

УДК 550.8.055(265.54)

В.Г. ПРОКУДИН, М.Г. ВАЛИТОВ, С.Н. КОНОНЕЦ

Структура кайнозойских отложений депрессии Амурского залива

Выполнен анализ материалов геофизических исследований (сейсмическое профилирование, гравиметрия, магнитометрия), полученных в Амурском заливе в экспедициях Тихоокеанского океанологического института им. В.И. Ильичёва ДВО РАН. Показано, что депрессия залива представляет собой асимметричный грабен, в пределах которого выделено два континентальных осадочных суббассейна с мощностью кайнозойских отложений до 700–1100 м. Построена карта рельефа кровли неоплейстоценовых осадков, отлагавшихся в бассейнах рек палеоРаздольная и палеоАмба–Барабашевка. Режим морского осадконакопления в Амурском заливе установлен в позднем неоплейстоцене–голоцене.

Ключевые слова: осадочный бассейн, морские геофизические исследования, Амурский залив.

The Cenozoic deposits structure of the Amur Bay depression. V.G. PROKUDIN, M.G. VALITOV, S.N. KONONETS (V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

The analysis of geophysical survey's materials (seismic profiling, gravimetry, magnetometry), obtained in the Amur Bay in expeditions of POI FEB RAS is executed. It was shown that the depression of the bay is an asymmetric graben within which two continental sedimentary sub basins with the Cenozoic deposits up to 700–1100 m were determined. A map of the relief of the surface of the Neopleistocene sediments deposited in the basins of the paleo Razdolnaya and palaeoAmba-Barabashevka Rivers was constructed. The regime of marine sedimentation in the Amur Bay was established in the late Neopleistocene-Holocene.

Key words: sedimentary basin, marine geophysical studies, the Amur Bay.

Амурский залив расположен западнее п-ова Муравьев-Амурский и архипелага Императрицы Евгении. В структурном отношении он относится к подводному продолжению Южно-Приморской тектонической зоны (ее Супутинской подзоны), которая представляет собой наложенную мезо-кайнозойскую впадину [1, 9]. Кайнозойская часть разреза представлена эоцен-миоценовыми терригенными континентальными породами. Эта толща перекрыта аллювиальными отложениями (суифунская свита), которые на западе подзоны замещаются базальтами и андезито-базальтами шуфанской свиты [9]. Судя по материалам бурения Артемо-Тавричанской впадины у изголовья Амурского залива [12], разновозрастные комплексы имеют отчетливые структурные несогласия, смяты в широкие складки с углами падения крыльев до 10–12°.

Геолого-геофизические исследования на акватории залива проводились в основном в экспедициях ТОИ ДВО АН СССР (с 1991 г. – ТОИ ДВО РАН). Кроме того, работы выполнялись ДВГИ ДВО АН СССР, Приморским территориальным геологическим управлением (ПТГУ) и ФГУП ВНИИОкеангеология. В разных объемах были выполнены: гравиметрия, магнитометрия, одноканальное сейсмическое профилирование (НСП), бурение, изучение донных осадков трубками и черпаками, батиметрия.

*ПРОКУДИН Владимир Германович – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ВАЛИТОВ Максим Георгиевич – кандидат геолого-минералогических наук, заведующий лабораторией, КОНОНЕЦ Светлана Николаевна – старший инженер (Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН, Владивосток). *E-mail: prokudin@poi.dvo.ru

При геологических исследованиях на акватории залива пробы отбирали прямоточными трубками, дночерпателями и с помощью бурения. Буровые работы выполнены Морской экспедицией ПТГУ для решения задач геологического картирования и институтом «Дальморниипроект» (ныне ОАО «ДНИИМФ») в процессе инженерно-геологических изысканий. Глубина скважин составляла первые десятки метров (максимальная глубина 106 м), что позволило изучить состав и взаимоотношение преимущественно четвертичных отложений в прибрежной зоне залива. Было установлено, что четвертичные отложения формировались в основном в континентальных условиях (лишь голоцен представлен морскими осадками). Максимальная их мощность (зафиксированная в северной части Амурского залива) достигает 20–35 м. В бухтах открытого типа и внешней части залива четвертичные отложения маломощны [11]. Кроме того, в пределах Угловской впадины трестом «Дальвостуглеразведка» в процессе разведки Артемовского и Тавричанского угольных месторождений пробурено около 1000 скважин глубиной до 1 км и 1 параметрическая скважина глубиной 1,3 км; материалы бурения использованы для разработки стратиграфической схемы кайнозойских отложений [12].

Целями данной статьи являются анализ и интерпретация полученных материалов геофизических исследований, изучение структуры кайнозойских пород депрессии Амурского залива и построение карты палеорельефа кровли континентальных неоплейстоценовых отложений.

Экспериментальные материалы и их интерпретация

Сейсмические исследования НСП со спаркером на акватории залива в конце 60-х – начале 70-х годов прошлого века проводились сотрудниками геофизической лаборатории Тихоокеанского отделения ИО АН СССР (ныне ТОИ ДВО РАН) и ДВГИ [7, 10]. В 1997 г. специалисты ТОИ ДВО РАН в 21-м рейсе НИС «Профессор Гагаринский» осуществили площадную съемку НСП с пневмоисточником объемом 3 дм³. Гравиметрические и гидромагнитные измерения сделаны в 36-м рейсе НИС «Профессор Гагаринский» (2003 г.). В последние годы выполнены значительные по объему сейсмоакустические работы с 3,5-килогерцовым профилографом [6] и гидромагнитные измерения с протонным магнитометром [2], в 2014 г. – площадная сейсмоакустическая съемка со спаркером мощностью 1,5 кДж и расстоянием между профилями 500 м. Сейсмоакустические исследования велись в рамках договора с ВНИИОкеангеология. Общая длина профилей около 1000 км; съемкой покрыта большая часть акватории залива: от изобаты 15 м на севере до островов Пахтусова на юге (рис. 1). Полученные материалы позволили расшифровать структуру четвертичных отложений и подстилающих пород на глубину до 40–60 м. Интерпретировали сейсмоакустические материалы с учетом данных бурения скважины 2В [4, 13]. Донные осадки Амурского залива по данным геологического опробования [4] представлены мелкоалевритовыми и пелитовыми илами. В таких отложениях (судя по материалам бурения в Японском море [14] и нашим работам в зал. Посъета [8]) скорость распространения упругих волн составляет 1,5–1,55 км/с. Эта величина близка к скорости звука в воде, что позволяет корректно определять глубины границ в верхней части разреза.

Депрессия Амурского залива отчетливо проявлена в аномалиях потенциальных полей, в частности минимумом гравитационной аномалии в редукции Фая (рис. 2А, см. вклейку). Локальные аномалии пониженных значений гравитационного поля фиксируются в осевой части залива: южнее и восточнее п-ова Песчаный. В аномалиях магнитного поля Амурский залив в целом характеризуется отрицательными значениями (рис. 2Б). Наибольшие их градиенты фиксируются в юго-восточной части залива, где интенсивные знакопеременные аномалии приурочены к выходам базитов на островах архипелага Императрицы Евгении [5]. Величины аномалий магнитного поля уменьшаются восточнее линии п-ов Песчаный – о-в Русский, а направление изоаномал изменяется с северо-восточного

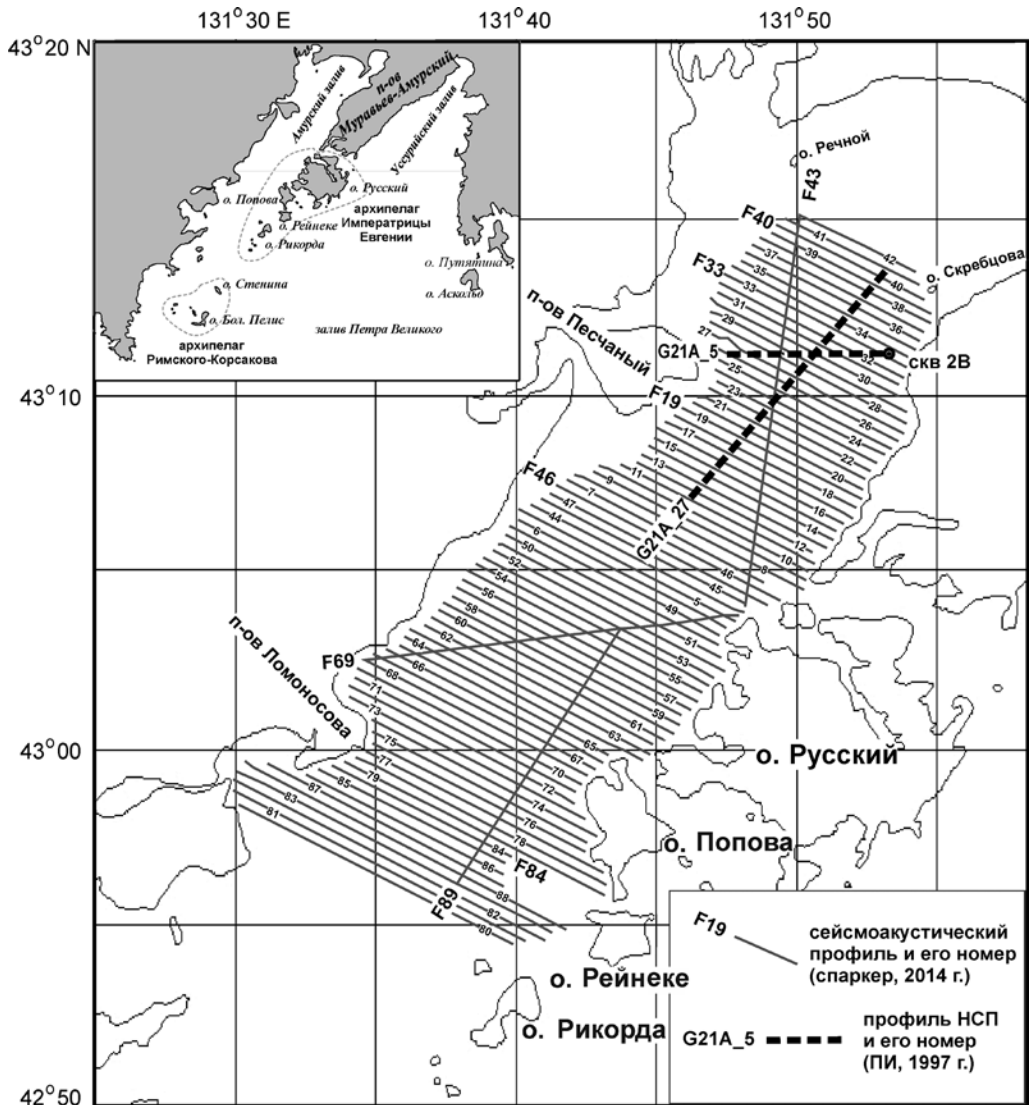


Рис. 1. Схема сейсмических профилей ТОИ ДВО РАН, Амурский залив. F5–F89 – сейсмоакустические профили, НИС «Фараон». G21A_5, G21A_27 – профили НСП, 21-й рейс НИС «Профессор Гагаринский». На врезке – обзорная карта района работ

на субмеридиональное. Таким образом, по характеру аномалий потенциальных полей в пределах залива можно выделить два осадочных суббассейна: северный и южный.

В рельефе неоплейстоценовых отложений эти суббассейны представлены впадинами с глубинами 35–50 м от уровня моря, которые разделены валом (минимальные глубины 14–20 м), расположенным между п-овом Песчаный и о-вом Попова (рис. 3). На многих сейсмоакустических профилях фиксируются палеоруслу рек, их береговые террасы и конусы выноса (рис. 4). В пределах северного суббассейна зафиксировано большое количество акустических аномалий, обусловленных поступлением газа из подстилающих пород в зонах дизъюнктивных дислокаций (рис. 5). В плейстоцене рельеф северного осадочного суббассейна формировался речной системой палеоРаздольная. Русло этой реки прослежено вплоть до прол. Босфор Восточный, куда она впадала в то время. Рельеф южного осадочного суббассейна формировался речной системой палеоАмба–Барабашевка. Основной водной артерией являлась палеоАмба, которая протекала западнее современного

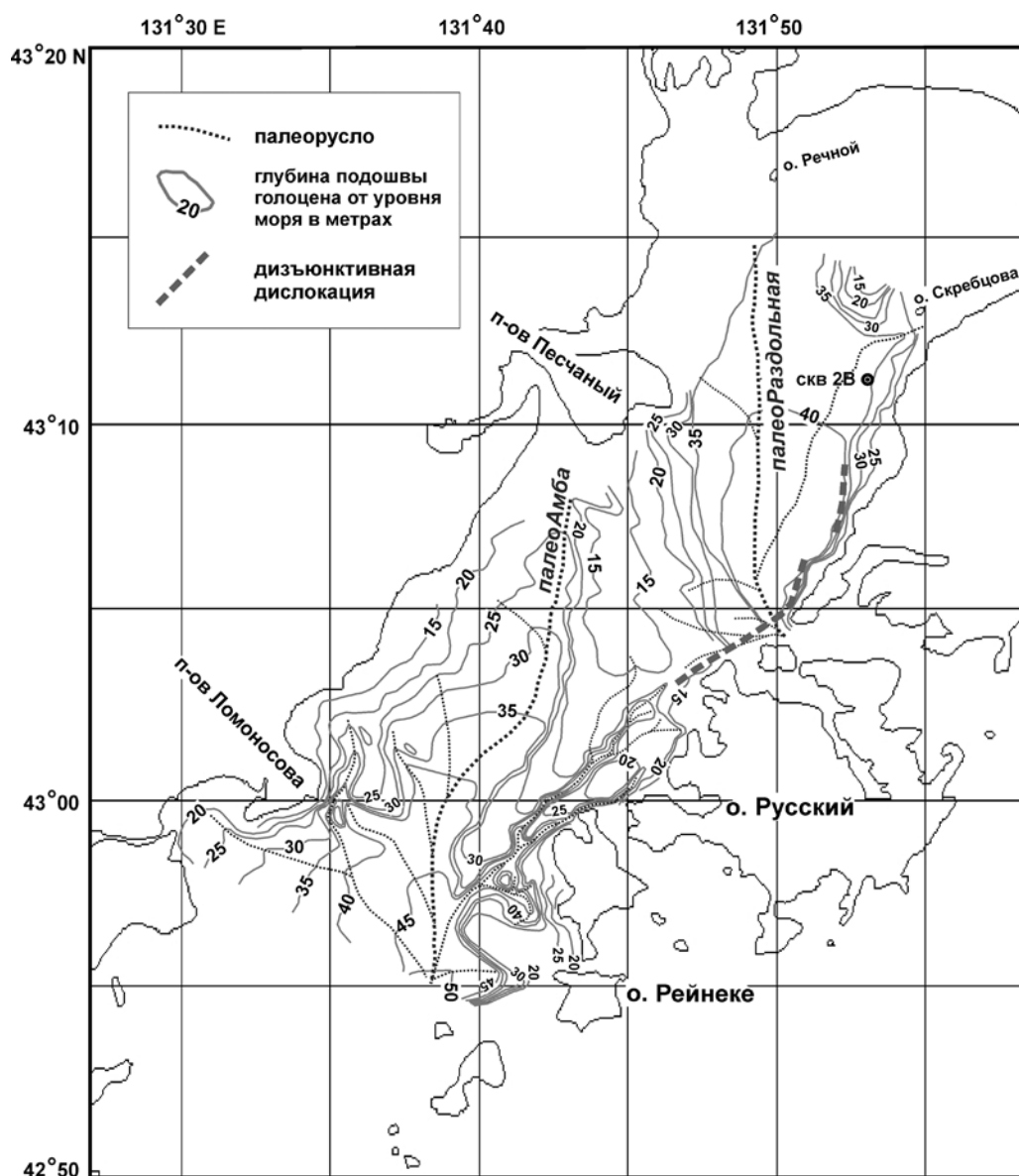


Рис. 3. Карта рельефа кровли неоплейстоценовых отложений

п-ова Песчаный и лишь в позднем неоплейстоцене–голоцене ее устье сместилось к северу от п-ова Песчаный.

Сопоставление аномалий магнитного и гравитационного полей с картой палеорельефа показывает хорошую корреляцию особенностей полей и плейстоценового рельефа. Материалы НСП с пневмоисточником, которыми освещена структура осадочных отложений до глубины 600–800 м от уровня моря, фиксируют наличие мощных осадочных толщ в пределах обоих суббассейнов (рис. 6). Таким образом, депрессия Амурского залива (наряду с Угловской впадиной и другими осадочными бассейнами юга Приморья) является длительно развивающимся грабеном, заложившимся на континентальной окраине в раннем палеогене.

Кайнозойские осадочные бассейны юга Приморья хорошо изучены. Они сложены континентальными песчано-глинистыми угленосными отложениями среднего эоцена

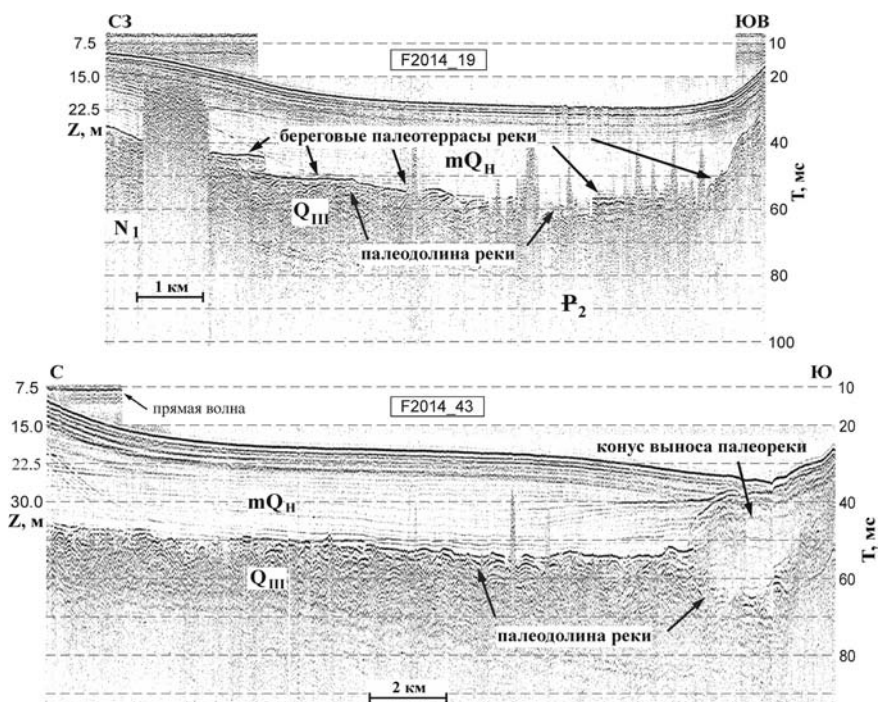


Рис. 4. Отображение элементов палеоречной системы на сейсмоакустических разрезах. Положение профилей показано на рис. 1

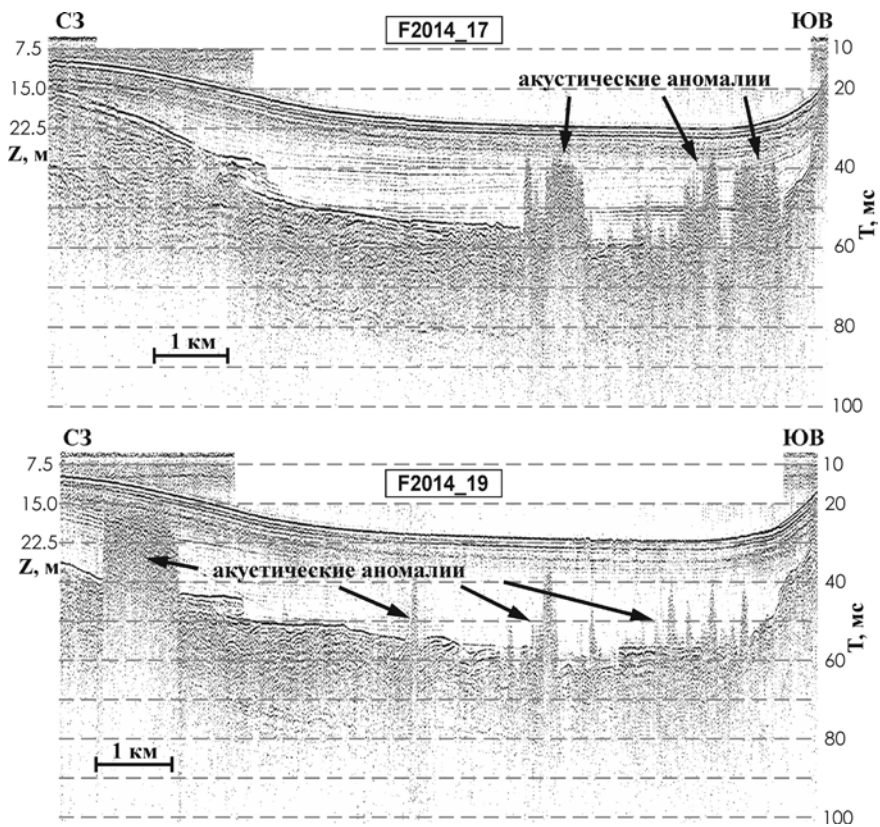


Рис. 5. Акустические аномалии как индикаторы газонасыщенных участков разреза в зонах дизъюнктивных дислокаций. Положение профилей показано на рис. 1

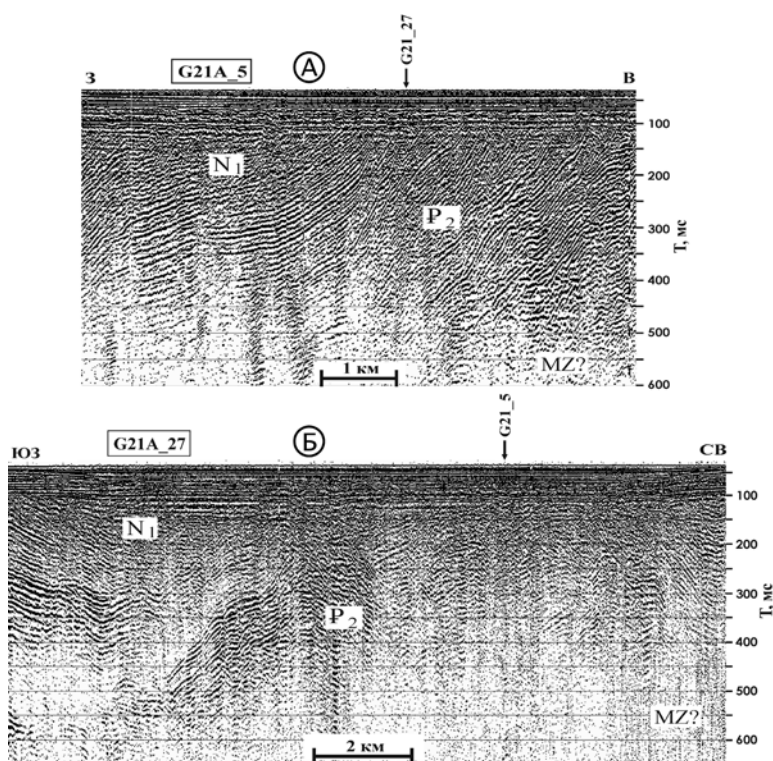


Рис. 6. Структура кайнозойских отложений северного осадочного суббассейна по данным НСП. А – вкрест простирания осадочного бассейна; Б – вдоль простирания осадочного бассейна. Стрелкой отмечено место пересечения профилей. Положение профилей показано на рис. 1

(угловская свита), позднеэоцен-олигоценными (надеждинская и усть-давыдовская свиты) и раннемиоценовыми (усть-суифунская свита) терригенными отложениями общей мощностью до 500–1300 м. Эта толща с размывом и резким угловым несогласием перекрывается плиоцен-четвертичными аллювиальными отложениями небольшой (до 100–130 м) мощности [9, 12]. Все эти особенности кайнозойских отложений отчетливо проявляются на представленных (рис. 6) и опубликованных нами ранее [3] временных сейсмических разрезах. Отметим в качестве характерных особенностей разреза асимметричную структуру осадочной толщи, наличие пликативных и дизъюнктивных дислокаций, резких угловых несогласий разновозрастных горизонтов. Наиболее отчетливо эти несогласия фиксируются в подошве четвертичных отложений и в кровле позднего неоплейстоцена. Первая из этих границ связана с эрозионной поверхностью в кровле эоцен-миоценовой толщи, а вторая – с подошвой голоцена, когда трансгрессия моря привела к затоплению части суши и установлению режима морской седиментации.

Выводы

Депрессия Амурского залива заложилась на континентальной окраине в позднем палеоцене. Структурный план депрессии определяется разломами северо-восточного простирания при подчиненном значении разломов меридионального, широтного и северо-западного простираний.

Основная масса континентальных терригенных отложений, заполняющих депрессию, накопилась в эоцене – нижнем миоцене в процессе погружения ее фундамента (амплитудой до 700–1100 м) и подъема блока п-ова Муравьев-Амурский.

Тектоническая активизация в среднем миоцене сопровождалась трапповым вулканизмом на западном борту депрессии и интенсивным подъемом восточного борта, в результате которого отложения чехла были частично эродированы и сформировался асимметричный профиль грабена.

Меридиональным горстом (по линии п-ов Песчаный – острова Попова и Рейнеке) грабен Амурского залива делится на два осадочных бассейна с депоцентрами на широте мыса Красный и мыса Створный. Эти континентальные суббассейны развивались обособленно до неоплейстоцена, когда сформировались хорошо выраженные русла бассейнов рек палеоРаздольная и палеоАмба–Барабашевка.

Подъем уровня моря в позднем неоплейстоцене привел к затоплению обоих суббассейнов и установлению здесь (в голоцене) режима морского осадконакопления.

ЛИТЕРАТУРА

1. Берсенева И.И., Липкин Ю.С., Пущин И.К., Липкина М.И. Геологическое строение материкового склона Японского моря у побережья южного Приморья // Вопросы геологии и геофизики окраинных морей северо-западной части Тихого океана. Владивосток, 1974. С. 56–68.
2. Бессонова Е.А., Никифоров В.М., Зверев С.А., Коптев А.А., Залищак В.Б. Аномальное магнитное поле северо-западной части залива Петра Великого (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. 2013. № 6. С. 213–220.
3. Валитов М.Г., Прокудин В.Г., Цовбун Н.М. Природа аномального магнитного поля залива Петра Великого (Японское море) // Вестн. ДВО РАН. 2015. № 2. С. 49–59.
4. Васильев Б.И., Марков Ю.Д. Рельеф и донные отложения Амурского залива // Вопросы геологии и геофизики окраинных морей северо-западной части Тихого океана. Владивосток, 1974. С. 98–113.
5. Изосов Л.А., Съедин В.Т., Емельянова Т.А., Кононец С.Н., Валитов М.Г., Крамчанин К.Ю. Новые данные по магматическим комплексам острова Попова и некоторые проблемы геологии залива Петра Великого // Современное состояние и тенденции изменения природной среды залива Петра Великого Японского моря / отв. ред. А.С. Астахов, В.Б. Лобанов. М.: ГЕОС, 2008. С. 355–378.
6. Карнаух В.Н., Суховеев Е.Н., Листровая И.А., Горенков В.А. Особенности строения Амурского залива (Японское море) и характеристика распределения скоплений газа в голоценовых осадках // Геология и геоэкология континентальных окраин Евразии. Вып. 4. Спец. вып. Геология и полезные ископаемые окраинных морей Евразии. М.: ГЕОС, 2012. С. 148–169.
7. Марков Ю.Д., Радкевич Р.О. Интерпретация опорного сейсмоакустического профиля в Амурском заливе // Геология окраинных морей Тихого океана. Владивосток, 1975. С. 122–126. (Тр. ТОИ ДВНЦ АН СССР; т. 7).
8. Медведев С.Н., Прокудин В.Г. Реализация метода отраженных волн при сейсмоакустических исследованиях в мелком море // Физика геосфер: Материалы докл. VI Всерос. симпозиум, Владивосток, 7–11 сентября 2009 г. Владивосток: Дальнаука, 2009. С. 98–101.
9. Назаренко Л.Ф., Бажанов В.А. Геология Приморского края. Ч. 3. Основные черты тектоники и история развития. Владивосток: ДВГИ ДВО АН СССР, 1989. 60 с.
10. Прокудин В.Г., Филатьев В.П. Особенности временных разрезов НСП в заливе Петра Великого // Геофизические исследования переходной зоны от континента к океану в области Японского моря. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 66–76.
11. Рышков В.С., Шахгельдян И.Г., Полищук Л.Н. Четвертичные отложения прибрежной части шельфа залива Петра Великого // Вопросы геологии и геофизики окраинных морей северо-западной части Тихого океана. Владивосток, 1974. С. 76–87.
12. Седых А.К. Кайнозойские рифтогенные впадины Приморья (геологическое строение, минералогия и геодинамика углегенеза). Владивосток: Дальнаука, 2008. 248 с.
13. Троицкая Т.С. Миграционная последовательность комплексов бентосных фораминифер в голоценовых осадках Амурского залива (Японское море) // Среда и жизнь в геологическом прошлом: (палеоэкологические проблемы). Новосибирск: Наука, 1974. С. 30–40. (Тр. ИГиГ СО АН СССР; вып. 84).
14. Proc. Ocean Drilling Program, Sci. Results. Vol. 127/128, pt. 2 / ed. Tamaki K. et al. 1992. 1478 p.