры происходит базификация, верхняя («гранитная») часть местами полностью уничтожается эрозией.

Рассмотрим последовательность событий — проявление результатов тепломассопереноса в наблюдаемых геологических процессах.

**Рис. 8.** Зависимости изменения скорости продольных сейсмических волн и плотности пород мантии от вариаций температуры на разных глубинах



1. Прежде всего формируется сводовое поднятие коры, вызванное перегревом верхних горизонтов мантии. При вычислении эффекта учитывается и адекватное охлаждение нижней ее части. Но коэффициенты теплового расширения в соответствующих интервалах глубины различаются примерно на  $0,01 \text{ г/см}^3/100 \text{ }^\circ\text{C}$  (рис. 8), поэтому происходит именно поднятие. Его амплитуда достигает  $0,9 \text{ км}$ .

Фактически она заметно меньше, так как поднятие распространяется на территорию, превышающую по площади активизированный район. Температура под корой изменяется быстрее, чем у подошвы верхней мантии, поднятие сокращается. Дополнительное действие эрозии приводит к пене плену за геологически короткое время.

2. К концу этапа уже начинает заметно сказываться процесс океанизации: базификации и эклогитизации коры. Точный темп преобразования минерального состава (эклогитизации базитов) неизвестен, некоторое приближение можно получить из данных таблицы [6]. Обязательным условием преобразования с реальной скоростью служит присутствие летучих, но в рассматриваемом случае нет сомнения в их наличии. Это неизбежное следствие частичного плавления пород амфиболитовой фации метаморфизма, сопровождаемого дегидротацией.

Можно допустить, что процесс осуществится за первые миллионы лет.

3. Ориентировочная начальная мощность коры впадины —  $32 \text{ км}$ , после утонения осталось  $13 \text{ км}$  (наблюдаемая мощность коры  $19 \text{ км}$  минус кайнозойские осадки с прослоями вулканитов и вода). Начальная плотность преобразованных блоков коры, опустившихся в мантию, составляла  $2,9\text{--}3,0 \text{ г/см}^3$  и изменилась на  $0,4\text{--}0,5 \text{ г/см}^3$ , соответствующее погружение —  $2,8\text{--}2,9 \text{ км}$ . В оставшейся коре по крайней мере  $9 \text{ км}$  (судя по скоростному разрезу на профиле ГСЗ) изменили плотность примерно на  $0,1 \text{ г/см}^3$  (базификация), соответствующее погружение —  $0,3 \text{ км}$ . Невозможно определить, происходил ли перенос вещества нижней коры на периферию впадины: не известна начальная мощность коры ее окрестностей до перестройки. На разрезах ГСЗ отдельные утолщения намечены [7, 9 и др.], но природа их может быть разной. Во всяком случае, утолщения под островными дугами скорее всего — результат предшествующего геосинклинального процесса.

4. Условия для полиморфного преобразования у подошвы верхней мантии достигнуты в слое мощностью около  $40 \text{ км}$  вскоре после первого акта тепломассопереноса (не менее  $10 \text{ млн лет}$  назад, к этому времени закончился период сравнительно быстрого изменения возникшей здесь интенсивной отрицательной аномалии  $T$ ). Уплотнение породы составляет около  $8 \%$ . Соответствующее опускание поверхности —  $3,2 \text{ км}$ . Это позволяет завершить расчет погружения поверхности коры, отнеся рассматриваемый эффект к интервалу времени  $5\text{--}0 \text{ млн лет}$ .

**Время, необходимое для сглаживания химических неоднородностей гранатов на стадиях погружения и эксгумации (в годах) [6] с учетом размеров зерен (R) минерала**

Интервал T, °C	Интервал P, кбар	R = 0,05 мм	R = 0,5 мм	R = 5 мм
Стадия опускания				
500—600	5,56—6,67	$3 \cdot 10^7$	$3 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^{11}$
500—700	5,56—7,78	$1,3 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^8$	$1,3 \cdot 10^{10}$
500—800	5,56—8,89	$1 \cdot 10^5$	$1 \cdot 10^7$	$1 \cdot 10^9$
500—900	5,56—10,0	$1 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^8$
500—1000	5,56—11,11	$1,3 \cdot 10^3$	$1,4 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^7$
Стадия эксгумации				
1000—900	11,11—10,0	$4 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^6$
1000—800	11,11—8,89	$1 \cdot 10^4$	$1,4 \cdot 10^6$	$1 \cdot 10^8$
1000—700	11,11—7,78	$3 \cdot 10^5$	$4 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^9$
1000—600	11,11—6,67	$1,8 \cdot 10^7$	$2 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^{11}$
1000—500	11,11—5,56	$2 \cdot 10^9$	$2 \cdot 10^{11}$	$2 \cdot 10^{13}$

Результат полностью совпадает с известным по независимым данным (см. рис. 6). Темп преобразования мантийного оливина в минерал со структурой шпинели в условиях подошвы верхней мантии неизвестен. Можно лишь предполагать, что он достаточен для завершения процесса.

Возможно, что под прогибами ТИНРО и Лебеда резкое охлаждение нижних горизонтов верхней мантии произошло несколько позже, чем под Южноохотской впадиной. Поэтому процесс полиморфного преобразования еще не приобрел здесь заметного масштаба, некомпенсированное опускание поверхности только началось.

В различных регионах Евразии можно обнаружить множество подобных сравнительно молодых образований (кроме упомянутых выше Паннонской и Южнокаспийской впадин), причем часть из них образована на позднепротерозойском фундаменте. Это Черноморская, Рионская, Куринская и Западнотуркменская впадины (скоростные разрезы которых содержат явные следы базификации, иногда и эклогитизации). По существу приходится говорить о размывании принципиальной разницы между океанизацией и рифтогенезом (и следующим за ним образованием впадин).

5. В течение всего рассматриваемого периода под корой региона и в коре сохранился слой частичного плавления, обеспечивающий возможность магматизма; в коре за счет периодических вторжений базальтовых выделок температура поддерживалась на уровне, необходимом для генерации коровых магм.

Таким образом, схема глубинного процесса по АПГ и построенная по ней тепловая модель дают возможность на количественном уровне объяснить факты геологической истории впадин. Их формирование представляет собой почти завершенную океанизацию континентальной коры. Выясняется, что океанизация не обязательно происходит непосредственно на внешней границе ранее существовавшего океана. Регион с корой, преобразованной описанным образом и находящийся на значительном расстоянии от областей сноса осадков, будет иметь типичную для западной части Тихого океана кору (13 км) с небольшим по мощности вулканогенно-осадочным слоем (порядка 1—2 км) и нижней базитовой корой при глубине моря около 5 км.



## Обсуждение результатов

Полученный скоростной разрез принципиально не отличается от установленных авторами предыдущих исследований [7, 8, 13, 14] (рис. 3), хотя различия в самой верхней части существенны. Не исключено, что они связаны с влиянием распределений  $V_p$  в соседних регионах, так как ни одна из привлеченных к рассмотрению моделей не строилась только для впадин. Полученная модель резко отличается от фонового платформенного распределения скорости. Очевидно, что она представляет собой результат процесса, создавшего симметричные температурные аномалии разного знака. Весьма вероятным представляется адвекционный способ теплопереноса.

В подкоровой части мантии обнаруживается довольно мощный слой с возможным частичным плавлением незначительной интенсивности. Расположение кровли этого объекта примерно согласуется с источниками мантийных магм, проявления которых зафиксированы на поверхности. Отличие составляет первые десятки километров, что сопоставимо с погрешностями диагностики глубины и температуры источников магм.

Рассмотрим соответствие скоростного разреза глубинному процессу, позволившему объяснить геологические данные.

На рис. 8 представлено изменение скорости в связи с температурными аномалиями для разной глубины. Отличия температуры от характерных для верхней мантии докембрийской неактивизированной платформы (см. рис. 7) использованы для внесения исправлений в соответствующий скоростной разрез (см. рис. 3). Кроме влияния собственно температурных аномалий был учтен и эффект частичного плавления. На каждый процент жидкости расчетная скорость сокращалась на 0,07 км/с. Значительное количество коровых экологитов, погружающихся в мантию при рассмотренном глубинном процессе, ведет к увеличению содержания железа в мантийных породах [4]. Учитывая этот факт, необходимо сократить расчетные значения  $V_p$  в интервале, куда эти плотные образования могут опускаться (примерно до 200 км). Соответствующий эффект незначителен — около 0,07 км/с. Появление в составе мантии экологитов предполагает и некоторое сокращение температуры солидуса пород.

Результаты расчета в сопоставлении с экспериментальной скоростной моделью мантии задуговой впадины показаны на рис. 3. Очевидно, что полного совпадения добиться не удалось, да на это и не приходилось рассчитывать при такой скудной информации о геологической истории регионов. Среднее различие расчетной и экспериментальной моделей составляет 0.16 км/с. Указанные выше погрешности годографов указывают на возможность ошибки определения скорости порядка 0,1 км/с [2—5]. Согласование экспериментальной и расчетной кривых с учетом этого фактора довольно полное, локальные различия не превышают 0,25 км/с, средняя величина заметно не отклоняется от обусловленной обоими видами ошибок. Уточнение согласования полученного скоростного разреза с установленным по АПГ практически неосуществимо.

## Заключение

Установленное распределение скоростей продольных сейсмических волн в верхней мантии задуговых бассейнов позволило определить основные черты структуры этих объектов. Сопоставление полученной модели с рассчитанной по представлениям о глубинном процессе в изучаемых регионах осложнялось отсутствием предварительно разработанной схемы теплопереноса в их тектоносфере. Проведенный предварительный анализ имеющихся в литературе геологических данных дал возможность сформулировать главные особенности последних активных этапов геологической истории впадин и построить на этой основе современную тепловую модель верхней мантии. С ее использованием получен скоростной разрез, который удовлетворительно согласуется с экспериментально установленным. Важным следует считать и обнаружение в задуговых бассейнах процесса океанизации, принципиально не отличающегося от рифтогенеза в понимании АПГ.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Говоров Г.И.* Фанерозойские магматические пояса и формирование структуры Охотоморского геоблока. — Владивосток : Дальнаука, 2002. — 203 с.
2. *Гордиенко В.В., Гордиенко Л.Я.* Скоростной разрез верхней мантии под Алеутской, Курильской и Японской островными дугами // Геол. и полезн. ископ. Мирового океана. — 2012. — № 3. — С. 37—46.
3. *Гордиенко В.В., Гордиенко Л.Я.* Скоростная модель верхней мантии под островными дугами и береговыми хребтами Тихого океана // Геол. и пол. ископ. Мирового океана. — 2015. — № 3. — С. 69—81.
4. *Гордиенко В.В., Гордиенко Л.Я.* Скоростная модель верхней мантии под срединноокеаническими хребтами // Геол. и пол. ископ. Мирового океана. — 2016. — № 1. — С. 33—42.
5. *Гордиенко В.В., Гордиенко Л.Я.* Скоростные разрезы верхней мантии океанических котловин и глубоководных желобов // Доповіді НАН України. — 2016. — № 4. — С. 62—68.
6. *Королюк В.Н., Лепегин Г.Г., Корсаков А.В.* Оценка термической истории метаморфических пород по обменно-диффузной зональности в минералах // Геология и геофизика. — 2004. — № 4. — С. 501—512.
7. *Тектоносфера Тихоокеанской окраины Азии* / Ред. К.Ф. Сергеев, В.В. Гордиенко, М.Л. Красный. — Владивосток, 1992. — 238 с.
8. *Тараканов Р.З.* Скоростные модели и годографы *P*-волн для Дальневосточного региона // Вестн. ДВО РАН. — 2006. — № 1. — С. 81—95.
9. *Тектоническое районирование и углеводородный потенциал Охотского моря.* — М. : Наука, 2006. — 131 с.
10. *Удинцев Г.Б.* Рельеф и строение дна океанов. — М. : Недра, 1987. — 240 с.
11. *Фролова Т.И., Перчук Л.Л., Бурикова И.А.* Магматизм и преобразование земной коры активных окраин. — М. : Недра, 1989. — 260 с.
12. *Gordienko V.* Essential points of the advection-polymorphism hypothesis. // NCGT Journal. — 2015. — 3. — № 2. — P. 115—136.
13. *Gudmundsson O., Sambridge M.* A regionalized upper mantle (RUM) seismic model // J. G. R. — 1998. — 102, 4. — P. 7121—7126.
14. *Jiang G., Zhao D., Zhang G.* Seismic tomography of the Pacific slab edge under Kamchatka // Tectonophysics. — 2009. — 465 — P. 190—203.
15. U.S. Geological Survey Albuquerque Seismological Laboratory [Электронный ресурс]. — Режим доступа: [http://asfwww.cr.usgs.gov/Seismic\\_Data/](http://asfwww.cr.usgs.gov/Seismic_Data/)

Статья поступила 24.05.2016

*В.В. Гордієнко, Л.Я. Гордієнко*

### ШВИДКІСНА МОДЕЛЬ ВЕРХНЬОЇ МАНТІЇ ЗАДУГОВИХ ЗАПАДИН

За даними про час приходу *P*-хвиль від землетрусів під задуговими западинами Тихого океану побудовано годографи на відстані до 25 градусів. Це дозволило встановити розподіл швидкості до глибини біля 450—500 км. Встановлено зону зниженої швидкості у верхній мантиї від 90 до 240 км, у межах якої вірогідне часткове плавлення порід. Розглянуто геологічну історію та глибинні процеси у задугових западинах. Визначено їх приналежність до режиму океанізації.

**Ключові слова:** задугові западини, швидкісні моделі, океанізація.

*V.V. Gordienko, L.Ya. Gordienko*

### A VELOCITY MODEL FOR BACK-ARC BASINS UPPER MANTLE

According to the arrival time of the *P*-waves from earthquakes beneath back-arcs basins of Pacific hodographs are built at distances up to 25 degrees. It is allowed to establish the speed distribution up to depths of about 450—500 km. It is established the low velocity zone in the upper mantle from 80 to 150 km, where the partial melting of the rocks is probably. The geologic history and deep processes in back-arc basins are analyzed. It is established that endogenous oceanization condition is inherent in them.

**Key words:** back-arcs basins, velocity sections, oceanization.