

УДК 550.34 551.24

*Н. А. Шило, Ю. А. Косыгин, И. И. Берсенева, А. В. Журавлев,
Р. Г. Кулинич, К. Ф. Сергеев, И. К. Туезов, И. И. Хведчук*

СТРОЕНИЕ И ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗВИТИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ ОХОТОМОРСКОГО И ЯПОНОМОРСКОГО РЕГИОНОВ

В статье преимущественно по данным сейсмопрофилирования, метода общей глубинной точки, драгирования и глубоководного бурения рассматривается геологическое строение Охотоморского и Япономорского регионов. Показано, что в Охотском и Японском морях выступы акустического фундамента сложены в основном метаморфизованными осадочными и вулкано-генными, метаморфическими и кислыми изверженными породами, калий-аргоновый возраст которых в Японском море достигает 2,7 млрд. лет. Охотское и Японское моря представляют собой погруженные участки Азиатского материка. В тектоническом плане — это некомпенсированные осадконакоплением неоплат-

формы, а их глубоководные котловины — наложенные впадины. Курильская островная дуга как олигоцен-четвертичное вулканическое сооружение сформировалась на континентальном, вероятно, докайнозойском основании. Сопряженные с Курило-Камчатской и Японской островными дугами глубоководные желоба, так же как глубоководные котловины, по-видимому, являются наложенными структурами. Начало формирования Охотского и Японского морей, их глубоководных котловин, Курило-Камчатской и Японской островных дуг и одноименных с ними глубоководных желобов как геоморфологических сооружений относится, вероятно, к позднему кайнозою.

В литературе неоднократно описывалось глубинное строение и геофизические поля северо-западной части Тихого океана, в состав которой входят Охотоморский и Япономорский регионы [26, 25, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 18, 20, 21, 23, 24].

Земная кора и верхняя мантия, включая астеносферу, здесь характеризуются сложным строением. Мощность коры варьирует от 5—18 км в западной части Тихого океана до 35—40 км в Японии, на Камчатке, Сахалине, Курильских островах. Ее состав изменяется от трехслойного (осадочный — гранитный — базальтовый слой) до двухслойного (осадочный — базальтовый слой).

В мантии прослеживаются блоки с аномальными значениями плотностей и скоростей, токопроводящие слои. Токопроводящие слои, залегающие в пределах Сихотэ-Алиня на глубине 100—120 км, на Сахалине — 80—100 км, на Южных Курильских островах — 60—70 км, рассматриваются как астеносфера. Помимо верхней мантии, слои высокой электропроводимости выделяются в низах земной коры Камчатки, Сахалина, Сихотэ-Алиня. Важным структурным элементом рассматриваемой области является сейсмофокальная зона, которая по результатам последних исследований японских и сахалинских сейсмологов представляется двухслойной: верхний низкоскоростной и нижний высокоскоростной слои.

Аномалии силы тяжести в редукции Буге колеблются от —30 мгл в Японии до +400 мгл в океане, в редукции Фая — от +(40—100) мгл в окраинных морях и в океане, до —250 мгл на островных склонах глубоководных желобов.

Интенсивность магнитного поля достигает нескольких сотен гамм. В окраинных морях и в прикурильской части океана оно, как и на материке, имеет преимущественно мозаичный рисунок. В прияпонской части океана и на Курильских островах преобладают линейные аномалии.

Сильно варьируют значения теплового потока. Максимальные его величины, равные в среднем 90—100 мВт/м², отвечают окраинным морям, Японии, Камчатке и минимальные (10—50 мВт/м²) — восточной окраине материка, глубоководным желобам и северо-западной части Тихого океана.

Сейсмичность, за исключением о. Сахалин и Японии, связана в основном с сейсмофокальной зоной. На Сахалине, Камчатке, Курильских островах, в Японии гипоцентры землетрясений приурочены к земной коре.

Основной поток новых данных, позволивших получить принципиально новые результаты, связан с работами методами непрерывного сейсмического профилирования (НСП) и общей глубинной точки (ОГТ), драгированием и глубоководным бурением [2, 4, 6, 9, 10, 14, 15, 16, 19, 22, 24].

ЮГО - ЗАПАД

СЕВЕРО - ЗАПАД

ЯМАТО

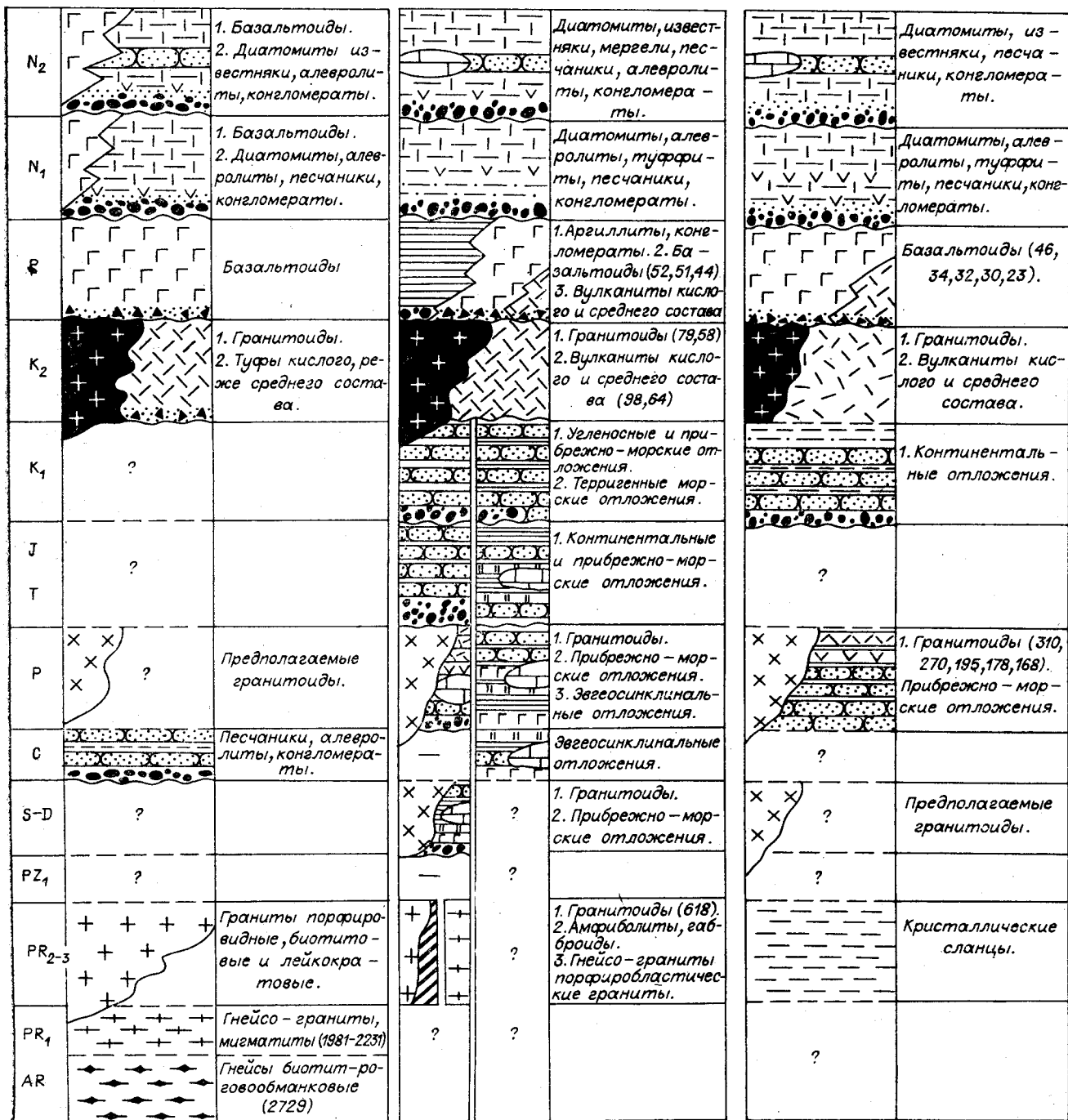


Рис. 1. Схема стратиграфии и магматизма дна Японского моря.

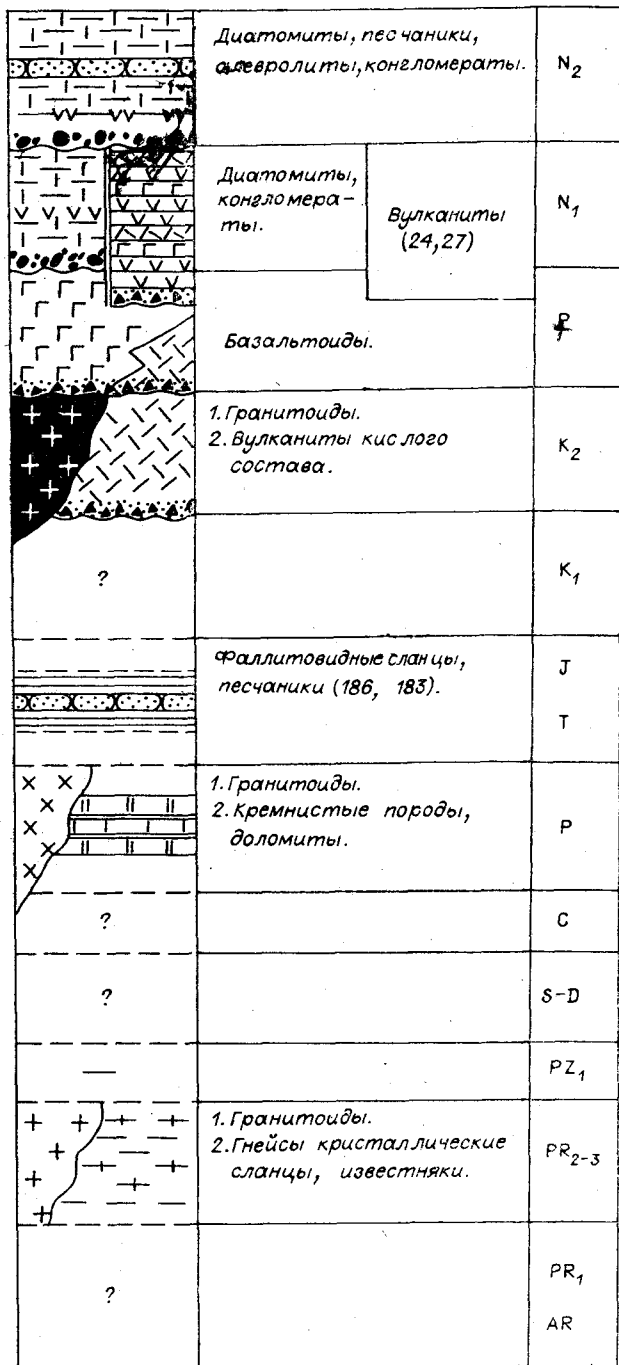
Составил И. И. Берсенева. Цифры в скобках обозначают возраст пород в млн. лет.

По данным НСП и ОГТ, в верхней части земной коры региона выделяются акустический фундамент и осадочный чехол.

Акустический фундамент прослеживается повсеместно. Исключением являются о. Сахалин и островные дуги, где он не выделен, очевидно, из-за недостаточной интенсивности источников

возбуждения упругих колебаний. Отраженные волны, соответствующие его кровле, динамически, как правило, хорошо выражены, превалируя по интенсивности над соседними отражениями, что позволяет уверенно опознавать их через разрывы в корреляции.

Данные драгирования на выступах акусти-



ческого фундамента показывают, что он составлен метаморфизованными осадочными и вулканогенными, метаморфическими и интрузивными породами, прошедшими геосинклинальный этап развития, что позволяет отождествлять его со складчатым основанием. Вместе с тем следует отметить, что возможны случаи, когда акустический фундамент отождествляется с эффузивными прослоями или уплотненными осадками в низах осадочного чехла.

Наиболее широкий по возрасту и по составу диапазон пород установлен драгированием в Японском море (рис. 1, 2). По особенностям строения фундамента и осадочного чехла здесь выделяются четыре региона: юго- и северо-запад, юго-восток и банка Ямато, для каждого из которых составлены схемы стратиграфии и магматизма.

Самые древние породы, представленные гнейсами с возрастом 2,7 млрд. лет, а также лейкократовыми гранитами, установлены на возвышенностях Криштофовича, Восточно-Китайской, Оки и др. Эти породы по своему облику и составу близки к архейским и протерозойским образованиям Корейского полуострова. На многих возвышенностях встречены метаморфизованные осадочные, вулканогенные и интрузивные комплексы палеозоя и мезозоя.

В Охотском море драгированы метаморфизованные осадочные и вулканогенные, метаморфические и интрузивные комплексы. Однако возрастной диапазон их значительно уже, чем в Японском море. По радиометрическим определениям он находится в пределах 209—31 млн. лет. Судя по характеру пород, к фундаменту из их состава могут быть отнесены верхнемеловые и более древние образования. С верхнемеловым этапом развития связана и наиболее активная фаза интрузивного магматизма. На бортах Курильской глубоководной котловины с выступов фундамента подняты метаморфические породы, сходные с нижнемезозойской новиковской свитой Сахалина, а также обильные обломки мезозойских гранитоидов (калий-аргоновый возраст 120—140 млн. лет).

Метаморфические породы с калий-аргоновым возрастом до 500 млн. лет подняты с приконтинентального склона Курило-Камчатского глубоководного желоба. Метаморфизованные комплексы, имеющие более древний возраст, нежели палеогеновый, установлены драгированием в основании континентального склона Большой Курильской гряды.

В северо-западной части Тихого океана кровля акустического фундамента совпадает с поверхностью второго океанического слоя [3], повсеместно представленного различными по составу базальтами, переслаивающимися с осадочными породами доюрского возраста [28, 31].

Породы фундамента окраинных морей интенсивно перемяты, образуют сложные складки, изобилуют несогласиями. Кровля его, как правило, размыта.

Осадочный чехол залегает на фундаменте в подавляющем большинстве случаев со стратиграфическим и угловым несогласием. Составлен он преимущественно терригенными разностями неогена и квартера. Мощность осадочного чехла в Северном прогибе и во впадине Дерюгина Охотского моря достигает 5—6 км и более

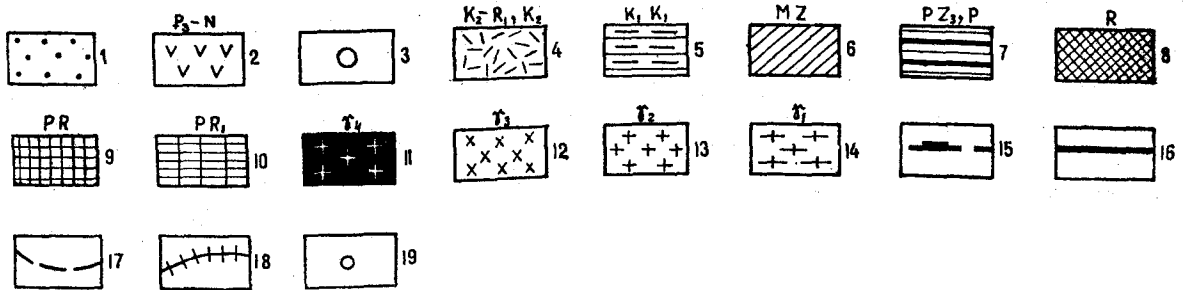
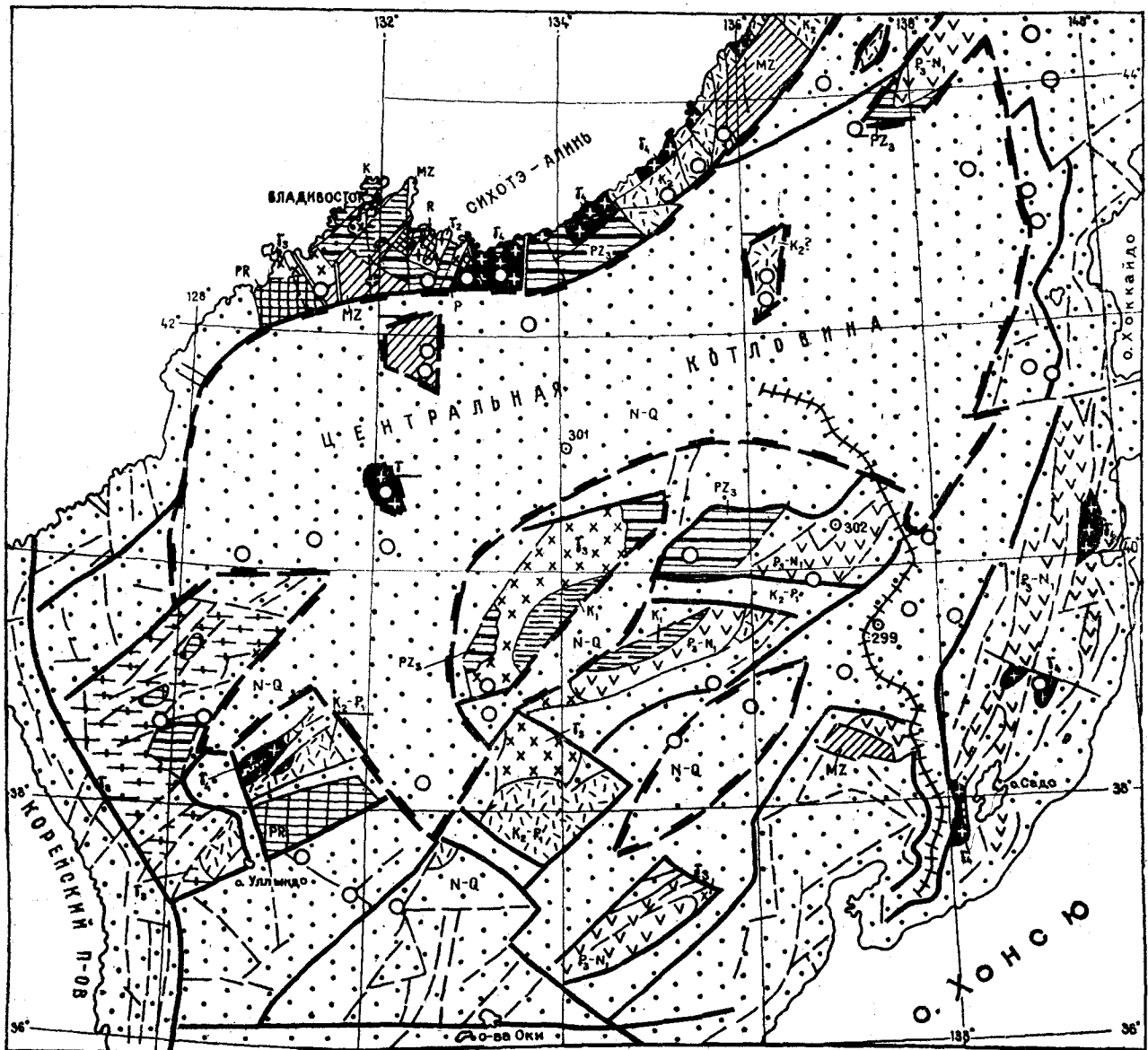


Рис. 2. Схематическая геологическая карта дна Японского моря.

Составили И. И. Берсенев, Е. П. Леликов при участии К. И. Сиговой по материалам: И. И. Берсенев, Б. И. Васильева, Ю. В. Евланова, Е. П. Леликова, Ю. С. Линкина, И. К. Пуцдина, Берсенев, Н. Г. Ващенко, М. И. Липкиной, Ю. Д. Маркова, К. И. Сиговой, В. Т. Сьедина, И. И. Теницкого, Е. П. Терехова, И. В. Уткина, В. П. Безверхнего, В. П. Гарпа, В. М. Ковылина, Р. Г. Кулинич, П. А. Строева, Ю. В. Шевалина, Р. В. Шаяхметова, В. П. Филатьева.

1—14 — комплексы пород: 1 — неоген-четвертичные отложения, 2 — олигоцен-миоценовые отложения, 3 — палеоген-неогеновые базальтоиды, 4 — верхнемеловые — палеоценовые (K₂ — P₁) и верхнемеловые отложения, 5 — меловые (K) и нижнемеловые (K₁) отложения, 6 — мезозойские отложения, 7 — верхнепалеозойские (PZ₃) и пермские (P) отложения, 8 — рифейские метаморфические породы, 9 — протерозойские метаморфические породы, 10 — нижнепротерозойские метаморфические породы, 11 — позднемеловые гранитоиды, 12 — палеозойские граниты, 13 — рифейские граниты, 14 — протерозойские гранитоиды; 15—17 — разломы: 15 — первого порядка, возможно имеющие раздвиговую природу, 16 — второго порядка (среди них возможно встречаются сбросы, сдвиги, сбросо-раздвиги, сбросо-сдвиги), 17 — третьего порядка, преимущественно неоген-четвертичные сбросы, 18 — желоб Тояма; 19 — буровая скважина и ее номер.

Рис. 3. Схема изогипс кровли акустического фундамента
Охотского моря.

1 — изогипсы, км, 2 — разломы, 3 — контуры Курильской глубоководной котловины, 4 — выходы акустического фундамента на дно моря.



(рис. 3). В то же время в Японском море она не превышает 2 км, за исключением Татарского пролива, где мощность чехла составляет 8 км и более.

Слой осадочного чехла залегают в основном субгоризонтально. Осложняющие их структуры преимущественно конформны кровле фундамента. Осадочный чехол осложнен разрывными нарушениями, которые нередко достигают дна моря, образуя уступы и каньоны амплитудой до 100 м и более. Наиболее интересной структурой в этом плане является желоб Тояма, осложняющий дно Японского моря (см. рис. 2). Он протягивается на 800 км через котловину Хонсю, северо-восточные отроги банки Ямато до Центральной котловины Японского моря. По всей видимости, этот желоб заложился не ранее позднего плиоцена.

Несомненно интересными структурами являются погребенные и подводные вулканические постройки, обнаруженные как в Курильской, так и в Центральной Япономорской котловинах.

В Японском и Охотском морях выделяются породы с калий-аргоновым возрастом 20—50 млн. лет, датируемые условно палеогеном и занимающие по степени дислоцированности и метаморфизма промежуточное положение между фундаментом и осадочным чехлом. На материковом склоне Приморья и на банке Ямато они представлены базальтами и андезито-базальтами. На возвышенности Академии наук СССР эти отложения выполняют грабенообразные понижения в кровле фундамента.

Осадочный чехол северо-западной части океана (первый океанический слой) представлен субгоризонтальными, преимущественно глубоководными осадочными породами с прослоями пеплов, возраст которых укладывается в интервал от верхней юры до неогена и квартера включительно. Их мощность обычно равна 200—300 м и лишь иногда составляет большую величину (до 1000 м на возвышенности Обручева). Кровля фундамента осложнена большим числом разрывных нарушений.

Глубоководные желоба либо вообще не заполнены осадками, или заполнены ими лишь частично. Мощность их не превышает, как правило, 500 м. Состав преимущественно турбидитный.

С тектонических позиций акватории Охотского и Японского морей представляют собой молодые некомпенсированные осадконакоплением эпимезозойские платформы с четко выраженным геосинклинальным (складчатым) фундаментом, сложенным разнообразными породами, вероятно, от архея до мела включительно; промежуточным структурным комплексом, датируемым палеогеном и осадочным неоген-четвертичным чехлом. Осадочный чехол образует структуры типа валов, прогибов, сводово-глыбо-

вых поднятий, сложенных большим числом протяженных зон разломов. Курильская глубоководная котловина Охотского моря и глубоководные котловины Японского моря являются наложенными структурами. В Японском море это подтверждается их несогласными взаимоотношениями с материковыми и островными структурами, а в Курильской котловине — аналогичными соотношениями со структурами Сахалина и возвышенности Академии наук СССР.

Принято считать, что складчатые комплексы в пределах молодых платформ по возрасту не моложе герцинид. Фундамент же Охотоморской и Япономорской платформ представлен разновозрастными складчатыми комплексами, наиболее молодые из которых принадлежат мезозоидам. Поэтому, в отличие от собственно молодых платформ, их предлагается именовать «неоплатформами».

Следует отметить, что фундамент Япономорской плиты в целом является значительно более древним, чем Охотоморской, хотя не исключена вероятность, что в фундаменте Центрально-Охотоморского свода будут встречены значительно более древние породы, нежели упоминаемые выше (209 млн. лет).

Тектоника Японской и Курильских островных дуг подробно описана в литературе [7, 9, 15, 21].

Фундамент северо-западной плиты Тихого океана является более древним, чем фундамент Курильской островной дуги, Охотоморской неоплатформы и, вероятно, неоплатформы Японского моря. Он датируется здесь как доюрский или юрский, а в пределах морей — как докайнозойский.

Охотское и Японское моря представляют собой погруженную под дно моря восточную часть Азиатского материка, основные геосинклинальные события в которой закончились в конце мезозоя. В палеогене этот регион проходил орогенную стадию развития. В неогене здесь установился платформенный режим, который на южной части Охотского моря и почти на всей акватории Японского моря осложнился процессом активизации, проявившимся в частности в формировании глубоководных котловин. Активизация тектонического процесса, очевидно, сопровождалась деструкцией земной коры [26, 29] по типу океанизации [1, 17] и, возможно, рифтообразования, приведшей к ее существенному утонению. Повышенные значения теплового потока в Охотском и Японском морях, по-видимому, свидетельствуют о том, что процессы тектонической активизации в их пределах продолжают и в настоящее время. Формирование морей и их глубоководных котловин как геоморфологических объектов следует, очевидно, связывать с тектоническими движениями позднего неогена — квартера.

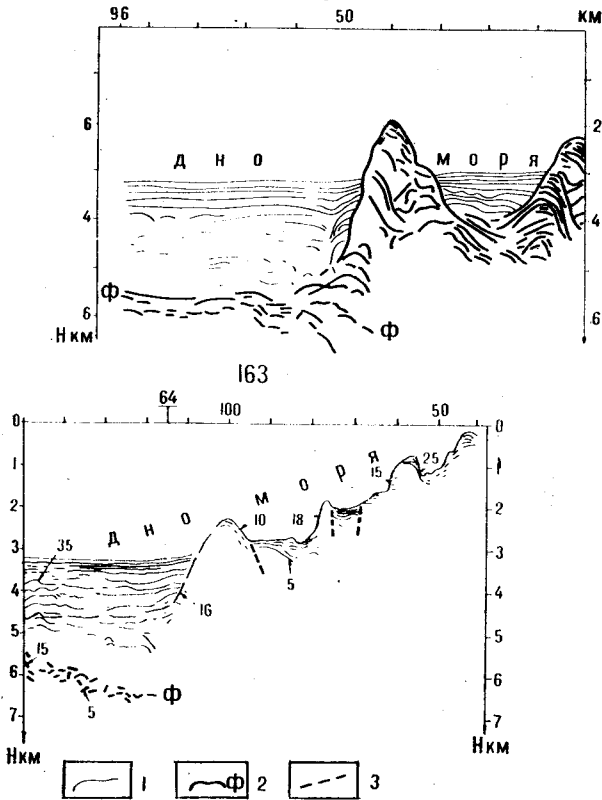


Рис. 4. Разрезы сейсмических профилей, расположенных у западного подножия о. Итуруп (южные Курильские острова).

1 — отражающие границы осадочного чехла (цифры — углы наклона границ в градусах), 2 — кровля предположительно донеогенового акустического фундамента, 3 — разломы.

Японская и Курило-Камчатская островные дуги в тектоническом отношении представляют собой кайнозойские складчатые системы.

Интересным является вопрос о фундаменте Курильской островной дуги.

Выше отмечалось, что в основании вулкано-генных образований олигоцена континентального склона Большой Курильской дуги залегают более древние комплексы, сложенные метаморфическими породами.

Интересно также сопоставление материалов, полученных при работах НСП и ОГТ к западу и к востоку от о. Итуруп и к востоку от северного Хонсю. На профилях 38 и 163 (рис. 4) отчетливо видно, что акустический фундамент Курильской глубоководной котловины погружается под Курильскую островную дугу. Аналогичная картина наблюдается к востоку от о. Итуруп и к востоку от северного Хонсю [30] — акустический фундамент также «ныряет» под островную дугу. Фундамент во всех этих пунктах ориентировочно трактуется как докайнозойское (донеогеновое) складчатое основание,

что позволяет сделать предположительный вывод о сходной его геологической природе в этих районах.

Эти факты дают основание полагать, что Курильская островная дуга, не говоря уже об Японской, как вулканическое сооружение сформировалась на континентальном основании, возможно, имеющем сходную природу с фундаментом Охотоморской неоплатформы. Как геоморфологические сооружения, та и другая дуги, вероятно, начали оформляться в позднем неогене и продолжают свое развитие в настоящее время.

По-видимому, столь же молодыми являются Курило-Камчатский и Японский глубоководные желоба в их современном виде и местоположении.

Об этом свидетельствует тот факт, что в них, как отмечалось выше, мощность осадков либо очень мала, по сравнению с их глубиной, либо они отсутствуют совсем. Это подтверждается также результатами глубоководного бурения в рейсе 57 судна «Гломар Челленджер», проводившемся вкосте простираения Японского желоба к востоку от северного Хонсю [13, 30]. Здесь обнаружены мелководные ракушечники с возрастом 25 млн. лет. Они залегают на вулканических породах, отложившихся в наземных условиях. Эти материалы дают основание полагать, что 25 млн. лет назад на месте описываемого участка Японского глубоководного желоба существовал крупный массив суши, названный древним массивом Оясио, который простирался на востоке на расстоянии до 300 км. В миоценовое или постмиоценовое время на нем заложился глубоководный желоб, очевидно продолжающий свое развитие и в современную эпоху [27].

На вопрос: ограничивалось ли распространение материковой коры глубоководными желобами или она простиралась в пределы северо-западной части Тихого океана — ответить в настоящее время затруднительно. Однако, учитывая только что изложенные данные глубоководного бурения к востоку от северного Хонсю, можно допускать, что докайнозойский фундамент, на котором заложилась Курильская островная дуга, продолжался в пределы северо-западной котловины Тихого океана и что в последующем он был погребен под мощными излияниями базальтов.

Сформулируем основные выводы.

1. Акватории Охотского и Японского морей в тектоническом отношении представляют собой некомпенсированные осадконакоплением эпимезозойские неоплатформы, в пределах ряда участков которых в настоящее время протекают активные процессы деструкции земной коры. В геоморфологическом отношении они представляют собой погруженную под уровень моря

часть Азиатского материка. Начало погружения относится к позднему неогену и продолжается поныне.

2. Курильская и Японская островные дуги являются структурами с фундаментом материкового типа и представляют в этом аспекте своеобразные «останцы» на фоне погружившихся под уровень моря с запада и востока участков суши. Как геоморфологические объекты обе дуги начали оформляться, очевидно, в позднем неогене, в основном за счет накопления вулканогенного материала.

3. Курило-Камчатский и Японский глубоководные желоба в современном виде, по-видимому, оформились примерно в то же время, что и островные дуги.

4. Под базальтами акустического фундамента на приапонском и прикурильском участках северо-западной плиты Тихого океана возможно предполагать континентальное основание.

5. Изложенные выше данные не требуют привлечения для объяснения геологических особенностей рассмотренных регионов концепции плитовой тектоники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белоусов В. В. Земная кора и верхняя мантия материков. М.: Наука, 1966.
2. Берсенева И. И., Леликов Е. П. Геологическая карта Японского моря.— Природа, 1979, № 8.
3. Васильев Б. И., Егорова М. Г., Жильцов Г. Г. и др. Новые данные о строении вала Зенкевича.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1978, № 11.
4. Васильев Б. И., Жильцов Г. Г., Суворов А. А. Геологическое строение юго-западной части Курильской системы дуга — желоб. М.: Наука, 1979.
5. Геолого-геофизические исследования зоны перехода от Азиатского континента к Тихому океану. М.: Сов. радио, 1976.
6. Геология дна Японского и Филиппинского морей. Владивосток, 1978.
7. Геология и магматизм западного обрамления Тихого океана. Владивосток, 1979.
8. Геофизические поля северо-запада Тихоокеанского подвижного пояса. Владивосток, 1976.
9. Геофизические поля островных дуг востока Азии. Владивосток, 1979.
10. Геофизика дна Японского моря. Владивосток, 1980.
11. Гнибиденко Г. С. Тектоника дна восточно-азиатских окраинных морей. М.: Наука, 1979.
12. Естественные геофизические поля Дальневосточных окраинных морей. Владивосток, 1977.
13. Информационные сообщения. Советский национальный Тихоокеанский комитет Академии наук. М., 1978.
14. Ковылин В. М. Строение земной коры в области Японского моря. М.: Наука, 1979.
15. Новые данные о строении коры и верхней мантии Курило-Камчатского и Японского региона. Владивосток, 1978.
16. Основные черты геологического строения дна Японского моря. М.: Наука, 1978.
17. Семенов Д. Ф. О наложении процессов сублизации и базификации земной коры в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану (по геологическим данным).— ДАН СССР, 1977, т. 237, № 6.
18. Структура и геодинамика литосферы северо-запада Тихого океана (по геофизическим данным). Владивосток, 1978.
19. Структура осадочных отложений Курило-Камчатского желоба. Южно-Сахалинск, 1979.
20. Строение земной коры и верхней мантии в зоне перехода от Азиатского континента к Тихому океану. Новосибирск: Наука, 1976.
21. Тектоника континентальных окраин северо-запада Тихого океана. М., Наука, 1980.
22. Тектоника Курило-Камчатского глубоководного желоба. М.: Наука, 1980.
23. Туезов И. К. Литосфера Азиатско-Тихоокеанской зоны перехода. Новосибирск: Наука, 1975.
24. Туезов И. К., Гнибиденко Г. С., Красный М. Л., Снеговской С. С. Основные черты тектоники Азиатско-Тихоокеанской активной окраины.— В кн.: Геофизика, геология и катастрофические природные явления. Геология континентальных окраин. М.: Наука, 1980.
25. Шевальдин Ю. В. Аномальное магнитное поле Японского моря. М.: Наука, 1978.
26. Gorai M. Some Geotectonic Problems viewed from the Earth's Expansion Hypothesis.— In: Earthquakes. The Discussion between seismologists and geologists. Edition of the University Tohoku, 1980.
27. Hoshino M. Origin of Trenches. La mer (Bulletin de la franco-japonaise d'océanographie). Tome 16, n. 3, p. 111—113, Aout 1978.
28. Hoshino M. Age of the Oceanic Crust.— In: Earthquakes. The Discussion between seismologists and geologists. Edition of the University Tohoku, 1980, 195—226.
29. Minato M. The Origin of "Deep Sea Basins" in the marginal Seas behind the Island Arcs of the Western Pacific. Pacific Geology, 1972, n. 6, 95—100.
30. Nagumo S. Seismic Activity and Geological Structure across the Japan Trench and Forearc.— In: Earthquakes. The Discussion between seismologists and geologists. Edition of the University Tohoku, 1980, 25—40.
31. Woollard G. P. The Interrelationships of Crustal and Upper Mantle Parameter Values in the Pacific. Reviews of Geophysics and Space Physics. 1975, v. 13, 87—137.

Президиум ДВНЦ АН СССР Владивосток
ИТИГ ДВНЦ АН СССР Хабаровск
ТОИ ДВНЦ АН СССР Владивосток
СахКНИИ ДВНЦ АН СССР
Новоалександровск

Поступила в редакцию
5 сентября 1981 г.