

УДК. 551.24

## СТРОЕНИЕ И ЭВОЛЮЦИЯ СЕВЕРО-ЗАПАДНОЙ ГЛУБОКОВОДНОЙ ВПАДИНЫ ТИХОГО ОКЕАНА

Ю.Б. Гладенков<sup>1</sup>, Р.Г. Корнева<sup>1</sup>, В.П. Патрикеев<sup>2</sup>, А.В. Хортов<sup>3</sup>, А.Е. Шлезингер<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Геологический институт РАН, Москва

<sup>2</sup>Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН

<sup>3</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва

Поступила в редакцию 21.07.14

По данным анализа непрерывного сейсмического профилирования рассматриваются строение и эволюция Северо-Западной глубоководной впадины Тихого океана, выделенной Ю.М. Пушаровским в 2006 г. В позднеюрско-меловое время она представляла собой пологую плоскую синеклизу, осевая зона которой совпадала с подводной возвышенностью Шатского. В кайнозойское время она являлась восточным пологим плоским крылом синеклизы, осевая зона которой находилась в пределах сопряженного краевого вала Зенкевича (Хоккайдо). Современный облик Северо-Западной глубоководной впадины приобрела в конце четвертичного времени за счет кратковременного погружения (обрушения), когда океаническое дно опустилось до 5–6 км.

*Ключевые слова:* сейсмостратиграфия, океаническое дно, антиформа, склоновый срез, эпиконтинентальный бассейн.

В 2003 г. Ю.М. Пушаровским были установлены и рассмотрены глубоководные впадины Атлантического океана. Затем подобные структуры были выделены им в Тихом и Индийском океанах (Пушаровский, 2005, 2006, 2007, 2008). Позже более детально глубоководные впадины были проанализированы в Северной Атлантике (Пушаровский, 2012). Представляется, что именно эти исследования положили начало новому познанию геологии Мирового океана. По мнению Ю.М. Пушаровского (2005), глубоководные впадины представляют собой тектонические элементы, требующие специального изучения их строения и структурного развития. Он отметил, что их исследование в последнее десятилетие играет слишком малую роль и необходимы не только геодинамические разработки, но и изыскания, где на первое место был бы поставлен геологический подход. Северо-Западная окраина Тихого океана, в пределах которой выделена одноименная глубоководная котловина, является прекрасным полигоном для этих целей. Она имеет форму треугольника, обращенного острым углом на север, а основанием — на юг. Северо-Западная глубоководная впадина Тихого океана занимает пространство между краевыми валами Зенкевича (Хоккайдо), Японским и Бонинским на западе, поднятием Обручева на севере, Императорским и Гавайским хребтами на востоке и юго-востоке и горным комплексом Мид-Пацифик на юге. Ее протяженность в меридиональном и субмеридиональном направлениях приближается к 3000 км, а широтные размеры достигают 2200 км, что дает площадь, равную 3 300 000 кв. км. Для значительной северо-западной ее части составлен атлас временных и интерпретированных

разрезов непрерывного сейсмического профилирования (НСП), увязанных с материалами глубоководного бурения, и глубинный разрез, построенный по материалам преломленных и отраженных волн (Патрикеев, 2009).

Глубоководные впадины, по Ю.М. Пушаровскому, образуют особый класс тектонических структур, распадающийся на несколько типов: периспрединовый, центрально-талассогенный, периконтинентальный, межгорный, межразломный и талассосинеклизный. Время их заложения колеблется от ранней юры (Канарская глубоководная впадина Центральной Атлантики) до позднего кайнозоя (Исландская, Норвежская и другие глубоководные впадины Северной Атлантики). Они образуются в результате растяжения земной коры между спрединговым хребтом и окраиной континентов, вызванного развитием континентальных блоков (Пушаровский, 2005). Он указывает, что Норвежская впадина и трог Рокколл к формированию современных спрединговых хребтов отношения не имеют, и связывает глубоководные впадины Северной Атлантики с вторичным спредингом и структурным новообразованием, что коррелируется с позднекайнозойским временем их формирования (Пушаровский, 2012).

Геологический разрез Северо-Западной глубоководной впадины выше поверхности Мохо начинается с сейсмического слоя 3В серпентинитов мощностью до 3,5 км, который следует отнести к мантии. Выше залегает коровый сейсмический слой 3А габбро мощностью до 2 км и сейсмический слой 2 диабазовых даек и толеитовых базальтов, в верхней части с прослоями терригенных осадочных пород мощ-

ностью до 2 км. Общая мощность магматической части разреза достигает 7–8 км. На подводной возвышенности Шатского, в районе Курильского глубоководного желоба и вала Зенкевича она увеличивается до 20–22 км (Пушаровский, 2005). Кровля сейсмического слоя 2 представляет собой акустический фундамент. Наличие в нем прослоев терригенных пород указывает по биостратиграфическим данным на верхнюю юру — нижний мел. Возраст основной части магматической коры и мантии, как и для других регионов Мирового океана, остается неизвестным. Бурением в кровле океанического фундамента вскрыты пузырчатые базальты с подушечной отдельностью. Судя по пузырчатой текстуре, они изливались в морских условиях на глубинах не более 600–1000 м (Рудич, 1984), а местами перекрывались мелководно-морскими и наземными отложениями.

Акустический фундамент перекрывается сейсмическим слоем 1, представленным осадочным чехлом, охватывающим возрастную диапозон от верхней юры до кайнозоя (Initial..., 1980, 1982). Его разрез начинается карбонатная толща А, которую слагают известняки с прослоями окремненных известняков и нанопелагических глин. В нижней части подводной возвышенности Шатского карбонаты замещаются глинами. Возраст толщи А определяется как верхняя юра — нижний мел. Ее мощность на площади подводной возвышенности Шатского достигает 450–550 м. За пределами возвышенности она сокращается до 100–200 м. В направлении западного и северного обрамления Северо-Западной глубоководной впадины толща А полностью выклинивается.

Выше по разрезу располагается кремнисто-глинистая толща В. Она сложена глинами с прослоями и желваками биогенных кремней и относится к верхней части нижнего и к верхнему мелу. Ее мощность к юго-востоку от подводной возвышенности Шатского достигает 300 м, в отдельных изолированных мульдах она составляет 100–200 м, а на западе впадины не превышает 50–100 м. Площадь распространения толщи В превышает таковую распространения толщи А, и она может непосредственно перекрывать акустический фундамент. Общая мощность верхнеюрско-меловых отложений на площади подводной возвышенности Шатского по сейсмическим данным достигает 550–600 м, а на западной периферии впадины и на площади краевого вала Зенкевича сокращается до 50–100 м, а местами полностью выклинивается.

Палеогеновые отложения в пределах северо-западной глубоководной впадины Тихого океана отсутствуют, и на ее площади в это время седиментация не происходила, поскольку никаких признаков их размыва не фиксируется. Перерыв осадконакопления продолжался до 40 млн лет. Меловые отложения кремнисто-глинистой толщи В непосредственно пе-

рекрываются горизонтом С, сложенным пестрыми глинами, условно отнесенными к среднему миоцену. Его мощность составляет 20–40 м.

Основную часть кайнозойского разреза составляет туффито-кремнистая, глинистая толща Д. Она представлена диатомовыми, реже радиоляриевыми алевритистыми илами, глинами, аргиллитами с тонкими прослойками вулканического пепла с повышенным содержанием органического вещества. Возраст толщи Д устанавливается как средний миоцен — квартал. Но на юге и юго-востоке ее подошва датируется верхним миоценом. На западе и северо-западе мощность кайнозойских отложений на площади краевого вала Зенкевича достигает 600–1000 м, а к внутренним районам впадины сокращается до 100–200 м и только в отдельных изолированных грабенах возрастает до 1000–1200 м.

Анализ тектонических деформаций может быть проведен по трем опорным отражающим горизонтам: кровля акустического фундамента — подошва осадочного чехла, кровля меловых отложений — подошва кайнозойских отложений и поверхность океанического дна — кровля кайнозойских отложений.

Региональная составляющая тектонических деформаций кровли акустического фундамента намечает на площади подводной возвышенности Шатского крупное субмеридиональное поднятие. Оно фиксируется на глубине 4500–5000 м при амплитуде до 1000 м. К западу она через градиентную зону, достигающую ширины 100 км, опускается до 5800–6000 м. К востоку от поднятия Шатского наблюдается близкая картина, но сейсмическая информация здесь отсутствует. На площади краевого вала Зенкевича кровля акустического фундамента поднимается до 5600 м и вновь опускается до 6600–6800 м в зоне сопряжения с океаническим склоном Курильского глубоководного желоба. Отсюда наклон увеличивается до первых градусов к его осевой зоне, где ее глубина превышает 8800 м.

Региональная составляющая тектонических деформаций кровли меловых отложений на площади подводной возвышенности Шатского более резко, особенно в нижней части, очерчивает одноименное поднятие. Она располагается на глубине 4500–4600 м и имеет амплитуду до 120 м. К западу кровля меловых отложений очень постепенно снижается до 5600–5900 м, располагаясь на 50–60 м выше кровли акустического фундамента, повторяя его изгибы.

Таким образом, по кровле акустического фундамента и меловых отложений в центральной части Северо-Западной глубоководной впадины выделяется поднятие Шатского. Большая западная часть впадины представляет его крыло, выраженное пологой плоской моноклиной. Аналогичное крыло фиксируется и в восточной части впадины.

Региональная составляющая поверхности океанического дна вырисовывает Северо-Западную

котловину Тихого океана как пологую синеклизу, осложненную в центральной части поднятием Шатского. Свод последнего располагается на глубине 3500–5000 м, а на крыльях оно погружается до 5500 м при градиенте наклона 5–10 м на километр, т.е. менее одного градуса. В поперечнике поднятие Шатского достигает 400 км при протяженности до 2000 км. Далее на запад поверхность океанического дна постепенно погружается до 5700–5900 м. Отсюда начинается новый пологий подъем, намечающий краевой вал Зенкевича, свод которого располагается на глубине 5000–5200 м. В сопряженном Курильском глубоководном желобе поверхность океанического дна опускается до 8000 м. Краевой вал Зенкевича продолжает на юге Японский и Бенинский краевые валы, а на севере поднятие Обручева. Они ограничивают Северо-Западную глубоководную впадину на западе и севере. На востоке и юго-востоке поверхность океанического дна располагается на глубине до 6,0–6,5 км, ограничиваясь Императорским, Гавайским хребтами и горным комплексом Мид-Пацифик.

Локальные составляющие тектонических деформаций представлены антиформами, синформами, изометричными поднятиями, мульдами, грабенами, однокрыльями грабенами и горстами (рис. 1–3). Их амплитуда чаще всего не выходит за пределы первых сотен метров, но иногда составляет 500–600 м

и даже превышает 1000 м. Размеры в длину составляют десятки километров при поперечнике, обычно не превышающем первые километры. Амплитуда локальных тектонических деформаций увеличивается от поверхности океанического дна вниз по разрезу осадочного чехла, и максимальные (до двух, трех и более раз) значения фиксируются по кровле акустического фундамента. Однако их знак чаще всего остается постоянным, под положительными локальными структурами поверхности океанического дна располагаются положительные структуры осадочного чехла и кровли акустического фундамента, а под отрицательными локальными структурами поверхности дна — отрицательные структуры осадочного чехла и кровли акустического фундамента. В некоторых случаях утонение и разрастание толщин связано с уменьшением или увеличением поступления терригенного материала.

Устанавливаются магматические штоки, прорывающие или поднимающие осадочный чехол. Их высота достигает многих сотен метров и первых километров. Возможно, некоторые из антиформ связаны с подъемом магматического вещества преимущественно в конце накопления осадочного чехла. Локальные структурные формы осложнены многочисленными плоскостными склоновыми срезами осадочного чехла, величиной до десятков и первых сотен метров. Встречаются врезы глубиной до пер-

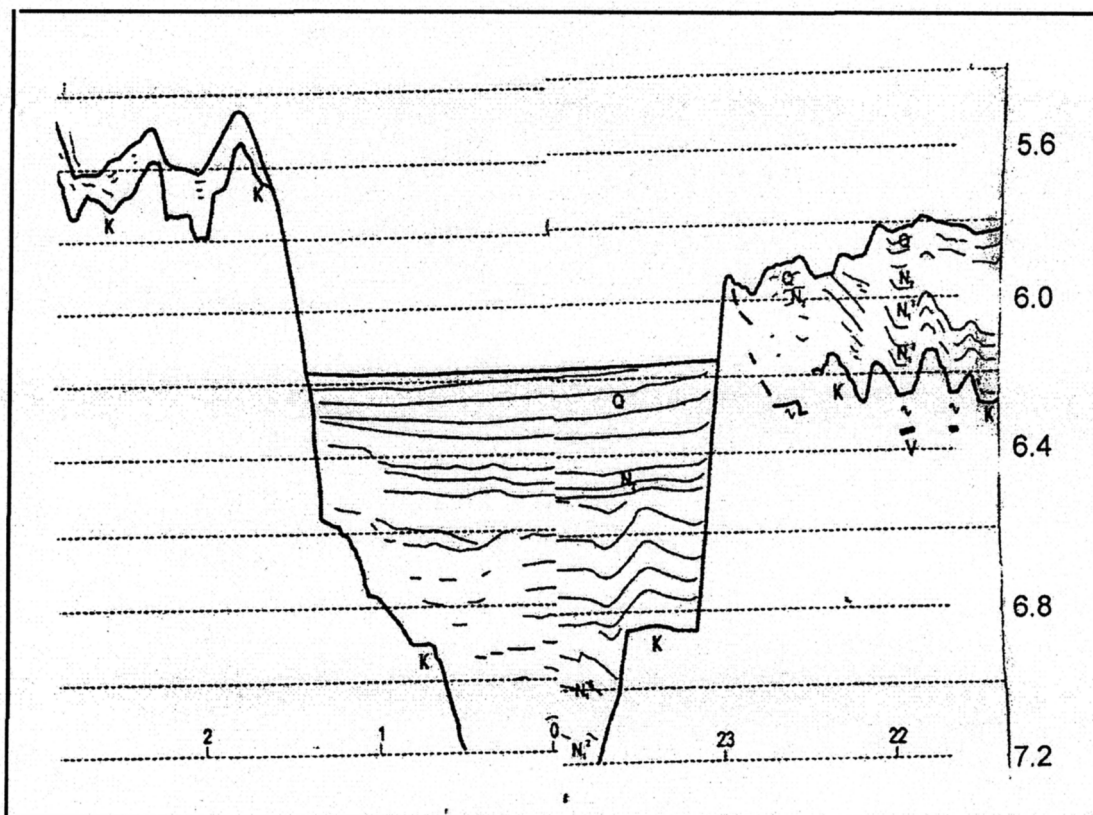


Рис. 1. Кайнозойский грабен. Стандартными индексами показан возраст отдельных частей разреза осадочного чехла

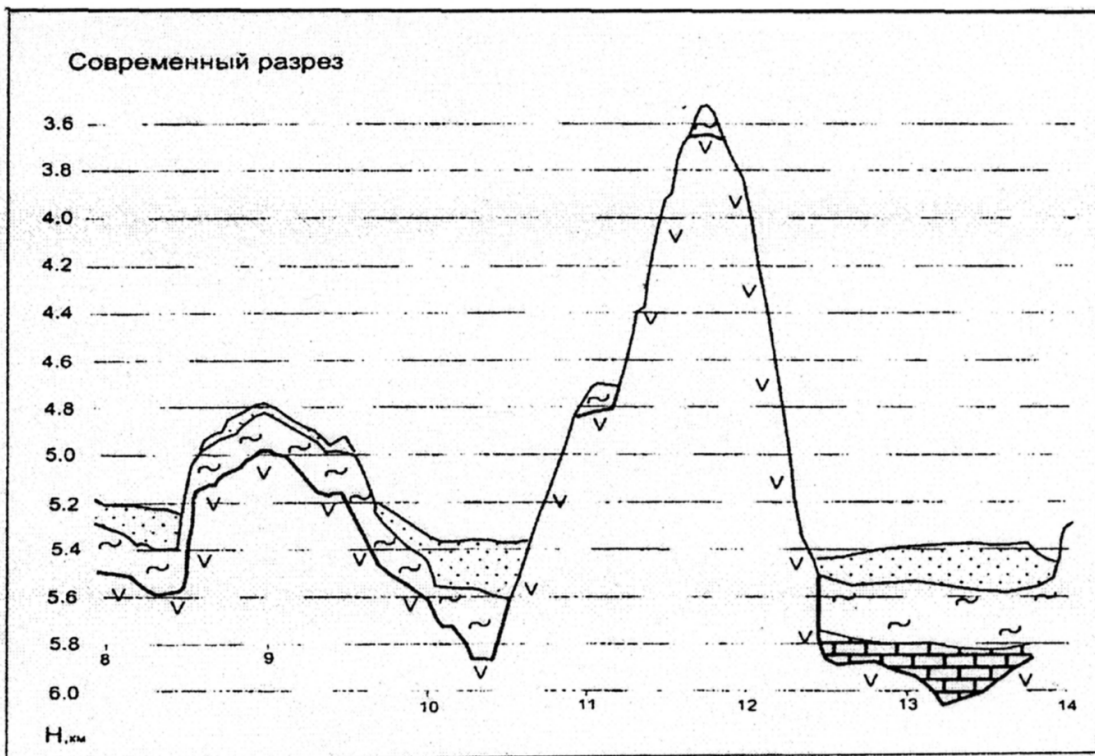


Рис. 2. Вулканический поток и тектоно-вулканические антиформы и синформы. Галочками показаны вулканические породы, кирпичиками — карбонатные, волнистым знаком — преимущественно кремнистые, точками — терригенные

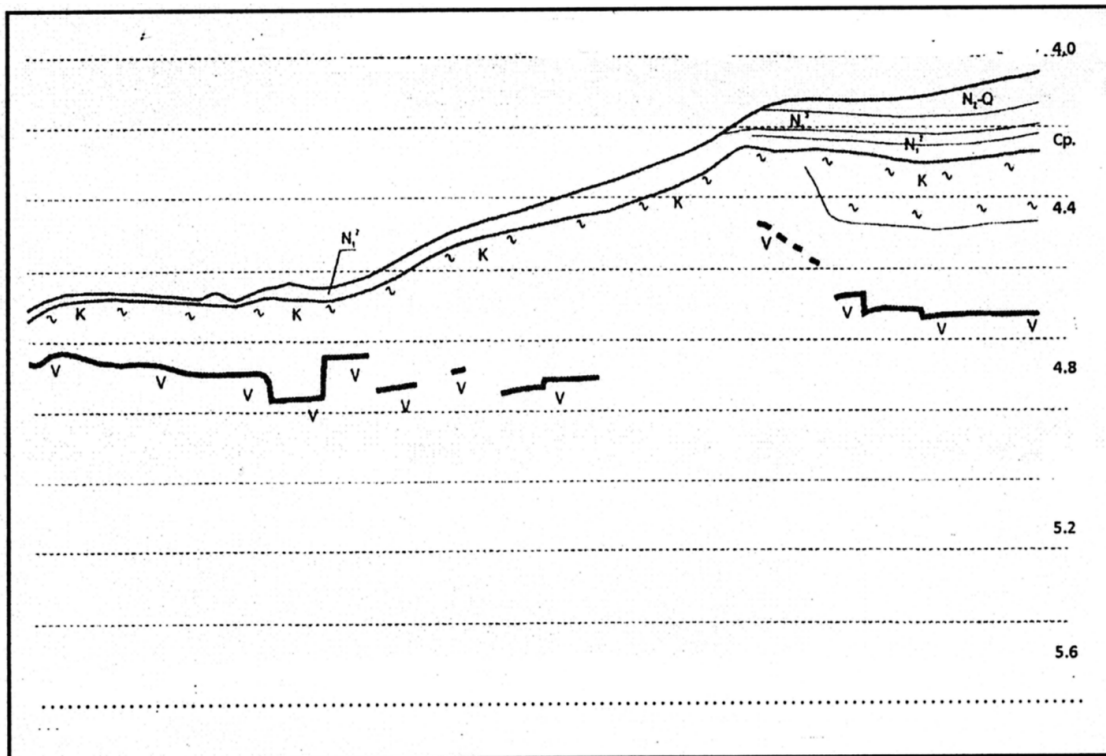


Рис. 3. Меловая и кайнозойская синформы в пределах поднятия Шатского

вых сотен метров, выполненные самыми молодыми слоями кайнозойского осадочного чехла. Вероятно, они связаны с контурными подводными течениями.

Региональные тектонические деформации постмагматического этапа развития могут быть разделены

на три временных диапазона: позднеюрско-меловой, кайнозойский и современный постседиментационный.

Площадь Северо-Западной глубоководной впадины Тихого океана в позднеюрско-меловое время представляла собой пологую синеклизу, осевая зона

которой совпадала с подводной возвышенностью Шатского. Она имела плохо выраженные пологие плоские крылья. Западное из них переходит через краевые валы Зенкевича, Японского, Бенинского в разновозрастные активные и глубокие прогибы Курильской и Японской островных дуг. Восточное крыло позднеюрско-меловой синеклизы имело, по-видимому, близкое строение, но меньшие в поперечнике размеры и ограничивалось Императорским хребтом. На севере и юге на площадях затухания подводной возвышенности Шатского осевая, относительно глубокая часть позднеюрско-меловой синеклизы редуцируется, и разновозрастные пологие плоские моноклиналы соприкасаются на севере в виде клина с поднятием Обручева, а на юге — с протяженным подводным горным комплексом Мид-Пацифик.

В кайнозойское время осевая зона позднеюрско-меловой синеклизы отмирает. В течение палеогена северо-западная часть одноименной синеклизы находилась практически в состоянии покоя (Патрикеев, 2012). На ее площади отсутствовали погружение и седиментация, поднятие и размыв. В миоцен-четвертичное время наметилась пологая синеклиза, осевая часть которой совпала с площадью краевого вала Зенкевича. Впадина была занята пологим плоским восточным крылом, аналогичным по морфологии западному крылу позднеюрско-меловой синеклизы. Оно протягивалось до восточной границы, связанной с Императорским хребтом. Западное крыло миоцен-четвертичной синеклизы плохо выражено и через Курильский глубоководный желоб, как и крыло позднеюрско-меловой синеклизы, сопрягалось с активным глубоким прогибом Курильской островной дуги.

Позднеюрско-меловая и кайнозойская синеклизы были созданы средней интенсивности конседиментационным прогибанием, затухавшим на площади пологих плоских крыльев, о чем свидетельствует утонение, а местами и выклинивание слагающих их отложений. В кайнозойское время осевая зона синеклизы сместилась на площадь вала Зенкевича, и Северо-Западная глубоководная впадина Тихого океана представляет ее почти плоское крыло. Л.В. Ломтев и др. (1997), В.Н. Патрикеев и др. (1997) считали, что осадочный чехол Северо-Западной глубоководной впадины Тихого океана формировался в морских относительно мелководных условиях, нередко разделенных участками суши.

Региональная составляющая поверхности океанического дна (кровли кайнозойских отложений) была рассмотрена выше. Ее структурный план был создан кратковременным дифференцированным погружением (обрушением), величина которого достигала 5–6 км. Его дифференцированность связана с мантийными плюмами, которые снижают величину опускания и приводят к образованию остаточных положительных тектонических структур типа поднятия Шатского и краевого вала Зен-

кевича. Локальные тектонические деформации разного генезиса позднеюрско-кайнозойского возраста также вносят свой вклад в дифференциацию. Положительные досовременные тектонические деформации ослабляют кратковременное опускание и способствуют образованию локальных положительных современных тектонических структур, а досовременные отрицательные структурные формы усиливают кратковременное опускание и способствуют образованию локальных отрицательных современных тектонических деформаций.

Время проявления современного постседиментационного тектогенеза может быть определено не точнее первых сотен тысяч лет, поскольку возможности НСП не выходят за пределы этих величин. Однако исследования, проведенные Институтом океанологии в Южной и Центральной Атлантике профилографом с более высокой разрешаемостью (Левченко, 2011), могут сузить диапазон их проявления до десятков тысяч лет.

Физический механизм кратковременных опусканий (обрушений), величина которых достигает многих километров, предложил И.А. Гарагаш (Гарагаш и др., 2012, 2013; Гарагаш, Шлезингер, 2006).

Рассмотренные материалы показывают, что Северо-Западная глубоководная впадина Тихого океана в позднеюрско-меловое время представляла собой пологую синеклизу, формирующуюся в мелководном бассейне. В кайнозойское время она превратилась в пологое плоское крыло синеклизы, также формирующееся в мелководном бассейне. В современное постседиментационное время произошло резкое кратковременное опускание (обрушение) до 5–6 км. Она превратилась в глубоководную океаническую впадину, осложненную подводной возвышенностью Шатского и ограниченную краевыми инверсионными валами Зенкевича, Японским и Бонинским, поднятием Обручева, хребтами Императорским, Гавайским и горным комплексом Мид-Пацифик, где кратковременное погружение имело значительно меньшую величину.

Предложенная модель строения и эволюции Северо-Западной глубоководной впадины Тихого океана основана преимущественно на сейсмических материалах. Сделанные по ним выводы находятся в противоречии с данными, базирующимися на магнитных аномалиях, литолого-фациальных и биостратиграфических материалах глубоководного океанического бурения и донных трубок. В дальнейшем целесообразно продолжить комплексирование фактических материалов. Возможно, что эволюция этой глубоководной впадины объясняется не столько большими глубинами океанического дна, сколько большой удаленностью от источников сноса терригенного обломочного материала. В этом заключается и существенное отличие физико-географических процессов, происходящих в океанических бассейнах от эпиконтинентальных бассейнов материков.

## ЛИТЕРАТУРА

- Гарагаш И.А., Иогансон Л.И., Шлезингер А.Е.* Топодепрессии Земли и физический механизм их образования // Мат-лы XLV Тектонич. совещ. М.: ГЕОС, 2013. С. 264–270.
- Гарагаш И.А., Лобковский Л.И., Шлезингер А.Е.* Геодинамическая модель и эволюция глубоководных акваторий Северного Ледовитого океана в позднем мезозое-кайнозое по данным сейсмических исследований // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. Вып. 4. 2012. С. 11–18.
- Гарагаш И.А., Шлезингер А.Е.* Типы конвективных ячеек и создаваемые тектонические структуры // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2006. Т. 81, вып. 6. С. 3–8.
- Левченко О.В.* Внутренняя тектоника океанов // Современное состояние наук о Земле. Мат-лы межд. конф., посвященной памяти В.Е. Хаина, Москва, 1–4 февраля 2011 г. М., 2011. С. 1082–1085.
- Ломтев В.Л., Патрикеев В.Н., Немченко Г.С.* Сейсмостратиграфия кайнозойского осадочного чехла северо-западной плиты Тихого океана // Структура и вещественный состав осадочного чехла северо-запада Тихого океана. Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Т. IV. Южно-Сахалинск, 1997. С. 21–41.
- Патрикеев В.Н.* Атлас сейсмических разрезов Северо-Западной плиты Тихого океана. М.: ГЕОС, 2009. 207 с.
- Патрикеев В.Н.* Вертикальные движения Северо-Западной плиты Тихого океана // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2012. Т. 87, вып. 4. С. 65–76.
- Патрикеев В.Н., Ломтев В.Л., Немченко Г.С.* Сейсмостратиграфия мезозойского осадочного чехла северо-западной плиты Тихого океана // Структура и вещественный состав осадочного чехла северо-запада Тихого океана. Геодинамика тектоносферы зоны сочленения Тихого океана с Евразией. Т. IV. Южно-Сахалинск, 1997. С. 5–20.
- Пуцаровский Ю.М.* Об образовании глубоководных впадин в Атлантическом океане // Докл. АН. 2003. Т. 389, № 6. С. 790–794.
- Пуцаровский Ю.М.* Избранные труды. Тектоника. Этюды: В 2 т. Т. 2. Тектоника океанов. М., 2005. 555 с.
- Пуцаровский Ю.М.* Тектонические типы глубоководных впадин Тихого океана // Геотектоника. 2006. № 5. С. 25–38.
- Пуцаровский Ю.М.* Тектонические типы глубоководных впадин Индийского океана // Геотектоника. 2007. № 5. С. 23–37.
- Пуцаровский Ю.М.* Тектонические типы глубоководных впадин в океанах и отношение к ним потенциально-промышленных полей железомарганцевых конкреций // Геотектоника. 2008. № 4. С. 13–17.
- Пуцаровский Ю.М.* Тектонические типы глубоководных впадин и сегментации Северной Атлантики // Геотектоника. 2012. № 2. С. 29–41.
- Рудич Е.М.* Расширяющиеся океаны: факты и гипотезы. М.: Недра, 1984. 251 с.
- Initial Reports of the Deep Sea Drill. Proj. Vol. 56, 57, 61, 86. Washington, 1980, 1980, 1981, 1982.

## STRUCTURE AND EVOLUTION OF NORTH-WESTERN DEEP-SEA DEPRESSION OF PACIFIC OCEAN

*Yu.B. Gladenkov, R.G. Korneva, V.P. Patrikeyev, A.V. Khortov, A.E. Schlesinger*

According to the materials of the NRS the structure and evolution of the North-Western Depression of the Pacific Ocean shows, that it was during Late Jurassic — Early Cretaceous by flat syncline, axial zone which coincides with the submarine Shatsky Rise block. In Cenozoic time it represented the east flat wing of the syncline, axial area of which was within the inherent edge of Zenkevich Swell (Hokkaido). The modern topography of North West Depression was produced in the late Quaternary time via a fast subsidence, when the oceanic bottom fell to 5–6 km.

*Key words:* seismic stratigraphy, oceanic floor, antiformal, slope section, epicontinental basin.

**Сведения об авторах:** *Гладенков Юрий Борисович* — докт. геол.-минерал. наук, зав. лаб. ГИН РАН, e-mail: gladenkov@ginras.ru; *Корнева Римма Георгиевна* — канд. геол.-минерал. наук, гл. специалист ГИН РАН, e-mail: rima@ginras.ru; *Патрикеев Владимир Петрович* — сотр. Ин-та морской геологии и геофизики ДВО РАН, скончался в 2014 г.; *Хортон Алексей Владимирович* — докт. геол.-минерал. наук, главный геолог, ОАО Союзморгео, e-mail: akhortov@mail.ru; *Шлезингер Александр Ефимович* — докт. геол.-минерал. наук, гл. науч. сотр. ГИН РАН, e-mail: rima@ginras.ru