

В.Д. ХУДИК, Ю.Д. ЗАХАРОВ

## Анализ и ревизия миоценовых бореальных фаун двустворчатых моллюсков Южного Сахалина

*Приведены результаты изучения остатков фаун двустворчатых моллюсков из миоценовых отложений Южного Сахалина. Их анализ позволил выделить три бореальных комплекса моллюсков: неveltский, раннечекховский и курасийский, фиксирующие периоды похолодания климата в миоцене региона. Изучение неогеновых представителей родов *Lucinoma* и *Mya* позволило обозначить среди них ряд таксонов, имеющих стратиграфическое значение. Установленное присутствие тепловодных двустворок в фаунах позднечекховского времени Южного Сахалина, очевидно, отражает собой начальный этап тенденции нарастающего потепления климата в миоцене региона с климатическим оптимумом в верхнедуйско-сертунайское время. Высказывается следующее мнение: неустойчивые климатические условия в позднем палеогене – раннем неогене северной части Япономорского региона могли быть основной причиной возникновения здесь одного из мощных центров эволюции морских малакофаун бореальных районов Северной Пацифики.*

*Ключевые слова:* двустворчатые моллюски, миоцен, Южный Сахалин.

**Analysis and revision of the Miocene boreal faunae of bivalve mollusks of the South Sakhalin.** V.D. KHUDIK, Yu.D. ZAKHAROV (Far East Geological Institute, FEB RAS, Vladivostok).

*The results on the studying of the faunae of bivalve mollusks remains from Miocene deposits of the South Sakhalin are presented. The analysis of the last ones allowed distinguishing the following three boreal assemblages of mollusks: Nevelskiy, Early Chekhovskiy and Kurasiiskiy, recording the period of climatic cooling in Miocene of the region. Studying of Neogene representatives of *Lucinoma* and *Mya* generas allowed identifying some taxa among them which have stratigraphic significance. The detected presence of warm water bivalves in the faunae of the Late Chekhovskiy time of the South Sakhalin appears to reflect the initial stage of the tendency of the intensifying climate warming happened during Miocene, with climatic optimum during the Verkhneduysky – Sertunaysky times. An opinion is expressed that the unstable climatic conditions in the northern part of the Japan Sea region during Late Paleogene – Early Neogene could have been the main reason for originating of one of the high-potential centers of evolution of the marine malacofaunae of boreal regions of the North Pacific.*

*Key words:* bivalve mollusks, Miocene, South Sakhalin.

На Дальнем Востоке морские бассейны занимают обширное пространство северо-западной части Пацифики. Простираясь с севера на юг, они пересекают различные климатические районы Дальневосточной подобласти Северитихоокеанской бореальной

---

\*ХУДИК Владимир Дмитриевич – кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник, ЗАХАРОВ Юрий Дмитриевич – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник (Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток). E-mail: khudikv@mail.ru

Работа выполнена в рамках основных заданий НИР ДВГИ ДВО РАН по теме «Тектоника, геодинамическая эволюция орогенных поясов восточной окраины Азии, особенности формирования стратифицированных комплексов (0270-2016-0001)» по разделам 1.2. «Биостратиграфические, палеонтологические и геохимические исследования осадочных комплексов континентального обрамления Северо-Западной Пацифики: значение для корреляции геологических и климатических событий на конвергентных и трансформных границах литосферных плит» и 4.1. «Определение степени сопряженности изменений палеоклимата позднего кайнозоя и палеоэкоцистем в Северо-Тихоокеанском регионе».

области [8]. Это обстоятельство приводит к тому, что комплексы морского бентоса, и моллюсков в частности, обнаруживают заметную широтную зависимость как в прошлом, так и в настоящее время, что существенно затрудняет их сравнение, а для ископаемых фаун – корреляцию и обоснование возраста вмещающих фауны толщ (рис. 1). По данным А.И. Кафанова [15], бореальные воды Северной Пацифики в настоящее время насчитывают 550 видов двустворчатых моллюсков. Около 85 таксонов двустворчатых и брюхоногих моллюсков являются транзитными и регистрируются с позднего миоцена, охватывая временной интервал продолжительностью, по современным представлениям [82], более 11 млн лет. С миоценовыми же бассейнами, по его мнению, связано формирование современного облика бореальных фаун двустворчатых моллюсков этого региона.

Согласно имеющимся данным [4, 15], формирование бореальной фауны Северной Пацифики было тесно связано с возникновением в кайнозое системы холодных и теплых течений, свойственных этому региону и в настоящее время. Влияние течений на расселение и специфику ассоциаций кайнозойской малакофауны отмечалось неоднократно, однако о времени становления системы течений мнения исследователей расходятся. Т. Окутани [75] отмечал воздействие течений на характер фауны раннесреднемиоценовых бассейнов Японии (о-в Хонсю) и, вероятно, всего Дальневосточного региона. По его данным, в среднем миоцене холодное течение проникало до 35° с.ш., и это могло оказывать существенное влияние на проникновение бореальных и субарктических моллюсков, населявших район возможного действия течения в бухте Сагами. А.И. Кафанов [15] полагает, что бореальный водный бассейн с характерным комплексом фауны возник в Северной Пацифике в конце миоцена, а система течений, близкая современной, сложилась не ранее первой половины плиоцена.

Это не противоречит мнению Р.Л. Мерклина с соавторами [25], считавших, что современный облик фауны арктического типа сформировался в плиоцен-плейстоценовое время.

Вместе с тем, несмотря на достигнутые успехи [5, 15, 16, 29], ряд положений и моментов этого процесса до настоящего времени остаются недостаточно изученными. Так, не отрицая наличия транзитных форм и проявления консерватизма у ряда миоценовых двустворчатых моллюсков, считаем, что этот факт исследователями зачастую излишне преувеличен. До сих пор остаются недостаточно понятными этапы, время и механизм формирования современного облика бореальных фаун двустворчатых моллюсков Северо-Западной Пацифики, как и история их развития в эпоху миоцена. Остается открытым и вопрос о времени образования современной системы северотихоокеанских течений и их возможной роли в формировании кайнозойских комплексов малакофаун. Часто неубедительно звучат объяснения бореального характера самих комплексов кайнозоя Дальневосточного региона. Изучение неогеновых двустворок Южного Сахалина (рис. 2), а также анализ комплексов малакофауны с учетом общего изменения климата в кайнозое Северо-Западной Пацифики позволяет нам высказать свои суждения по ряду этих вопросов.

По мнению ряда исследователей [14, 31, 32], одним из наиболее активных центров формирования кайнозойских малакофаун бореальных районов Северо-Западной Пацифики были северная часть Японских островов и Южный Сахалин. Основной причиной этого А.И. Кафанов [15] полагает устойчивые климатические условия указанного района

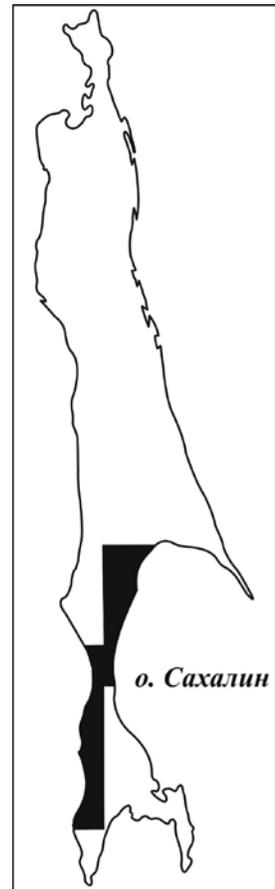


Рис. 1 Обзорная схема района работ

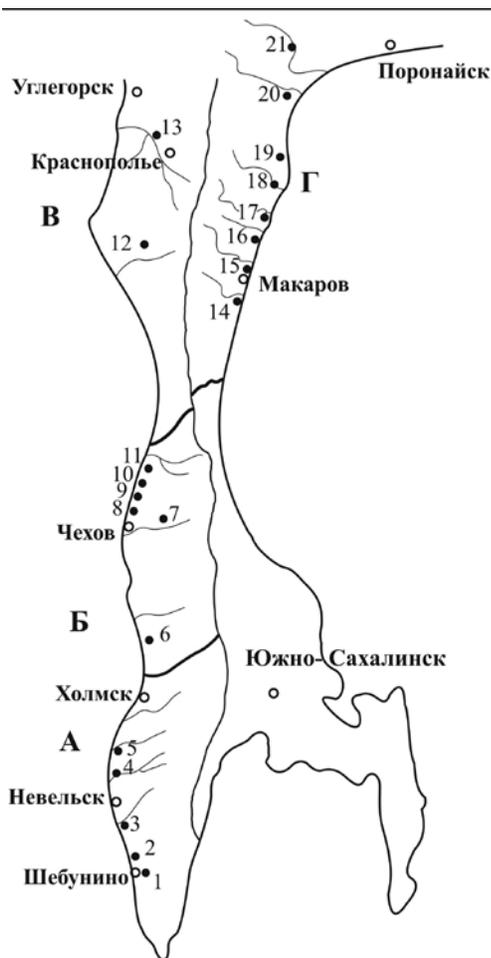


Рис. 2. Районы исследований и места сбора фауны на юге Сахалина. Районы: А – Холмско-Невельский, Б – Чеховско-Томаринский, В – Углегорский, Г – Макаровский. Места сбора фауны: 1 – р. Шебунинка, 2 – р. Лопатинка, 3 – р. Казачка, 4 – р. Ловецкая, 5 – р. Ясноморка, 6 – р. Пионерская, 7 – р. Чеховка, 8 – побережье района пос. Новосибирское, 9 – р. Арканзас, 10 – район пос. Новоселово, 11 – р. Урожайная, 12 – р. Парусная, 13 – район пос. Краснопожье, 14 – р. Лесная, 15 – р. Макарова, 16 – р. Кринка, 17 – р. Гарь, 18 – р. Горная, 19 – побережье района пос. Вахрушев, 20 – р. Гастелловка, 21 – р. Тихменевка

Вероятно, достаточно неустойчивые и существенно отличные от предшествующего времени условия существования организмов явились в палеогене важным фактором, своего рода толчком или пусковым механизмом, для бурного эволюционного развития. Устойчивые же условия адаптации организмов в конечном итоге приводят к затуханию эволюционного процесса. Так, эврибионтность некоторых прикамских фораминифер, по мнению Д.М. Раузер-Черноусовой и Е.Л. Кулик [28], выработалась не при однообразных условиях их существования в намюрском веке (карбон), а позже, с усилением тектонических движений, повлекшим за собой подвижность водных масс и общее изменение среды обитания. Вероятно, именно неустойчивые климатические условия явились одной из главных причин возникновения в позднем палеогене – раннем неогене северной части

в палеогене. В.М. Синицын [30] также указывал на слабую климатическую дифференциацию в раннем–среднем палеогене Евразии в целом, но уже со второй половины олигоцена он отмечал значительное похолодание в Дальневосточном регионе.

Однако большинство исследователей [1, 57, 81, 83] указывают на неоднократные климатические флюктуации в кайнозое Северного полушария, в частности в палеогене. При этом Л.И. Фотьянова [36], отмечая постоянное и неравномерное изменение кайнозойского климата северной части Тихого океана, устанавливает по флоре два момента потепления, один из которых приходился на конец среднего – начало позднего эоцена. По ее данным, климат в пределах северной части Япономорского региона (примерно до 40° с.ш.) менялся от теплоумеренного в раннем палеогене к субтропическому в конце среднего – начале позднего эоцена с тенденцией к похолоданию в конце олигоцена. Ю.П. Баранова и С.Ю. Бискэ [3] отмечают максимальное для палеогена потепление в конце среднего – начале позднего эоцена, а во второй половине олигоцена климат, по их мнению, был теплоумеренным. С.А. Лаухин [21] для внетропической части Северного полушария выделил пессиумы в конце эоцена – начале раннего олигоцена и в конце олигоцена – раннем миоцене, а также оптимум в олигоцене. При общей тенденции к похолоданию подавляющее большинство исследований однозначно указывают на нестабильность климата в олигоцене с падением среднегодовой температуры к концу эпохи [5, 83].

Принимая во внимание эти данные, по-видимому, нет оснований говорить о стабильности климата в палеогене Дальневосточного региона, скорее наоборот.

япономорского региона мощного центра эволюции бореальных малакофаун северо-западной части Пацифики.

Наличие большого числа транзитных видов моллюсков, проходящих от миоцена до настоящего времени, неоднократно отмечалось [9, 16], но оценивается по-разному. Если И.П. Хоменко [37], указывая на консерватизм многих форм моллюсков третичных тихоокеанских малакофаун, сохраняющих свой облик от миоцена до настоящего времени, полагал это их «неудобной» особенностью, то А.И. Кафанов [16], напротив, рассматривал это проявление как «наиболее надежную основу широких субмеридиональных корреляций». И все же отмеченная выше констатация транзитных форм двустворок в кайнозойе Северо-Западной Пацифики, по нашему мнению, в ряде случаев несколько преувеличена. На это очевидно указывает проведенное нами специальное изучение кайнозойских представителей родов *Lucinoma* и *Mya* [38–40].

Результаты исследований Й. Гото и Г. Поупа [55] свидетельствуют о том, что современная мировая морская фауна двустворчатых моллюсков насчитывает 13 видов рода *Lucinoma* (*L. adamsiana* Habe, *L. acutilineata* (Conrad), *L. aequizonata* Stearns, *L. annulata* Reeve, *L. atlantis* Mclean, *L. blakeana* Bush, *L. borealis* Linne, *L. filosa* Stimpson, *L. galathea* Martwick, *L. heroica* Dall, *L. japonica* Habe, *L. spectabilis* Yokoyama, *L. yoshidai* Habe). Вместе с тем в кайнозойе Северной Пацифики род *Lucinoma* представлен более чем 20 таксонами, причем наибольшее видовое разнообразие отмечено в кайнозойе Японии [49, 61]. По сведениям К. Хираямы [58], к середине 1960-х годов там было выделено 15 видов *Lucinoma* (*L. izirii* Otuka, *L. otukai* Hatai et Nisiyama, *L. katayosensis* Aoki, *L. hanezawaensis* Nomura et Zinbo, *L. acutilineata* (Conrad), *L. annulata* (Reeve), *L. spectabilis* (Yokoyama), *L. concentrica* (Yokoyama), *L. meisensis* Makiyama, *L. shimogoensis* Hirayama, *L. nipponica* Nomura et Hatai, *L. corrugate* (Deshayes), *L. stearnsiana* Oyama, *L. edentula* (Linne), *L. mochizukii* Kuroda). Примечательно, что два из упомянутых выше таксонов (*L. acutilineata* и *L. annulata*) наиболее часто упоминаются в составе палеоген-неогеновых фаун Северо-Западной Пацифики [2, 9, 11, 18, 70]. Согласно опубликованным данным [58], *L. acutilineata* (Conrad), как элемент тихоокеанской приазиатской субтропическо-низкобореальной фауны, повсеместно характеризуя толщи миоценового возраста Японии, встречается и ныне. Однако в «Атласе фауны палеогена и неогена Северо-Востока СССР» [9] указывается иное стратиграфическое распространение этого вида (эоцен – ныне). Если это так, тогда необходимо признать крайнюю степень стабильности и консерватизма вида во времени в целом на протяжении более чем 55 млн лет [47, 82]. По нашему мнению, такая продолжительность существования вида сомнительна. Это очевидно, поскольку при обработке коллекции моллюсков рода *Lucinoma* из третичных отложений Сахалина автор, напротив, столкнулся с редким примером значительной изменчивости, свойственной отдельным таксонам рода, в том числе *L. acutilineata*. В пределах одного тафоценоза нередко встречались отдельные раковины, весьма отдаленно напоминающие типичный облик вида.

Изучение сахалинских *Lucinoma* наряду с имеющимися литературными данными по этой группе моллюсков для смежных регионов (Камчатка, Япония, северо-западная Америка) убедили нас в необходимости, вслед за Л.В. Криштофович [17], выделять в олигоцен-миоценовой истории бассейна Северной Пацифики по меньшей мере два вида: *L. annulata* (Reeve) и *L. acutilineata* (Conrad). Первый из них был установлен Л. Риивом [78] из плиоцен-плейстоценовых толщ северо-западной Америки как *Lucina annulata*, однако впоследствии переведен в состав рода *Lucinoma* Dall [56], в объеме которого рассматривается и поныне. Судя по имеющимся данным [68, 72], в пределах северной части Пацифики этот вид с плиоцена по настоящее время является обычным элементом сообществ двустворчатых моллюсков. Второй вид – *L. acutilineata* – впервые был выделен Т. Конрадом [52] на материале из миоцена северо-западной Америки под названием *Lucina acutilineata*, а потом переведен им в состав рода *Cyclos* Mörch [51]. Примечательно, что одновременно с выделением этого вида в той же работе Т. Конрадом был установлен таксон *Pectunculus palus* [52, с. 726, табл. 18, фиг. 8, 8a], который, по мнению ряда

исследователей, является типичной формой *Lucina acutilineata* и принимается в качестве голотипа этого вида (напр., [67]). Позже У. Долл [53] предложил рассматривать таксон в объеме рода *Phacoides* Blainville, а Т. Этерингтон [54] отнес его к подроду *Lucinoma* Dall. Затем этот подрод принял статус рода и в этом ранге рассматривается малакологами ныне. По нашему мнению, с учетом литературных данных [9, 67, 71, 72], в северо-западной Америке, Японии, на Сахалине и Камчатке *L. acutilineata* характеризует фауны моллюсков эоцен–позднемиоценового возраста.

Таким образом, на основании изложенного выше, в отличие от наших предшественников, мы допускаем вполне определенное стратиграфическое положение представителей рода *Lucinoma* в сводном разрезе кайнозоя северо-западной части Пацифики (Сахалин, Камчатка, Корякия) и, возможно, территории всей Северной Пацифики. Вид *L. acutilineata* несомненно более ранний, характеризует эоцен-верхнемиоценовые толщи региона; к концу миоцена на смену ему приходит *L. annulata*, существующий и ныне. Составляя существенную часть фаун субтропическо-низкобореальных вод Северной Пацифики, он распространяется на север примерно до 45° с.ш.

Интерес представляют данные об ареале рода. Если в пределах Северо-Западной Пацифики в палеоген-неогеновых толщах Сахалина [18, 37, 42, 44], Камчатки [2, 12] и Коряжского нагорья [9] находки его представителей не редкость, то в настоящее время в районах, расположенных севернее о-ва Хоккайдо, они отсутствуют [31, 62]. В этой связи примечателен тот факт, что в антропогене на севере Дальнего Востока люциномы тоже отсутствуют [24, 26].

Таким образом, смещение ареала рода *Lucinoma* на юг, отвечающее его современному положению, наметилось примерно в позднеплиоцен-плейстоценовое время. Причиной тому могло быть прогрессирующее похолодание в регионе, отмеченное для этого времени многими исследователями [3, 7, 36]. Современные люциномы в Северо-Западной Пацифике – обитатели преимущественно относительно теплых субтропическо-низкобореальных вод.

Представители рода *Mya* Linne, 1758 широко представлены в кайнозойских фаунах двустворчатых моллюсков Северной Пацифики [63]. К настоящему времени в пределах Северотихоокеанской бореальной области исследователями установлено более 35 видов, подвидов и форм *Mya*, из них 32 (*M. ezoensis* Nagao et Inoue, *M. kusiroensis* Nagao et Inoue, *M. producta* Conrad, *M. grewinki* Makiyama, *M. grewinki haboroensis* Fujie, *M. crassa* Grewingk, *M. dickersoni* Clark, *M. rumoiensis* Amano, *M. elegans* (Fichwald), *M. fujiei* MacNeil, *M. arosis* MacNeil, *M. japonica* Jay, *M. arenaria* Linne, *M. arenaria middendorffii* Kharanova, *M. oonogai* Makiyama, *M. sertunayensis* Lautenshloger, *M. salmonensis* Clark, *M. cuneiformis* Böhm, *M. pseudoarenaria* Schlesch, *M. truncata* Linne, *M. truncata ovata* Jensen, *M. truncata uddevalensis* Hancock, *M. priapus* Tilesius, *M. pallus* Sowerby, *M. karaginskensis* Kharkevich, *M. opuchensis* Ilyina, *M. rudakensis* Ilyina, *M. majanatschensis* Ilyina, *M. kurilensis* Scheremetjeva, *M. ochotica* Krishtofovich, *M. sakhalinensis* Krishtofovich, *M. subpaternalis* Krishtofovich) наиболее часто цитируются в литературе, однако некоторые из них, по нашему мнению, вряд ли следует полагать валидными [38]. Вместе с тем по литературным данным [63] для палеоген-неогеновых фаун районов северо-западной части Пацифики (северная Япония, Сахалин, Камчатка, Корякия) характерны *M. grewinki* Makiyama, *M. Cuneiformis* (Böhm), *M. arenaria* Linne, *M. japonica* Jay, *M. truncate* Linne, *M. priapus* Tilesius, из них вид *Mya cuneiformis* (Böhm) упоминается наиболее часто. Интересна история его изучения.

Впервые этот вид был кратко описан Й. Бемом [48] из «меловых» (вероятнее всего, это сертунайская свита среднего миоцена) отложений западного Сахалина как *Pleuromya cuneiformis*. В 1934 г. Д. Макияма [64], изучая фауну Asagai районов Yotukura и Matchgar Японии, установил в ней указанный таксон и справедливо перевел его в род *Mya*, в объеме которого он рассматривается и по сей день. Ф. Макнеил [63], изучая палеоген-неогеновые *Mya* Северной Пацифики, первым привел, на наш взгляд, наиболее полное

описание вида, указал его геологический возраст (средний миоцен – ранний плиоцен), и, что важно, первым отметил его близость к другим таксонам – *M. pseudoarenaria* и *M. priapus*. Анализируя ископаемых представителей этих видов из разных районов Северной Пацифики, с учетом возраста вмещающих фаун толщ, он все же полагал вид *M. cuneiformis* в эволюционном плане более древним. Согласно Ф. Макнеилу самые древние представители *M. cuneiformis* известны из среднемиоценовых отложений северной Японии и Аляски, а сам вид произошел от раннемиоценового вида *M. salmonensis*. Позже такого же мнения придерживался Ф. Страух [80]. Приобретя широкое развитие в течение миоцена – раннего плиоцена повсеместно в районах северо-западной части Пацифики и Аляски, в позднем миоцене *M. cuneiformis*, по мнению Ф. Макнеила [63], дал начало развитию другого таксона – *M. priapus*. По его данным, к настоящему времени вид *M. cuneiformis* вымер, а *M. priapus* широко распространен от о-ва Хоккайдо на юге и далее на север – до Берингового и Чукотского морей, северо-западного и западного побережий Северной Америки.

Следует отметить, что в палеонтолого-биостратиграфических исследованиях случаи пересмотра возраста вмещающих фаун отложений – не редкость. Как указывалось выше, *M. cuneiformis* первоначально была установлена Й. Бемом из отложений мелового возраста, и лишь много лет спустя возраст вмещающих вид отложений был датирован началом среднего миоцена. В 1989 г. на юго-западном Сахалине одним из авторов в составе фауны двустворчатых моллюсков нижней части чеховской свиты Холмско-Невельского (стратотип в окрестностях г. Чехов) и Углегорского (близ пос. Краснополье) районов (7, 13 на рис. 2) были обнаружены остатки восьми раковин *Mya* удовлетворительной сохранности, что позволило, однако, достаточно уверенно отнести их к виду *M. cuneiformis*. Возраст чеховской свиты в стратотипе по моллюскам датируется нижним миоценом [6, 38, 44], подтверждается радиологическими данными ( $16,9 \pm 0,4$  млн лет), полученными по К–Аг для вмещающих фаун толщ [74]. Не исключено, что указанные выше образцы из чеховской свиты юго-западного Сахалина следует считать самыми древними представителями вида *M. cuneiformis*, известными сегодня.

Отмечая большое сходство и в то же время отсутствие полной ясности во взаимоотношениях *M. cuneiformis* и *M. pseudoarenaria*, Ф. Макнеил [63] допускал происхождение *M. pseudoarenaria* от *M. salmonensis*, признавая тем самым возможность параллельного развития *M. cuneiformis* и *M. pseudoarenaria* в миоцене Северной Пацифики. В то же время он допускал возможность происхождения *M. pseudoarenaria* от *M. cuneiformis*.

Несмотря на большое число публикаций по *M. cuneiformis* и *M. pseudoarenaria*, дискуссия относительно происхождения и дифференцировки этих видов не утихает вот уже почти 50 лет и продолжает оставаться актуальной. Судя по многочисленным литературным данным [65, 70, 73], в Северо-Западной Пацифике в миоцен-плиоцене ареалы двух таксонов существенным образом перекрывали друг друга, что создает дополнительные сложности в их разграничении.

Так, по данным Р. Накасима [69], совместная встречаемость *M. cuneiformis* и *M. pseudoarenaria* в неогене Японии – обычное явление. Для северной части Хоккайдо это фауны формаций Mochikubetsu, Horokaoshirarika, Kotan и Atsuga. Однако проведенное нами изучение представителей рода *Mya* из миоцена Сахалина эти сведения не подтверждает. Как отмечалось выше, по нашим данным, первое появление *M. cuneiformis* в миоцене южного и центрального Сахалина отмечается в фаунах чеховской и невельской свит, возраст которых уверенно датируется нижним миоценом, однако *M. pseudoarenaria* в составе фаун названных свит нами не отмечена. Совместное присутствие обоих таксонов нами наблюдалось лишь в более молодой средневерхнемиоценовой фауне Курасийской свиты Южного Сахалина (район пос. Новоселово юго-западной части острова, бассейны рек Кринка и Лесная в юго-восточной части острова (10, 14, 16 на рис. 2). Примечательно, что в фауне миоцен-плиоценовой маруямской свиты, перекрывающей курасийскую свиту, нами уверенно выделяется *M. pseudoarenaria*, в то время как *M. cuneiformis* там не отмечена.

На основании изложенного можно допустить определенное стратиграфическое значение упомянутых выше таксонов для неогеновых толщ Сахалина. Мы полагаем, что вид *M. Cuneiformis*, несомненно, является более древним на Сахалине, характеризующим толщи с возрастным интервалом ранний–поздний миоцен. В позднем миоцене ему на смену пришел вид *M. Pseudoarenaria*, существующий с конца миоцена и доныне составляющий значительную часть бореальных малакофаун многих районов северо-западной части Пацифики (северная Япония, Сахалин, Камчатка, Корякия). Присутствие же *M. pseudoarenaria* на Сахалине в фаунах древнее верхнемиоценового возраста, на наш взгляд, маловероятно.

Согласно данным многих исследователей [13, 17, 63, 66], в кайнозое Северо-Западной Пацифики, во всяком случае начиная с позднего палеогена, удастся уловить отдельные элементы современной высокобореальной малакофауны. Так, представители родов *Yoldia*, *Thyasira*, *Ciliatocardium*, *Serripes*, *Peronidia*, *Macoma* и *Mya*, широко представленные в современных бореально-арктических водах Пацифики [31, 50, 76], присутствуют в олигоценых [77] и раннесреднемиоценовых [49, 60] комплексах фаун Японии и Сахалина [11, 13, 17, 18, 29, 38, 41, 59].

Изучение неогеновых двустворок Южного Сахалина показало, что эволюция некоторых бореально-арктических родов имеет продолжительную историю. Так, на палеоген-неогеновом этапе эволюции *Thyasira* и *Mya* несколько раз отмечались моменты их бурного развития (своего рода вспышки) и угасания. Наиболее многочисленные и разнообразные в видовом отношении *Mya* свойственны раннему (конец невелинского времени) и среднепозднему (курасийское время) миоцену. Обилие мий в некоторых палеобиоценозах иногда связывается с близостью их былых биотопов к устьям рек [18]. Однако в это время имело место некоторое похолодание климата [36], что приводило к понижению температуры вод бассейнов и, по нашему мнению, способствовало развитию некоторых бореальных таксонов *Mya*. В этой связи интересно, что первое появление мий в Северной Пацифике, отмеченное в позднем эоцене – раннем олигоцене Японии [77], тоже соответствует этапу похолодания после климатического оптимума.

Представители рода *Thyasira* широко распространены в кайнозое Дальнего Востока. [12, 17, 19, 34, 42, 84, 85]. Л.В. Криштофович [18] отмечала бореальных тиазир в холодноводном такарадайском бассейне Южного Сахалина, считая их появление следствием проникновения холодных вод с севера в конце среднего олигодена. По нашим данным, бореальный вид *Thyasira disjuncta* (Gabb)<sup>1</sup> в пределах Японо-Камчатской палеобиогеографической провинции (рис. 3) появляется в раннем миоцене (невелиско-чеховское время Сахалина), перед раннесреднемиоценовым климатическим оптимумом. Постепенно расширяя ареал, вид достигает расцвета в конце позднего миоцена (раннемаруямское время Сахалина).

По всей видимости, в Северной Пацифике моменты похолодания (в конце эоцена – начале олигодена, в начале раннего и с середины среднего миоцена) до и после предшествующих им климатических оптимумов и связанные с ними понижения температуры вод бассейна послужили своего рода стимулом для развития таких бореально-арктических родов двустворок, как *Thyasira* и *Mya*. Аналогичная картина интенсивного развития некоторых холодноводных родов морских малакофаун наблюдалась в периоды палеогеновых похолоданий на юге Русской платформы [30]. В позднем неогене в квартере в условиях дальнейшего похолодания в морях Северной Пацифики продолжали существовать представители родов *Thyasira*, *Macoma* и *Mya*, которые составляли существенную часть палеобиоценозов морских бореально-арктических малакофаун. Примечательно, что отмеченные выше три периода похолодания климата в кайнозое, как и предшествовавшие им климатические оптимумы, фиксируются не только для Северной Пацифики, но и для более южных районов

<sup>1</sup> Современные представители вида японскими исследователями рассматриваются в объеме рода *Conchocele* Gabb, 1869.

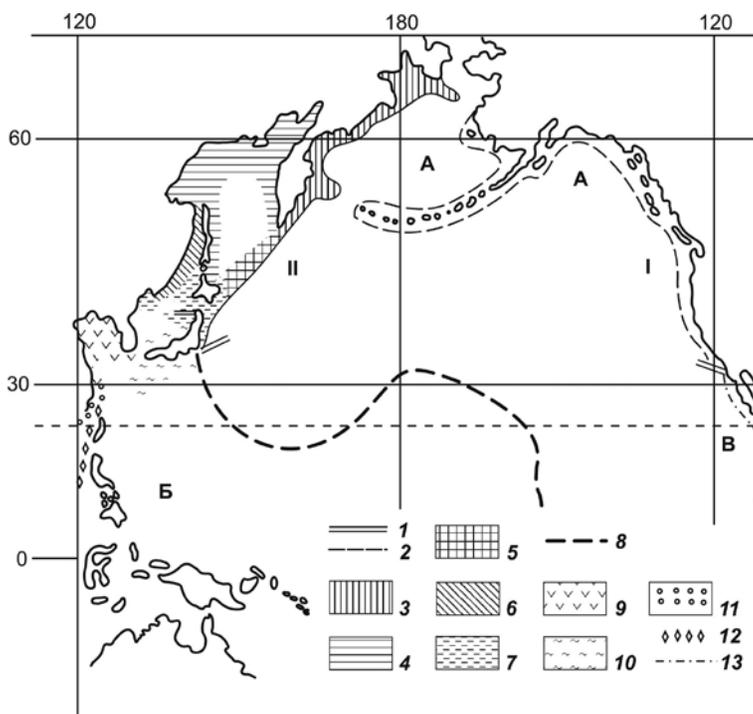


Рис. 3. Зоогеографическое районирование северо-западной части Тихого океана (материковая отмель) по Е.Ф. Гурьяновой [8]: А – Северотихоокеанская boreальная область (1 – южная граница); подобласти: I – Орегонская (2 – южная граница), II – Дальневосточная: 3–7 – провинции (3 – Берингоморская, 4 – Охотоморская, 5 – Курильская, 6 – Северо-Западная Япономорская, 7 – Юго-Восточная Япономорская); Б – Индо-Вестпаифическая тропическая область: 8 – граница, 9–12 – провинции (9 – Желтоморская, 10 – Южнояпонская, 11 – Хайнаньская, 12 – Малайская); В – Центральноамериканская тропическая область (13 – граница)

Тихого океана [79], очевидно, представляя собой явления планетарного характера. Это открывает пути для глобальных межрегиональных корреляций. В этой связи Ю.Б. Гладенков [5, с. 47] отмечает: «...нельзя сбрасывать со счетов и палеоклиматические реперы. Выявление отдельных моментов потеплений и похолоданий в кайнозойской истории... может служить дополнительным критерием корреляций».

Анализ морских неогеновых двустворчатых моллюсков Южного Сахалина позволил нам выделить в миоцене три boreальных комплекса: невелинский, раннечевовский и кура-сийский.

Первый из них включает остатки моллюсков из нижнемиоценовой невелинской свиты (5, 10, 13, 15 на рис. 2). Данный комплекс образуют сравнительно мелководные формы, обитавшие в затишных условиях в слегка опресненном морском водном бассейне. В количественном и видовом отношении среди них преобладали *Mya* – *M. salmonensis*, *M. cuneiformis*, *M. sertunayensis* и *M. rudakensis*, составлявшие до 65 % общего числа видов комплекса. Кроме того, встречаются boreальные виды родов *Yoldia*, *Chlamys*, *Thyasira*, *Laevicardium*, *Serripes*, *Tellina*, *Macoma*, *Sanguinolaria*, *Mactra*, *Laternula*, *Thracia* и др. Фауна обнаруживает низкореальный характер.

Второй комплекс представлен прибрежной фауной моллюсков из нижней части нижнемиоценовой чеховской свиты (7, 12 на рис. 2), включающей boreальные таксоны родов *Yoldia*, *Mytilus*, *Modiolus*, *Thyasira*, *Laevicardium*, *Ciliatocardium*, *Tellina*, *Macoma*, *Peronidia*, *Spisula* и др. В комплексе доминируют виды родов *Mytilus*, *Modiolus*, *Ciliatocardium*,

*Macoma* (не менее 40 % видов). Вместе с тем в 1978–1980 гг. В.О. Савицким на юго-западном Сахалине в окрестностях г. Чехов (9 на рис. 2) из отложений верхней части свиты района р. Арканзас собрана и определена коллекция остатков прибрежного комплекса двустворчатых и брюхоногих моллюсков, включающая тепловодные таксоны родов *Glycymeris*, *Dosinia*, *Pitaria*, а также *Porterius* и *Littorinopsis* (устное сообщение В.О. Савицкого). По его сведениям, вмещающие фауну отложения представляли собой изолированные слои туфогенных песчаников малой мощности, положение которых, в силу задернованности обнажения, в общем разрезе чеховской свиты района до сих пор не вполне понятно. Вместе с тем, из отложений толщи зеленовато-коричневых туфоагломератов и туфогенных песчаников верхней части чеховской свиты, развитой на восточном побережье Сахалина (14, 16 на рис. 2), примерно в 5 м от ее контакта с перекрывающей нижне-среднемиоценовой верхнедуйской свитой, нами собрана и определена фауна моллюсков, также включающая тепловодных представителей родов двустворок, среди них *Dosinia* и *Lucinoma*. Очевидно, что на Южном Сахалине появление тепловодных элементов моллюсков в морских фаунах конца раннего – начала среднего миоцена фиксируется уже с конца чеховского времени. Присутствие их здесь отражает собой начальный этап тенденции нарастающего потепления в регионе с климатическим оптимумом в верхнедуйско-сертунайское время, на что неоднократно указывалось нами ранее [38, 44].

Третий бореальный комплекс охватывает фауну курасийской свиты среднего–позднего миоцена (10, 11, 14–16 на рис. 2). Он чрезвычайно разнообразен в видовом отношении и включает бореальные таксоны родов *Acila*, *Nuculana*, *Yoldia*, *Malletia*, *Mizuhopecten*, *Thyasira*, *Ciliatocardium*, *Clinocardium*, *Serripes*, *Liocyma*, *Tellina*, *Macoma*, *Panomya*, *Mya* нередко со следами прижизненной окраски раковин [43]. Наиболее многочисленны в нем *Thyasira* (*Th. disjuncta forma alta* (L. Krisht.), *Th. disjuncta ochotica* L. Krisht., *Th. nipponica* (Yabe et Nomura)), *Mya* (*M. arenaria*, *M. japonica*, *M. cuneiformis*, *M. pseudoarenaria* и *M. uzenensis*), а также *Macoma*. Моллюски этих трех родов составляют до 70 % общего числа видов. Эта фауна во многом напоминает фауну невеликой свиты, однако в ней отсутствуют представители родов *Laevicardium*, *Macra*, *Laternula* и *Thracia*. По нашему мнению, такая фауна тоже формировалась в затишных условиях морского бассейна, возможно, в несколько опресненной верхней части сублиторали.

В указанных комплексах двустворок преобладали представители родов *Yoldia*, *Thyasira*, *Ciliatocardium*, *Serripes*, *Macoma*, *Mya* и др. Большинство видов этих родов существует и в настоящее время, составляя существенную часть морских малакофаун бореальных и бореально-арктических вод Северной Пацифики [20, 31, 35, 63].

Вместе с тем для формирования фауны бореально-арктического типа необходим ряд условий, главное из них – соответствующий климат. К. Марков и соавторы [23] полагают, что субарктический климат на территории России сформировался уже во второй половине плиоцена. Однако некоторые авторы [3, 33] считают, что на Дальнем Востоке такой климат был в раннем плейстоцене. Ю.П. Баранова и С.Ю. Бискэ [3] указывают, что в раннем плейстоцене климат северо-восточной Азии уже подразделялся на холодный, субарктический на севере и холодноумеренный на юге. Согласно данным ряда исследователей, похолодание в раннем плиоцене Северной Пацифики было более сильным, чем в позднем миоцене. Л.И. Фотьянова [36] полагает, что на юге Японии климат был ближе к теплоумеренному, на севере Японских островов, на Сахалине и Камчатке он соответствовал холодноумеренному и бореальному. На невозможность существования арктического климата в палеогене Евразии ранее указывал и В.М. Сеницын [30]. Даже в эпохи наибольших палеоген-неогеновых похолоданий в Дальневосточном регионе климат был лишь холодноумеренным. В этой связи не очень понятно, как могли развиваться бореально-арктические виды двустворчатых моллюсков в позднем палеогене – раннем неогене Северо-Западной Пацифики, если нет данных, подтверждающих, что климат в этом районе был близок климату районов высокобореальных широт, даже не говоря об арктических. Очевидно, ответ может быть получен в ходе дальнейшего глубокого изучения экологии этих моллюсков.

Как уже неоднократно указывалось в литературе [16, 22, 28, 45], экология организмов (в том числе и бентосных), их требования к условиям окружающей среды в ходе эволюции способны значительно изменяться и чаще всего носят лишь адаптивный характер.

Вместе с тем в некоторых работах [16], на наш взгляд, значительно преувеличивается роль глубоководных впадин как барьеров, препятствующих расселению морских малакофаун в прошлом и настоящем. Имеются многочисленные данные [17, 46], согласно которым моллюски на личиночной стадии способны преодолевать большие расстояния, пересекая океанские глубины при помощи течений. Сложившиеся на сегодняшний день представления о палеогеографических обстановках миоцена указывают на присутствие в бассейне Северной Пацифики многочисленных малых и больших островов, прибрежные воды которых могли не только служить временным пристанищем для личинок моллюсков, но и стать очагами их дальнейшего расселения. Существуют данные, согласно которым бентос даже отдаленных тихоокеанских гайотов и банок содержит процветающие виды двустворчатых моллюсков. Так, Г.А. Евсеев [10] считает, что на формирование сообществ моллюсков банки Фантом (Тиморское море) наибольшее влияние оказывает Восточно-Тиморское течение, приносящее планктонные личинки со стороны северного побережья Австралии. З.Н. Пояркова [27] полагает, что раннемеловые североамериканские актеонеллиды при помощи пассатных течений могли пересекать Тихий океан и расселяться не только в морях Дальнего Востока, но и в бассейнах Евразии. Приведенные примеры показывают, что из всех физико-географических факторов, оказывающих влияние на расселение малакофаун, достаточно серьезным барьером как в прошлом, так и в настоящем, по-видимому, следует считать континентальные преграды, а также климатические изменения.

Неустойчивые климатические условия в позднем палеогене – раннем неогене северной части Япономорского региона могли быть основной причиной возникновения здесь одного из мощных центров эволюции морских малакофаун бореальных районов Северной Пацифики. Процесс становления бореально-арктического облика современной малакофауны Северной Пацифики происходил постепенно, на фоне прогрессирующего похолодания. Похолодание климата в начале раннего и с середины среднего миоцена явилось стимулом для развития некоторых бореально-арктических таксонов таких родов, как *Thyasira* и *Mua*. В итоге в миоцене Южного Сахалина появились три бореальных комплекса двустворчатых моллюсков – невельский, раннечеховский и курасийский. В дальнейшем эти комплексы не были достаточно устойчивыми и, естественно, со временем претерпели некоторые изменения своего таксономического состава. В этой связи, вероятно, следует согласиться с мнением исследователей [15] о плиоцен-плейстоценовом рубеже окончательного формирования современного облика бореально-арктической малакофауны Северной Пацифики. Исследования в этом направлении, по нашему мнению, несомненно, следует продолжить.

Авторы выражают искреннюю признательность начальнику ДВ филиала ФГУ НПП «Росгеолфонд» В.П. Тузову (г. Южно-Сахалинск), проф. К. Аmano (Образовательный университет Джоэцу, г. Джоэцу) и проф. Йотака Хонда (Университет Миэ, г. Тсу, Япония) за полезные советы и замечания, а также за возможность ознакомиться с собранными в указанных учреждениях коллекциями моллюсков, Л.Ю. Смирновой и Л.С. Цуриковой – за техническую помощь в подготовке рукописи к печати.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Аблаев А.Г., Ахметьев М.А. Болотнинская миоценовая флора Южного Приморья и ее роль в составе теплолюбивых элементов // Палеонтол. ж. 1977. № 1. С. 134–141.
2. Атлас Фауны и флоры неогеновых отложений Дальнего Востока (Точилинский опорный разрез Западной Камчатки). М.: Наука, 1984. 331 с. (Тр. ГИН; вып. 385).
3. Баранова Ю.П., Бискэ С.Ф. Третичные климаты северо-восточной Азии // Стратиграфия и палеобиогеография кайнозоя Тихоокеанского кольца: тез. докл. XIV Тихоокеан. науч. конгр. М., 1979. Т. 2. С. 18–19.

4. Виноградов Л.Г., Нейман А.А. Некоторые вопросы формирования морской донной фауны северной части Тихого океана // Тр. ВНИИ мор. рыб. х-ва и океаногр. 1972. Т. 77. С. 11–12.
5. Гладенков Ю.Б. Итоги и перспективы стратиграфических работ по Кайнозою бореальных районов // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1981. Т. 56, вып. 2. С. 40–48.
6. Гладенков Ю.Б., Баженова О.К., Гречин В.И., Маргулис Л.С., Сальников Б.А. Кайнозой Сахалина и его нефтегазоносность. М.: Геос, 2002. 224 с.
7. Гладенков Ю.Б. Климатические колебания в неогене северной части Камчатки // Докл. АН СССР. Серия геол. 1982. Т. 265, № 2. С. 407–409.
8. Гурьянова Е.Ф. Зоогеографическое районирование моря // Фауна Тонкинского залива и условия ее существования. Л.: Наука, 1972. С. 8–21. (Исслед. фауны морей; т. 10 (18)).
9. Девятилова А.Д., Волобуева В.И. Атлас фауны палеогена и неогена Северо-Востока СССР. М.: Недра, 1981. 219 с.
10. Евсеев Г.А. Распределение брюхоногих и двустворчатых моллюсков // Биология коралловых рифов. Исследования на банке Фантом (Тиморское море). Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 20–35.
11. Жидкова Л.С., Мишаков Г.С., Неверова Т.И., Попова Л.А., Сальников Б.А., Сальникова Н.Б., Шереметьева Г.Н. Биофациальные особенности мезокайнозойских бассейнов Сахалина и Курильских островов. Новосибирск: Наука, 1974. 251 с.
12. Ильина А.П. Моллюски неогена Камчатки. Л., 1963. 240 с. (Тр. ВНИГРИ; вып. 202).
13. Ильина А.П. Моллюски неогеновых отложений Южного Сахалина // Моллюски третичных отложений Южного Сахалина. Л.: Гостоптехиздат, 1954. С. 188–316. (Тр. ВНИГРИ; вып. 10).
14. Кафанов А.И., Кудряшов В.А. Морская биогеография. М.: Наука, 2000. 175 с.
15. Кафанов А.И. О центрах происхождения и некоторых чертах экологической эволюции холодноводных морских малакофаун Северного полушария // Биол. моря. 1978. № 1. С. 62–68.
16. Кафанов А.И. Об экологической эволюции холодноводных шельфовых малакофаун Северного полушария и палеоклиматическом значении морских моллюсков // Эволюционные исследования. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1979. С. 58–71.
17. Криштофович Л.В. Моллюски третичных отложений Сахалина. Л.: Недра, 1964. 342 с. (Тр. ВНИГРИ; вып. 232).
18. Криштофович Л.В. Моллюски третичных отложений Южного Сахалина (нижние свиты) // Моллюски третичных отложений Южного Сахалина. Л.: Гостоптехиздат, 1954. С. 5–186. (Тр. ВНИГРИ; вып. 10).
19. Криштофович Л.В. Раковины из группы *Thyasira bisecta* (Conrad) из третичных отложений западного побережья Камчатки. Л., М., 1936. 66 с. (Тр. НГРИ; серия А, вып. 88).
20. Кузнецов А.П. Фауна донных беспозвоночных прикамчатских вод Тихого океана и Северных Курильских островов. М.: АН СССР, 1963. 268 с.
21. Лаухин С.А. Роль климата в стратиграфии третичных отложений // Изв. АН СССР. 1985. № 1. С. 122–125. (Серия геол.)
22. Майр Э. Зоологический вид и эволюция. М.: Мир, 1968. 598 с.
23. Марков К. К., Лазуков Г. И., Николаев В. А. Четвертичный период (ледниковый период – антропогенный период). 1. Территория СССР. М.: Изд-во МГУ, 1965. 372 с.
24. Мерклин Р. Л., Петров О.М., Амитров О. В. Атлас-определитель моллюсков четвертичных отложений Чукотского полуострова. М.: Изд-во АН СССР, 1962. 52 с.
25. Мерклин Р. Л., Петров О.М., Гопкинс Д. М., Мак-Нейл Ф.С. Попытка корреляции позднекайнозойских морских осадков Чукотки, Северо-Восточной Сибири и Западной Аляски // Изв. АН СССР. 1964. Вып. 10. С. 45–57. (Серия геол.)
26. Петров О.М. Морские моллюски антропогена северной части Тихого Океана. М.: Наука, 1982. 141 с.
27. Пояркова З.Н. Брюхоногие моллюски морского мела Дальнего Востока (распространение и стратиграфическое значение) // Новые данные по стратиграфии и палеогеографии Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 30–31.
28. Раузер-Черноусова Д.М., Кулик Е.Л. Об отношении фузулинид к фациям и о периодичности в их развитии // Изв. АН СССР. 1949. Вып. 6. С. 131–148. (Серия геол.)
29. Савицкий В.О. Представители рода *Ciliatocardium* (Bivalvia) в кайнозое Сахалина // Биостратиграфия юга Дальнего Востока (фанерозой). Владивосток, 1978. С. 118–121.
30. Синицын В.М. Древние климаты Евразии. Ч. 3. Кайнозой (палеоген и неоген). Л.: ЛГУ, 1965. 165 с.
31. Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных широт западной части Тихого океана. Л.: Наука, 1981. 480 с.
32. Скарлато О.А., Кафанов А.И. Доплиоценовая фауна Полярного бассейна и вопрос об исходной автохтонности эвартктических родов // Зоол. журн. 1976. Т. 55, вып. 12. С. 1765–1772.
33. Скиба Л.А. История развития растительности Камчатки в позднем кайнозое // Тр. ГИН АН СССР. Вып. 276. М., 1975. С. 1–72.
34. Слодкевич В.С. Третичные пелециподы Дальнего Востока. Л., 1938. 508 с. (Палеонтология СССР; т. 10, ч. 3, вып. 18–19).
35. Филатова З.Н. Класс двустворчатых моллюсков (Bivalvia, Lamellibranchiata) // Определитель фауны и флоры северных морей СССР. М.: Сов. наука, 1948. С. 406–446.

36. Фотьянова Л.И. Кайнозойские флоры и климат Северной Пацифики // Ископаемая флора и фауна Дальнего Востока и вопросы стратиграфии фанерозоя. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1977. С. 65–82.
37. Хоменко И.П. Материалы по стратиграфии третичных пластов нефтеносной площади восточного Сахалина // Тр. гл. геол.-развед. упр. ВСНХ СССР. 1931. Вып. 79. С. 1–126.
38. Худик В.Д. Двустворчатые моллюски миоцена Юго-Западного Сахалина. Владивосток: ДВО АН СССР 1989. 130 с.
39. Худик В.Д., Аmano К., Накасима Р., Тузов В.П. К проблеме изучения двустворчатых моллюсков рода *Mya* из неогена северо-западной части Пацифики // Вестн. ДВО РАН. 2004. № 2. С. 79–84.
40. Худик В.Д., Аmano К. Новые данные о возрасте хойнджинской и верхнедуйской свит (Западный Сахалин) // Тихоокеан. геология. 1999. Т. 18, № 3. С. 76–81.
41. Худик В.Д. О миоценовых макомах юго-западного Сахалина // Ископаемые моллюски фанерозоя и их стратиграфическое значение. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1980. С. 51–63.
42. Худик В.Д. О тизирах из миоцена Южного Сахалина // Новые данные по стратиграфии и палеонтологии Дальнего Востока. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1982. С. 106–119.
43. Худик В.Д. Следы прижизненной окраски некоторых двустворчатых моллюсков из миоцена Южного Сахалина. // Всесоюз. совещ. по теме «Морфология, систематика, филогения и экогенез двустворчатых моллюсков»: тез. докл. М., 1984. С. 109–110.
44. Худик В.Д. Сообщества двустворчатых моллюсков и изменения климата в миоцене юго-западного Сахалина // Всесоюз. конф. по морской биологии: тез. докл. Владивосток, 1982. С. 48–50.
45. Шварцбах М. Климаты прошлого. М.: Иностран. лит., 1955. 284 с.
46. Addicott W.O. Late Pleistocene marine paleoecology and Zoogeography in Central California. 1966. P. 3–21. (U. S. Geol. Surv; Prof. Pap. № 523-C).
47. Berggren W.A., Kent D.V., Swisher C.C., III et al. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy // Geochronology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation / SEPM Spec / Publ. 1995. N 54. P. 129–212.
48. Böhm J. Über Kreideversteinerungen von Sachalin // Sonderabdruck aus dem Jahrb. Der Königl. Geol. Landesanstalt für. Bd 36. Berlin, 1915. P. 551–558.
49. Chinzei K. Neogene molluscan faunas in the Japanese Islands: An ecologic and zoogeographic synthesis // Veliger. 1978. Vol. 21, N 2. P. 154–170.
50. Coan E.V. Northwest American Tellinidae // Veliger. 1971. Vol. 14 (suppl.). P. 1–12. Conrad T.A. Catalogue of the older Eocene shells of Oregon // Amer. J. Conchology. 1865. Vol. 1. P. 150–154.
51. Conrad T.A. Catalogue of the older Eocene shells of Oregon // Amer. J. Conchology. 1865. Vol. 1. P. 150–154.
52. Conrad T.A. Fossils from Northwestern America, in Dana J.D., U. S. Explor. Exped., 1838–1842, under the command of Charles Wilke // U. S. N. Geology. 1849. Vol. 10. P. 722–728.
53. Dall W.H. Contributions to the Tertiary paleontology of the Pacific coast. 1. The Miocene of Astoria and Coos Bay. Oregon, 1909. 278 p. (U. S. Geol. Surv. Prof. Paper 59).
54. Etherington T.J. Stratigraphy and fauna of the Astoria Miocene of southwest Washington // Calif. Univ. Dept. Geol. Sci. Bull. 1931. Vol. 20, N 5. P. 31–142.
55. Goto Y., Poppe G.T. A list of Living Mollusca. Pt 2, vol. 2 / ed. by L' Informatore Piceno Ancona. Italy, 1996. 1031 p.
56. Habe T. Genera of Japanese Shell. 2. Pelecypoda // Kairui Bunken Kanko-Kai. Kyoto, 1951. P. 97–186.
57. Hamilton W. Ceinozoic climatic change and its cause. Meteorol. Monogr. 1968. Vol. 8. P. 128–133.
58. Hirayama K. On some Miocene Species of *Lucinoma* from Japan, with description of two new species // Jap. J. Geol. Geogr. 1954. Vol. 25, N 1–2. P. 101–115.
59. Kanno S., Ogawa H. Molluscan fauna from the Momijiyama and Takinoue districts, Hokkaido, Japan // Sci. Repts. Tokyo Univ. Japan. 1964. N 81. P. 269–294.
60. Kanno S., Ohara S., Kaiteya H. The “Asahi fauna” from the Miocene formation developed near the Asahi Coal-Mine, Iwamizawa City, Hokkaido // Sci. Repts. Tokyo Univ. Educ. Sec. C. 1968. Vol. 10, N 94. P. 1–14.
61. Kanno S. The Tertiary system of the Chichibu basin, Saitama prefecture, Central Japan. Pt 2. Paleontology // Jap. Soc. Prom. Sci. 1960. P. 123–396.
62. Kira T. Colored illustration of the shells of Japan (enlarged and revised). Japan. Osaka. Hoikusha, 1962. 239 p.
63. MacNeil F.S. Evolution and distribution of the genus *Mya*, and Tertiary migrations of Molluscs. // U. S. Geol. Surv. Prof. Pap. 1965. N 483-G. P. 1–51.
64. Makiyama J. The Asagaian Mollusca of Yotukura and Matchgar. // Mem. Coll. Sci. Kyoto Imper. Univ. Ser. B. 1934. Vol. 10, N 2. P. 121–167.
65. Masuda K., Yoshida S., Sato R. Fossil Molluscs from Akakurasawa, Tazawako-machi, Akita Prefecture // Ann. Rep. Akita Pref. Mus. 1992. N 17. P. 29–44.
66. Mizuno A. Sunnary of the Paleogene molluscan faunas in North Japan // Rep. Geol. Surv. Japan. 1964. N 207. P. 1–28.
67. Moore E.J. Miocene mollusks from the Astoria formation in Oregon. 1963. 109 p. (U.S. Geol. Surv. Paper 419).
68. Moore E.J. Oligocene marine mollusks from the Pittsburg Bluff formation in Oregon. 1976. 66 p. (U. S. Geol. Surv. Prof. Paper. 922).
69. Nakashima R. *Mya* (Bivalvia; Myidae) from the Upper Miocene and Pliocene formations in Hokkaido, Northern Japan // Venus. 1999. Vol. 58, N 4. P. 201–216.

70. Noda Y. Neogene molluscan faunas from the Haboro Coal-field, Hokkaido, Japan // Sci. Repts. Tohoku Univ. Ser. 2. 1992. Vol. 62, N1–2. 140 p.
71. Ogasawara K. Miocene Mollusca from Ishikawa – Toyama area, Japan // Sci. Repts. Tohoku Univ. 1976. Ser. 2. Vol. 46, N 2. P. 33–78.
72. Ogasawara K. Paleontological analysis of Omma fauna from Toyama, Ishikawa area, Hokuriku province, Japan // Sci. Repts. Tohoku Univ. Ser. 2. 1977. Vol. 47, N 2. P. 43–156.
73. Ogasawara K., Sasaki O., Nemoto J. The Otokawa fauna of the Hokuriku Neogene and its geohistorical significance // Mem. Vol. H. Matsuo. 1989. P. 65–74. [In Jap].
74. Okamura S., Martynov Yu., Furuyama K., Nagao K. K-Ar age of the basaltic rocks from Far East Russia: Constraints on the tectono-magmatism associated with the Japan Sea opening // Island Arc. 1998. N 7. P. 271–282.
75. Okutani T. The probable subarctic elements found in the bathyal megalobenthos in Sagami Bay // J. Oceanogr. Soc. Jap. 1972. Vol. 28 (3). P. 95–102.
76. Oldroyd I.Sh. Marine shells of the West Coast of North America // Stanford Univ. Publ. Sci. 1924. Vol. 1. P. 1–247.
77. Oyama K., Mizuno A., Sakamoto T. Illustrated handbook of Japanese Paleogene molluscs. Japan, 1960. 244 p.
78. Reeve L.A. Conchologia Iconica. Vol. 6. Artemis. L.: L. Reeve and Co Ltd., London, 1850. 10 pls.
79. Shackleton N.J., Kennett J.P. Paleotemperature history of the Cenozoic and initiation of the Antarctic glaciation: oxygen and carbon isotope analyses in DSDP Sites 277, 279 and 281 // Initial Rep., of the Sea Drilling Project, 29. U. S. Government Printing Office. Washington, 1975. P. 743–755.
80. Strauch F. Phylogenese, adaptation and migration einiger nordischer mariner Molluskengenera (*Neptunea*, *Panomya*, *Cryptodaria* and *Mya*) // Abhand. Senckenb. Naturforsch. Ges. 1972. Bd 531. 211 p.
81. Tanai T. Miocene floras and climate in East Asia // Abh. Zent. geol. Inst. 1967. N 10. P. 195–205.
82. Walker J.D., Geissman J.W., compilers, 2009, Geologic Time Scale: Geological Society of America. DOI: 10.1130/2009. CTS004R2C. 2009.
83. Wolfe J.A. Tertiary climatic fluctuations and methods of analysis of Tertiary floras // Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol., 1971. Vol. 9, N 1. P. 27–57.
84. Yabe H., Nomura Sh. Notes on the Recent and Tertiary species of *Thyasira* from Japan // Sci. Repts. Tohoku Imp. Univ. Ser. 2 (Geol.). 1925. Vol. 7, N 4. P. 83–95.
85. Yokoyama M. Tertiary Mollusca from the oil-fields of Embets and Etaibets // J. Fac. Sci. Tokyo Imp. Univ. Ser. 2. 1926. Vol. 1, N 7. P. 235–248.