

УДК 911.2(571.64)

Реконструкция палеоусловий острова Стенина (Японское море) в среднем-позднем голоцене

М. С. Лящевская, К. С. Ганзей, Т. Р. Макарова*

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН

Владивосток, 690022, Россия

E-mail: geo2005.84@mail.ru

Аннотация

На основе комплексных ландшафтно-палеогеографических исследований, выполненных в 2015 г., впервые анализируются этапы развития природной среды о. Стенина в среднем-позднем голоцене. Построена цифровая модель рельефа подводного берегового склона и изменений очертаний береговой полосы в зависимости от колебаний уровня моря. Установлено, что около 6000 л. н. на острове преобладали широколиственные дубово-грабовые леса. Наличие морских илов с ракушей в подошве разреза с доминированием морских и солоноватоводных диатомовых водорослей говорит о существовании на о. Стенина мелководного залива или лагуны. Примерно 1920-1820 л. н. в результате понижения уровня моря произошло её отделение аккумулятивной формой (галечным береговым валом) с формированием озера. Присутствие пачки гиттии в разрезе с пылью водных растений и отсутствие морских и солоноватоводных диатомовых водорослей, свидетельствует об озёрной стадии эволюции лагуны. Похолодание климата в начале позднего голоцена привело к распространению дубово-берёзовых лесов с участием хвойных пород и подлеском из леспедецы. Лагунное озеро постепенно заболачивалось и зарастало, сокращаясь в размерах до современного состояния. Формирование современного растительного покрова о. Стенина произошло не ранее середины XIX века, после окончания малого ледникового периода и устойчивого повышения среднегодовой температуры, что выразилось в увеличении численности широколиственных пород, особенно дуба монгольского (*Quercus mongolica*), граба сердцелистного (*Carpinus cordata*) в составе растительности как о. Стенина, так и всех островов залива.

Ключевые слова: острова залива Петра Великого, Дальневосточный морской заповедник, голоцен, развитие природной среды.

*Лящевская Марина Сергеевна, канд. геогр. наук, учёный секретарь, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН (ТИГ ДВО РАН), e-mail: lyshevskay@mail.ru; Ганзей Кирилл Сергеевич, канд. геогр. наук, зам. директора, ТИГ ДВО РАН, г. Владивосток, e-mail: geo2005.84@mail.ru; Макарова Татьяна Ростиславовна – канд. геогр. наук, снс, ТИГ ДВО РАН, e-mail: mctatiana@mail.ru.

Введение. Архипелаг Римского-Корсакова расположен в западной части залива Петра Великого Японского моря, в его состав входит 8 крупных островов и целая серия отдельно стоящих скал. Острова относятся к Восточному участку Дальневосточного морского заповедника (ДВГМЗ) и формируют его центральную, ядерную часть с наиболее строгим заповедным режимом [1]. В то время как на других островах залива Петра Великого отмечается резкая активизация хозяйственной деятельности, в особенности на архипелаге Императрицы Евгении, функционирование и развитие природно-территориальных комплексов (ПТК) островов Римского-Корсакова происходит в естественных условиях. Необходимо учитывать, что важнейшей географической особенностью островов является их изолированность от материковой суши с сочетанием элементов замкнутых географических систем, что также находит своё отражение в особенностях реакции ПТК на природные и антропогенные факторы.

В настоящее время острова ДВГМЗ необходимо рассматривать как эталонные участки функционирования островных геосистем юга Дальнего Востока России, изучение которых позволит анализировать естественную историю становления природной среды островов, а также делать прогнозные оценки трансформации геосистем в ходе глобальных природно-хозяйственных изменений. Остров Стенина в связи с малыми размерами, достаточной удалённостью от материкового побережья, длительной изолированностью флоры [2] и отсутствием прямого антропогенного воздействия является уникальным объектом для изучения истории развития растительности как островов залива Петра Великого, так и сопредельных с ними территорий континентальной части Южного Приморья. Ранее палеогеографические исследования о. Стенина не проводились.

Целью настоящего исследования является анализ особенностей развития природной среды и реконструкция палеоусловий о. Стенина в среднем-позднем голоцене. В ходе работы были решены следующие задачи: проанализированы современные природные условия региона, выполнены полевые работы и заложен разрез мощностью 155 см, осуществлены палинологический, диатомовый и радиоуглеродный анализы образцов, выделены три палинозоны и три диатомовых комплекса, построены карты палеоусловий для разных временных срезов среднего-позднего голоцена.

Остров Стенина — второй по величине в архипелаге Римского-Корсакова, расположен в 53 км к юго-западу от г. Владивосток и в 19 км к юго-востоку от пгт. Славянка; административно относится к Хасанскому району Приморского края; протяжённость острова с юго-востока на северо-запад составляет около 2,4 км, наибольшая ширина 0,9 км (Рис. 1).

Остров сложен породами верхнепалеозойского интрузивного комплекса из кварцевых диоритов и гранодиоритов, а также гранитов [3]. Рельеф о. Стенина низкогорный с максимальной высотой над уровнем моря 144 м. С северной, восточной и южной стороны остров окаймляют абразионные берега с высотой клифа до 20-25 м и многочисленные камни и рифы. Только на северо-западной оконечности острова представлен небольшой пологий участок, обрамлённый штормовым валом из грубообломочного материала, который формирует бессточное понижение с озером лагунного происхождения.

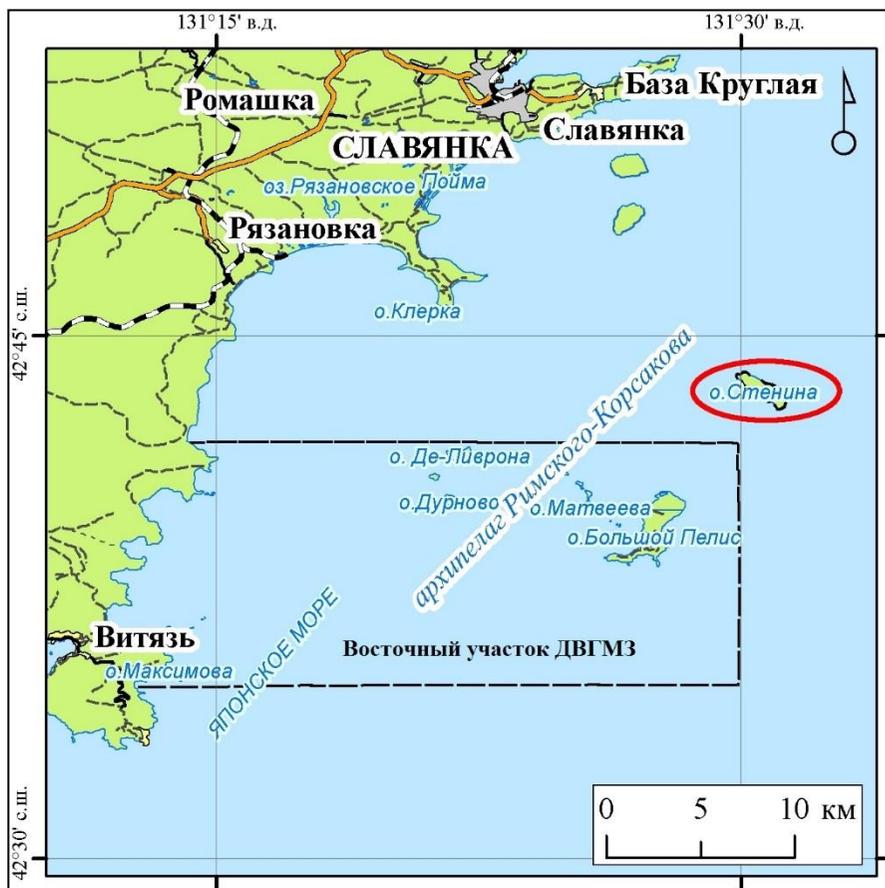


Рис. 1. Острова архипелага Римского-Корсакова.

Fig. 1. The Islands of the Rimsky-Korsakov Archipelago.

Климатические условия в заливе Петра Великого определяются муссонной циркуляцией воздушных масс. Для зимнего периода характерны сильные северо-западные ветра, для летнего — юго-восточные. В среднем в год выпадает 800 мм осадков, редко до 1000 мм, из них до 85 % приходится на летний период. Самым холодным месяцем является январь, со

среднемесячной температурой воздуха -11°C , самым тёплым — август со среднемесячной температурой воздуха $+21^{\circ}\text{C}$ [4].

Почвенный покров о. Стенина представлен типичными буроземами с характерным набором генетических горизонтов (O-AУ-AУBM-BM(BM1-BM2)-BMC). По мощности гумусового горизонта (8-9 см) они относятся к маломощным бурозёмам. Наличие обгоревших растительных остатков в подстилке свидетельствует о пирогенном воздействии на геосистемы, что может являться одной из причин маломощности аккумулятивно-гумусового горизонта. Отличительной чертой почв острова является сероватый оттенок в средней части профиля, появляющийся в результате вымывания гумуса из вышележащих горизонтов [5; 6].

В последнюю холодную стадию позднего плейстоцена, когда уровень Японского моря был ниже современного на 110–130 м [7], все острова залива Петра Великого были объединены с материком и имели общую флору и фауну. В это время (^{14}C -возраст 18–20 тыс. лет назад) береговая линия залива проходила по краю шельфа, а реки выработали здесь глубокие долины с крутыми склонами. Около 18 тыс. лет назад началось постепенное потепление климата. В составе растительности доля хвойных и мелколиственных пород начала снижаться, а доля широколиственных увеличиваться (^{14}C -возраст 16560 ± 120 л. н., ЛУ-7564) [7]. Медленный подъём уровня моря привёл к затоплению прибрежной суши и образованию островов залива Петра Великого около 8–10 тыс. лет назад [8].

Для растительного покрова островов Римского-Корсакова характерно преобладание дубняков из *Quercus mongolica*, липняков из *Tilia amurensis* и смешанных широколиственных лесов с участием клёнов (*Acer mono*, *A. pseudosieboldianum*), граба (*Carpinus cordata*) и ясеня (*Fraxinus rhynchophylla*). Леса занимают более 50 % площади островов. Флора сосудистых растений о. Стенина насчитывает 400 видов. Широкое распространение на островах имеют петрофитно-травянистые, супралиторальные сообщества и сообщества с преобладанием полыни Гмелина (*Artemisia gmelinii*). Флора островов архипелага является обеднённой («островной вариант» маньчжурской флоры) по сравнению с материком. Из островов ДВГМЗ о. Стенина занимает 3 место по числу таксонов, уступая только островам Фуругельма и Большой Пелис, а флористические комплексы тяготеют к южно-таёжным и неморальным хвойно-широколиственным лесам южного Сихотэ-Алиня [9]. Остров Стенина отличается наименьшим показателем адвентивности флоры — 1,9 % [10], что косвенно отражает слабое антропогенное влияние на ПТК.

В ландшафтном отношении на островах залива Петра Великого распространены Дальневосточные бореальные и суббореальные средне- и южнотаёжные притихоокеанские ландшафты с характерной муссонной циркуляцией воздушных масс [11]. Согласно В. Т. Старожилову [12] на о. Стенина представлен низкогорный грабово-широколиственный с позднепермскими гранитоидными комплексами и глубиной залегания кровли коренного фундамента до 2 м ландшафт. Для о. Стенина характерны высокие показатели ландшафтного разнообразия по сравнению с другими островами залива Петра Великого. Это обусловлено отсутствием антропогенного пресса на геосистемы [13]. Это практически единственный крупный остров залива Петра Великого, где зафиксировано сохранение коренных геосистем с участием пихты цельнолистной (*Abies holophylla*).

Материалы и методы. Комплексные полевые ландшафтно-палеогеографические исследования были проведены в 2015 г. В ходе выполнения палеогеографических реконструкций применялся комплекс палеогеографических, картографических, информационно-статистических методов и метод моделирования. Среди палеогеографических методов ведущая роль принадлежит палинологическому, диатомовому и радиоуглеродному методам. Палинологический метод позволяет восстанавливать растительность, которая является наиболее чутким компонентом биогеоценоза, реагирующим на изменения окружающей среды. С помощью диатомового метода реконструируются экологические и фациально-генетические условия осадконакопления (температурный режим водоёмов, солёность вод, степень эвтрофирования и т.д.). Методы абсолютного датирования являются одним из основных приемов сравнительного анализа разнообразных природных явлений и позволяют четко определить хронологические рубежи палеогеографических событий, их временную диагностику и выполнить достоверные корреляции независимо от расстояния между объектами сравнительного анализа [14]. Датирование было выполнено по раковинам двустворчатых моллюсков *Bivalvia* (сем. Veneridae) с помощью AMS спектрометра (лаборатория DirectAMS, Сизтл, США) и гумусу (Санкт-Петербургский государственный университет).

Реконструкция палеоусловий островов залива Петра Великого и их картографирование было проведено с использованием ГИС-технологий в программном пакете ArcMap 10.1 в масштабе 1:25000 для следующих временных срезов: ~6000 ¹⁴C л. н., ~2200-1800 ¹⁴C л. н. и современный. На основе построения цифровой модели рельефа островов и подводного берегового склона выполнено моделирование изменений очертаний береговой полосы в зависимости от колебаний уровня моря в голоцене.

Кривая колебания уровня Японского моря в среднем-позднем голоцене принята согласно А. М. Короткого [15]. Основным вопросом определения положения береговой линии в периоды регрессии моря является учёт скорости подводного осадконакопления. Сотрудники ТОИ ДВО РАН [16] на основе сейсмоакустических исследований в северной части Амурского залива определили особенности осадконакопления в голоцене и суммарную мощность отложений (до 20-25 м). На временной срез 2300–2000 л. н. мощность осадков в северной части Амурского залива составляет около 3-4 м. Особенности осадконакопления в северной части Амурского залива определяются гидрологическим режимом реки Раздольная. Во время прохождения экстремальных паводков замутнённые речные воды могут достигать п-ова Гамова [17]. Скорости подводного осадконакопления значительно варьируются в пределах всего Амурского залива: в центральной части — 7,2 мм/год и увеличиваются на порядок в приустьевых участках крупных водотоков [18]. При этом А. М. Короткий [15] отмечает, что в центральной части залива в условиях крутого подводного берегового склона, дефицита наносов в позднем голоцене и усиления штормовой деятельности произошёл уход наносов на глубины свыше 15-20 м, и смещение нейтральной линии до глубины 6-10 м. Учитывая данный факт, при построении линии палеоберега во время регрессии моря в позднем голоцене условно была принята нейтральная скорость осадконакопления до глубины 6 м. Подобный подход при реконструкции палеоусловий островов залива Петра Великого нами был апробирован на примере островов архипелага Императрицы Евгении [19].

Результаты. Опорной точкой на о. Стенина для взятия образцов был выбран участок заросшего озера за штормовым валом вблизи западного побережья, который в настоящее время представляет собой кочкарниковое осоково-вейниковое болото. В травянистом покрове произрастает: майник, осока, папоротник, кровохлебка, сфагновые мхи, китагавия терпентиновая (*Kitagawia terebinthacea*), очиток, полынь побегоносная (*Artemisia stolonifera*), горец, лютик, дербенник. С помощью ручного бура была взята колонка отложений, мощностью 155 см, состоящая (сверху вниз) из торфа, гиттии, морского ила с ракушей. Образцы на палинологический и диатомовый анализы отбирались с шагом в 5 см, также было взято 5 проб на радиоуглеродное датирование.

Составленная по данным спорово-пыльцевого анализа диаграмма (Рис. 2) позволила выделить 3 палинозоны.

I палинозона (55-155 см). В общем составе пыльцы и спор в нижней части палинозоны содержание спор, пыльцы трав и деревьев почти равное; к

верхней части количество спор постепенно снижается до 4 %. Сумма древесной пыльцы сначала несколько выше, травянистой, но затем их доли становятся почти равными. В группе древесных наблюдается высокое содержание пыльцы дуба (25-40 %) и берёзы (18-40 %), характерно большое количество пыльцы широколиственных пород (43-73 %) по отношению к мелколиственным и хвойным. Кроме дуба среди широколиственных пород повышенные значения пыльцы у граба (до 18 %), у ильма (до 12 %), у лещины (до 9 %), у ореха (до 6 %). Единично присутствует пыльца клёна, леспедецы, винограда, сирени, бархата, липы, калины, аралии, элеутерококка, ясеня, бузины, барбариса и бука (в средней части палинозоны). Из мелколиственных пород повышенные значения у ольхи (до 8 %), из хвойных — у сосны густоцветковой (*Pinus densiflora*) (до 18 %), сосны корейской (*P. koraiensis*) (до 7 %), в незначительных количествах содержится пыльца ели (до 3 %), пихты (до 2 %), встречено по 1 пыльцевому зерну можжевельника и хвойника односемянного (*Ephedra monosperma*). Для группы травянистых растений характерно большое содержание пыльцы полыни (до 41 %), в значительных количествах присутствует пыльца осок (до 26 %), злаков (до 26 %), кровохлебки (до 22 %), водных растений, главным образом ежеголовника и рогоза (до 30 %), зонтичных (до 12 %) и лютиковых (до 13 %). Среди спор преобладают споры папоротников.

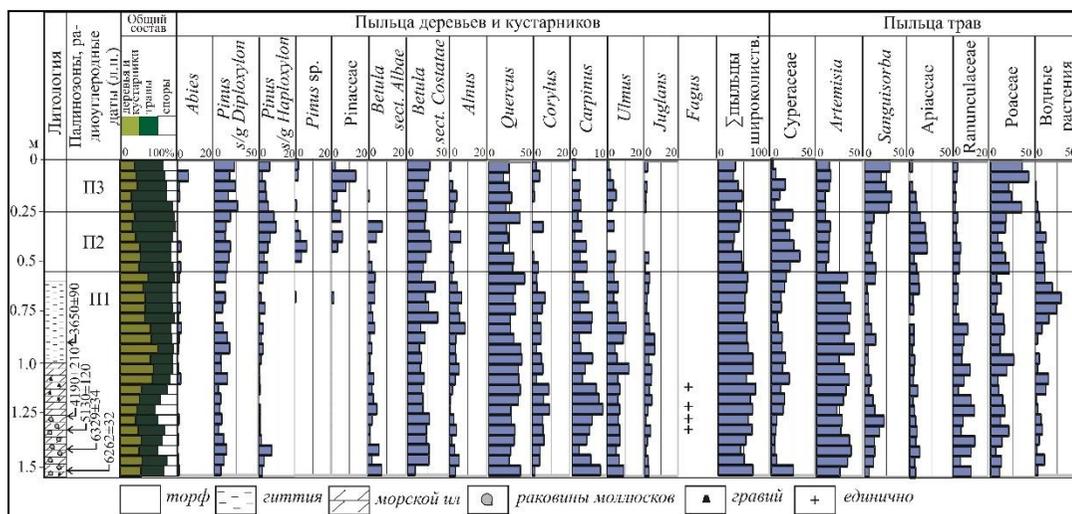


Рис. 2. Диаграмма спорово-пыльцевого анализа отложений о. Стенина.

Fig. 2. Diagram of spore-pollen analysis of the sediments of the Stenina Island.

II палинозона (25-55 см). В общем составе доминирует пыльца трав. Отмечается уменьшение суммы пыльцы полыни (до 10 %), водных растений (до 6 %) и увеличение количества пыльцы осок (до 33 %), зонтичных (до 20 %), кровохлебки, злаков. В группе древесных снижается сумма пыльцы

широколиственных до 29 %: дуба (до 17 %), ильма (до 4 %), граба (до 2 %), лещины (до 1 %), ореха (до 1 %); возрастает доля пыльцы хвойных (до 41 %), в значительных количествах содержится пыльца берёз (до 31 %) и ольхи (до 6 %). Споры папоротников, сфагновых и зелёных мхов присутствуют незначительно.

III палинозона (0-25 см). В общем составе пыльцы и спор преобладает пыльца трав, причём содержание постепенно снижается снизу вверх по разрезу (от 71 до 50 %), за счёт возрастания доли спор. В группе травянистых растений значительно увеличивается количество пыльцы злаков (до 43 %) и кровохлебки (до 31 %), а сумма пыльцы осок, зонтичных и водных растений падает (до 2, 3 и 1 % соответственно). Доля полыни остаётся без изменений. Среди древесных растений максимальные значения у пыльцы дуба (до 28 %), берёзы (до 27 %) и сосны густоцветковой (до 27 %). Присутствует пыльца пихты и сосны корейской (до 6 %), ели, хвойника односемянного, граба и ильма (до 5 %), ореха, лещины, клёна, леспедецы, липы, калины, ясеня, бузины, багульника, ольхи и ивы. В группе споровых растений основное содержание составляют споры папоротников.

Диатомовый анализ отложений показал небогатое видовое содержание диатомовых водорослей в осадках разреза (64 вида и разновидности пресноводных и 16 видов солоноватоводных и морских). На основе исследованных образцов было выделено 3 комплекса (Рис. 3).

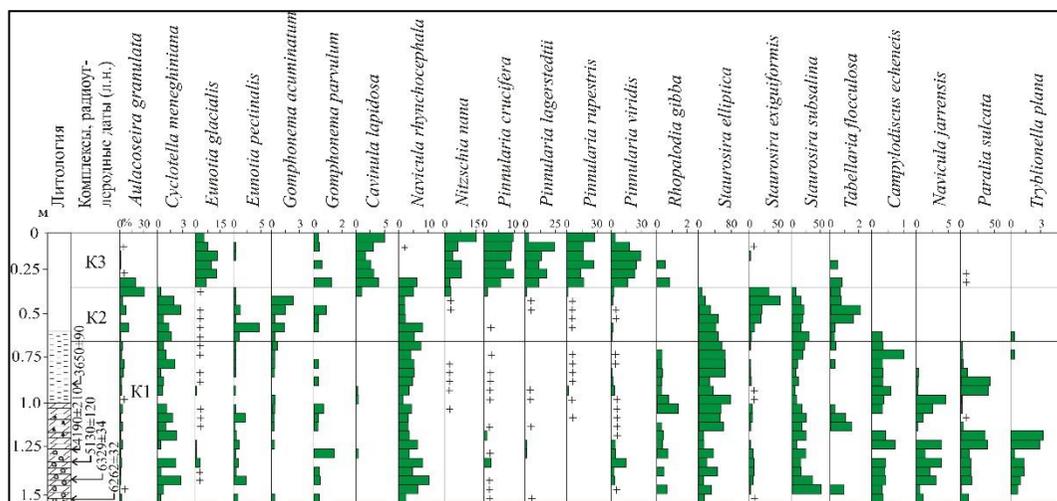


Рис. 3. Диатомовый анализ отложений о. Стенина. Условные обозначения см. на Рис. 2.

Fig. 3. Diatom analysis of the sediments of the Stenina Island. For legendary symbols, see Fig. 2.

Комплекс 1 (65-155 см). В составе диатомей преобладают виды обрастания *Staurisira elliptica*, *S. subsalina*, *Staurisira exiguiformis* (в сумме до 85,4 %), характерные для стоячих вод. Заметно участие донного *Navicula rhynchocephala* (до 10 %) и планктонного *Aulacoseira granulata* (до 5,5 %).

Здесь же отмечено высокое содержание морских и солоноватоводных видов: *Paralia sulcata*, *Tryblionella plana*, *Pinnunavis yarrensensis* и др. В интервалах 85-95 см и 115-125 см суммарное содержание этих видов достигает 44,6 % и 56,7 % соответственно, что может говорить о сильных штормовых заплесках или нагонах. В целом комплекс свидетельствует о существовании мелководной лагуны.

Комплекс 2 (35-65 см) характеризуется доминированием тех же видов обрастания *Staurosira elliptica*, *S. subsalina*, *Stauroforma exiguiformis* (в сумме до 87,7 %), широко представлены *Navicula rhynchocephala* (до 11 %), *Aulacoseira granulata* (до 31 %), присутствуют виды родов *Navicula*, *Pinnularia*, *Eunotia*. В комплексе полностью отсутствуют морские и солоноватоводные виды, что свидетельствует о прекращении связи с морем и существовании здесь пресноводного водоёма.

Комплекс 3 (0-35 см). В состав доминирующего комплекса входят разнообразные виды рода *Pinnularia*: *P. viridis*, *P. rupestris*, *P. lagerstedtii*, *P. crucifera* (в сумме до 69 %), а также *Nitzschia nana* (до 15,5 %), *Eunotia glacialis* (до 13 %), *E. bilunaris*, *Cavinula lapidosa*, *Navicula festiva*. Морские и солоноватоводные виды единичны. Комплекс диатомей свидетельствует о развитии на месте водоёма хорошо обводнённого болота.

В воде современного озера, расположенного недалеко от разреза, в составе диатомей преобладают виды обрастания *Stauroforma exiguiformis* (27,5 %), *Gomphonema parvulum* (13 %), *Staurosira subsalina* (9 %), присутствуют планктонные *Aulacoseira granulata* (9 %) и *Cyclotella meneghiniana* (6 %), донные *Sellaphora laevis* (7 %), *Pinnularia subgibba* (5 %). В целом комплекс схож с комплексом 2.

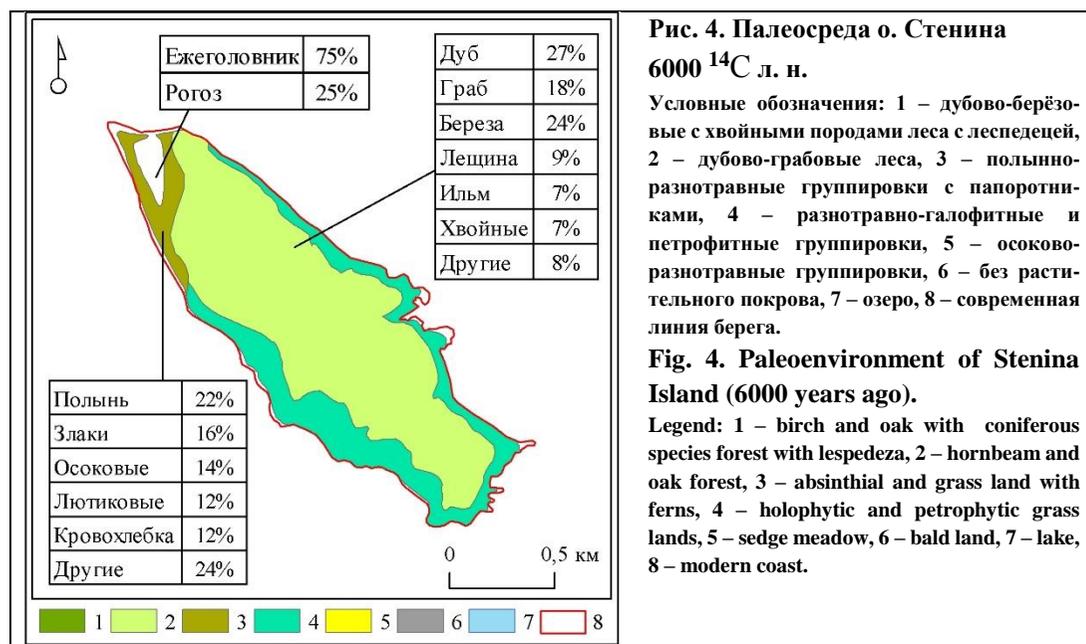
Обсуждение. Из нижней части изученного разреза (интервалы 129-139 см и 150-155 см) при датировании раковин двустворчатых моллюсков *Bivalvia* (сем. *Veneridae*) были получены радиоуглеродные даты: 6262±32 л. н.; 6329±34 л. н. Выше по разрезу при датировании по гумусу получены радиоуглеродные даты: 5130±120 л. н.; 4190±210 л. н.; 3650±90 л. н. (Рис. 2). Все датировки соответствуют среднему голоцену, что позволяет нам отнести I палинозону также к среднему голоцену. В течение этого периода температурный тренд возростал, достигнув максимума в оптимум голоцена (^{14}C возраст около 6000 л. н.). Среднегодовая температура была на 3-5°C выше современной, количество атмосферных осадков составляло до 1000–1200 мм [20; 21]. Полученные нами пыльцевые данные подтверждают такой сценарий: на спорово-пыльцевой диаграмме можно видеть самые высокие показатели суммы пыльцы широколиственных, соответствующие I палинозоне, пик которых приходится на температурный оптимум среднего

голоцена в районе 6000 л. н., что подтверждают полученные датировки. Другими индикаторами тепла I палинозоны могут служить высокие значения количества пыльцы граба (до 18 %) по сравнению с современным (2 %) и присутствие пыльцы бука, хоть и единичной, но свидетельствующей о расширении его ареала на север (Рис. 4). Развитие широколиственных дубово-грабовых лесов в этот период было зафиксировано и для о. Русский (залив Петра Великого) [22]. На некоторых островах залива были развиты уникальные ландшафты, не имеющие современных аналогов, как минимум на территории Приморья. Так на островах Шкота, Энгельма, Лаврова полидоминантный широколиственный лес состоял из бархата амурского (*Phellodendron amurense*) (40 %); представителей сем. аралиевых (30 %): аралыя, диморфант (*Kalopanax septemlobus*), элеутерококк; липы амурской с примесью березы плосколистной (*Betula platyphylla*) и подлеском из лещины маньчжурской (*Corylus mandshurica*), винограда амурского (*Vitis amurensis*) (6,3 %) с папоротниковым покровом. На о. Рикорда полидоминантный широколиственный лес состоял, главным образом, из аралиевых (29 %), дуба (13 %), липы (13 %), граба (11,4 %) [7].

Кроме того, важным событием среднего голоцена была трансгрессия Японского моря (до +2-3 м), затопившая прибрежные низменные участки [15; 23], что привело к образованию тёплых мелководных заливов и лагун, в которых часто распространялись устрицы и другие двустворчатые моллюски. Найденные в отложениях разреза створки двустворчатых моллюсков принадлежат 3 видам (определение выполнено сотрудниками ТОИ ДВО РАН Еловской О. А. и Раковым В. А.). *Callithaca adamsi* — тихоокеанский, приазиатский, низкобореальный, верхнесублиторальный вид, населяющий илистые, илисто-песчаные грунты, зарывается в грунт на 10-20 см. Относится к эвритермным низкобореальным, способным выносить температуру от -1°C до $20-25^{\circ}\text{C}$, стеногалинный, морской, оптимальная солёность от 31,8 ‰ до 33,5 ‰ [24]. *Macoma incongrua* — тихоокеанский, приазиатский, субтропическо-низкобореальный вид. Селится в нижних горизонтах литорали и верхней сублиторали до глубины 6 м в илисто-песчаных грунтах, в закрытых и полузакрытых бухтах и заливах на илисто-песчаном или слабо заиленном песке. Эвритермный тепловодный субтропический по происхождению. Выносит температуры от -1°C до $23-28^{\circ}\text{C}$, оптимальная солёность 31,7–33,5 ‰ [24]. *Macoma sicca* — тихоокеанский, приазиатский, низкобореальный вид. Обитает в верхней сублиторали. Наличие морских илов с ракушей, доминирование морских и солоноватоводных диатомовых водорослей в подошве разреза говорит о существовании здесь мелководного залива или лагуны (Рис. 4).

После максимума среднего голоцена температурный тренд начал снижаться. В это время (4020 ± 110 ^{14}C л. н., 4528 ± 182 кал. л. н., ЛУ-7127; 3520 ± 90 ^{14}C кал. л. н., 3811 ± 113 кал. л. н., ЛУ-7562) на склонах островов залива Петра Великого произрастал липово-широколиственный лес с диморфантом, ясенем, ильмом горным (*Ulmus laciniata*), грабом сердцелистным, берёзой даурской (*Betula dahurica*) и другими породами с папоротниково-попынно-разнотравным покровом [5]. Снижение среднегодовых температур на $1,5\text{--}2,0^\circ\text{C}$ ниже современных на границе атлантик-суббореал [25] сопровождалось регрессией Японского моря (до 3-4 м) [26], что привело к осушению части лагун и усилению эрозии в устьях рек. На прибрежных низменностях начали накапливаться торфяники мощностью до 2-4 м.

Снижение температуры продолжалось и в начале позднего голоцена до значений чуть ниже современных (II палинозона). Как видно из диаграммы (Рис. 2) сумма пыльцы широколиственных падает до 28 %, дуба — до 17 %, пыльца ореха, ильма, лещины, клёна исчезает. Подобная картина происходила и на других островах залива. Кроме того, в составе лесной растительности увеличивалась роль мелколиственных пород, в том числе, появилась берёза кустарниковая (*Betula fruticosa*) (1640 ± 90 ^{14}C л. н., 1551 ± 113 кал. л. н., ЛУ-7563) (острова Рикорда, Попова).



На о. Путятина были развиты опынно-разнотравно-папоротниковые сообщества, в лесных фитоценозах преобладала берёза плосколистная с примесью кустарниковой и даурской, дуба монгольского, липы амурской, ольхи волосистой (*Alnus hirsuta*) и других пород [27]. На ряде островов развивался

хвойно-широколиственный лес. Так, на о. Наумова он состоял из сосны густоцветковой и липы амурской с участием берёзы, пихты, можжевельника, хвойника односемянного, тиса остроконечного (*Taxus cuspidata*), лещины разнолистной (*Corylus heterophylla*), диморфанта с папоротниково-травяным покровом [28]. Это же похолодание около 1920–1820 ¹⁴С л. н. было зафиксировано при изучении торфяника в бухте Кит (восточное Приморье) [29] и в зал. Ольга (2200–1800 ¹⁴С л. н.), оно сопровождалось падением уровня моря на 0,8–1,2 м ниже современного [21]. Именно в этот период произошло отделение лагуны о. Стенина от моря аккумулятивной формой (галечным береговым валом) с формированием озера. Это привело к прекращению водообмена между озером и морем, и, как следствие, к дальнейшему опреснению. Присутствие пачки гиттии в разрезе, пик пыльцы водных растений на спорово-пыльцевой диаграмме и полное отсутствие морских и солоноватоводных диатомовых водорослей в комплексе 2 (Рис. 3), который схож с составом диатомей современного озера, свидетельствуют об озёрной стадии эволюции лагуны (Рис. 5). В последующий период лагунное озеро постепенно заболачивалось и зарастало, сокращаясь в размерах до современного состояния. На низких побережьях островов также происходило увеличение площадей, занятых заболоченными осоковыми и разнотравно-злаковыми лугами, преобладающей древесной растительностью были ольхово-берёзовые леса [30]. Характерной чертой начала позднего голоцена является усиление фронтально-циклонической деятельности, что фиксируется в увеличении суммы заносной пыльцы, особенно хвойных пород.

После похолодания на границе среднего и позднего голоцена температурный тренд устремляется вверх. В течение кратковременного потепления в первой половине позднего голоцена среднегодовая температура, возможно, была даже немного выше современной (сумма пыльцы широколиственных на 11 % больше, дуба на 13 %) (II палинозона).

В середине позднего голоцена последовало кратковременное похолодание, хорошо проявившееся в высоких широтах [31] и зафиксированное в разрезе торфяника бух. Кит по значительному сокращению широколиственных и увеличению доли кедра корейского [29]. На спорово-пыльцевой диаграмме о. Стенина (Рис. 2), оно также определяется по сокращению пыльцы широколиственных (до 35 %) и дуба (до 21 %) (III палинозона).

Малый оптимум голоцена (VIII–XIII вв., по другим оценкам VIII–X вв.) на острове проявился в увеличении пыльцы широколиственных (до 47 %): дуба, ясеня, липы, ильма, лещины, калины (III палинозона). Распространение широколиственных лесов с преобладанием дуба и большим участием граба

было зафиксировано также для о. Русский [19; 30]. Увеличение участия широколиственных пород в лесной растительности в этот период фиксируется и в бухте Кит [29]. Подъем уровня Японского моря для этого времени оценивается примерно на 1 м выше современного [15; 32].

После малого оптимума голоцена температурная кривая снова начинает понижаться и достигает своего минимума в малый ледниковый период (XIII–XIX вв.). Содержание пыльцы широколиственных пород в этот период уменьшается до 29 %: пыльцы дуба — 18 %, отсутствует пыльца ореха, граба и других (III палинозона). Расширились площади, занятые кустарниково-полынно-разнотравными сообществами, большое развитие получили мелколиственные породы. На о. Русском в это время широко распространялись ольховники, снижалась роль широколиственных лесов с преобладанием дуба [30]. По оценкам Т. Yamamoto [33; 34] температура и лета, и зимы была на 1–2 °С ниже, чем в настоящее время. Летние сезоны были более дождливыми. Эти изменения связаны с ослаблением субтропического тихоокеанского антициклона и смещением климатических зон к югу.

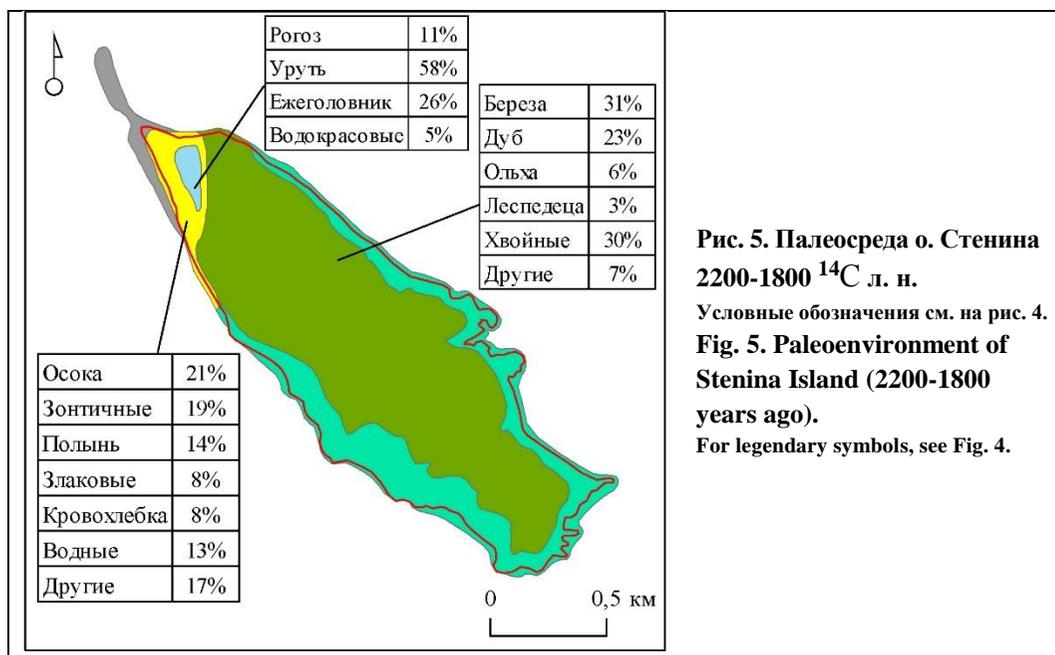


Рис. 5. Палеосреда о. Стенина 2200-1800 ¹⁴С л. н.

Условные обозначения см. на рис. 4.

Fig. 5. Paleoenvironment of Stenina Island (2200-1800 years ago).

For legendary symbols, see Fig. 4.

Приближение к современным климатическим условиям и современной растительности началось не ранее середины XIX века, что выразилось в повышении среднегодовой температуры и увеличении численности широколиственных пород, особенно дуба монгольского, граба сердцелистного в составе растительности как о. Стенина (III палинозона), так и всех островов залива. Антропогенное влияние отражается в послепожарных

сукцессиях: так на о. Путятина развиты вторичные дубняки паркового типа, на других островах расширяются площади, занятые мелколиственными породами, гмелинополынниками, леспедечниками и лугово-кустарниковыми сообществами (острова Фуругельма, Энгельма и др.). На некоторых таких участках наблюдается поросль древесной растительности, свидетельствующая о благонадёжном восстановлении леса.

Заключение. Изучение отложений о. Стенина позволило впервые подробно рассмотреть эволюцию его окружающей среды в течение среднего–позднего голоцена. Были выделены короткопериодичные фазы, формирование которых определялось глобальными изменениями климата и колебаниями уровня Японского моря, которые обусловили смену растительного покрова и изменения площади острова. Природная среда быстро реагировала на непродолжительные и низкоамплитудные флуктуации климата, а эволюция лагуны в озеро произошла во время кратковременного похолодания около 1920–1820 ^{14}C л. н. Островное положение территории сыграло большую роль в сохранении термофильных полидоминантно-широколиственных лесов с участием хвойных пород в составе растительности о. Стенина при климатических флуктуациях среднего-позднего голоцена.

Благодарности. Авторы выражают благодарность директору ДВГМЗ С. М. Долганову и инспекторам А. А. Тицкому и А. А. Шалому за помощь в организации экспедиционных работ.

Литература

1. Dolganov S. M., Tyurin A. N. Far Eastern Marine Biosphere Reserve (Russia) // Biodiversity and Environment of Far East Reserves. 2014. № 2. С. 76–87/
2. Велижанин А. Г. Время изоляции материковых островов северной части Тихого океана // Доклады академии наук. 1976. Т. 231, № 1. С. 205–207.
3. Геология СССР. Т. XXXII, Приморский край: ч. I. Геологическое описание. – М. : Недра, 1969. 696 с.
4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Многолетние данные. Приморский край. – Л.: Гидромеоиздат, 1988. Сер. 3. Вып. 26. 416 с.
5. Пшеничников Б. Ф., Пшеничникова Н. Ф. Бурозёмы архипелага Римского-Корсакова // Биота и среда заповедников Дальнего Востока. 2014. № 2. С. 123–143.
6. Пшеничников Б. Ф., Пшеничникова Н. Ф. Специфика формирования буроземов на островах залива Петра Великого (юг Дальнего Востока) // Вестник ДВО РАН. 2013. № 5. С. 87–96.
7. Ляцевская М. С. Ландшафтно-климатические изменения на островах залива Петра Великого (Японское море) за последние 20000 лет // Успехи современного естествознания. 2016. № 11–2. С. 372–379.
8. Короткий А. М. Типы берегов Японского моря и их эволюция в плейстоцене // Прибрежная зона дальневосточных морей в плейстоцене. – Владивосток: ДВО АН СССР, 1988. С. 3–25.
9. Чубарь Е. А. Итоги инвентаризации флоры островов Государственного морского заповедника // Ботанический журнал. 2005. Т. 90. № 3. С. 360–377.

10. Чубарь Е. А. Адвентивные виды сосудистых растений во флоре малых морских островов: типы стратегий, ценотическая активность, уровень адвентизации (на примере Дальневосточного морского заповедника, Приморский край) // Комаровские чтения. 2015. Вып. LXIII. С. 127–163.
11. Исаченко А. Г. Ландшафты СССР. – Л.: ЛГУ, 1985. 320 с.
12. Старожилов В. Т. Ландшафты Приморского края (Объяснительная записка к карте масштаба 1:500000). – Владивосток: Изд. Дальневост. ун-та, 2009. 368 с.
13. Ганзей К. С., Киселёва А. Г., Родникова И. М., Пшеничникова Н. Ф. Современное состояние и антропогенная трансформация геосистем островов залива Петра Великого // Ойкумена. Регионоведческие исследования. 2016. № 1. С. 40–49.
14. Блюм Н. С., Болиховская Н. С., Большаков В. А. и др. Методы палеогеографических реконструкций: Методическое пособие / ред. П. А. Каплина, Т. А. Янина. – М.: Географический факультет МГУ, 2010. 430 с.
15. Короткий А. М. Колебания уровня Японского моря и ландшафты прибрежной зоны (этапы развития и тенденции) // Вестник ДВО РАН. 1994. № 3. С. 29–42.
16. Карнаух В. Н., Суховеев Е. Н., Листровая И. А. Высокоразрешающие сейсмоакустические исследования скоплений газа в голоценовых донных отложениях Амурского залива (Японское море) // Вестник ДВО РАН. 2011. № 3. С. 56–64.
17. Astakhov A. S., Kalugin I. A., Aksentov K. I., Dar'in A. V., 2015, Geochemical indicators of paleo-typhoons in shelf sediments, *Geochemistry International*, no. 4, pp. 383–388.
18. Аксентов К. И., Астахов А.С. Антропогенное загрязнение ртутью донных осадков залива Петра Великого // Вестник ДВО РАН. 2009. № 4. С. 115–121.
19. Лящевская М. С., Ганзей К. С. Реконструкция палеоусловий голоцена для островов залива Петра Великого (Японское море) // Пути эволюционной географии: Материалы Всероссийской научной конференции, посвященной памяти профессора А.А. Величко (Москва, 23–25 ноября 2016 г.). – М.: Институт географии РАН, 2016. С. 496–500.
20. Короткий А. М., Волков В. Г., Гребенникова Т. А. и др. Дальний Восток // Изменение климата и ландшафтов за последние 65 миллионов лет (кайнозой: от палеоцена до голоцена). – М.: ГЕОС, 1999. С. 146–164.
21. Короткий А. М., Вострецов Ю. Е. Особенности развития природной среды в позднем вюрме-голоцене в нижнем течении реки Аввакумовки и сопредельных территориях // Синие скалы – археологический комплекс: опыт описания многослойного памятника. – Владивосток: Дальнаука, 2002. С. 45–72.
22. Микишин Ю. А, Гвоздева И. Г. Палеосреда острова Русский (Южное Приморье) в среднем-позднем голоцене // Фундаментальные исследования, 2014. №3. С. 516–522.
23. Короткий А. М., Караулова Л. П., Троицкая Т. С. Четвертичные отложения Приморья: стратиграфия и палеогеография. – Новосибирск: Наука, 1980. 234 с.
24. Скарлато О. А. Двустворчатые моллюски умеренных вод северо-западной части Тихого океана. – Л. : Наука, 1981. 480 с.
25. Короткий А. М., Скрыльник Г. П., Коробов В. В. Тенденции изменения природной среды и возможные сценарии ее развития на юге Дальнего Востока // Вестник ДВО РАН. 2010. № 6. С. 3–16.
26. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем кайнозое (миоцен–плейстоцен) / А. М. Короткий, Т. А. Гребенникова, В. С. Пушкарь и др. – Владивосток: ДВО РАН, 1996. 57 с.
27. Лящевская М. С., Киселёва А. Г., Родникова И. М., Пшеничникова Н. Ф., Ганзей К. С. Развитие почвенно-растительного покрова ландшафтов острова Путятина в позднем голоцене (Приморский край) // География и природные ресурсы, 2014. № 1. С. 124–133.
28. Родникова И. М., Лящевская М. С., Киселёва А. Г., Пшеничникова Н. Ф. Состояние и динамика почвенно-растительного покрова малых островов залива Петра Великого (Японское море) // География и природные ресурсы. 2012. № 1. С. 96–103.
29. Разжигаева Н. Г., Ганзей Л. А., Гребенникова Т. А., Мохова Л. М., Кудрявцева Е. П., Арсланов А. Х., Максимов Ф. Е., Старикова А. А. Изменения ландшафтов побережья

- и горного обрамления бухты Кит (восточное Приморье) в среднем-позднем голоцене // География и природные ресурсы. 2016. № 3. С. 141–151.
30. Микишин Ю. А., Петренко Т. И., Гвоздева И. Г., Попов А. Н., Кузьмин Я. В., Раков В. А., Горбаренко С. А. Голоцен побережья Юго-западного Приморья // Научное обозрение. 2008. №1. С. 8–27.
 31. Борисова О. К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Изв. РАН. Сер. Географ. 2014. №2. С. 5–20.
 32. Короткий А. М., Худяков Г. И. Экзогенные геоморфологические системы морских побережий. – М.: Наука, 1990. 216 с.
 33. Yamamoto T. On the climatic change in the XV and XVI centuries in Japan // Geophysical Magazine. 1971. № 35. P. 187–206.
 34. Yamamoto T. On the nature of climatic change in Japan since the Little Ice Age around 1800 AD // Journal of the Meteorological Society of Japan. 1971. № 49. P. 798–812.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 15-05-01419.

Paleogeographical Reconstruction for Stenina Island (Sea of Japan) during Middle-Late Holocene

M. S. Lyashchevskaya, K. S. Ganzei, T. R. Makarova

*The Pacific Geographical Institute of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences
Vladivostok, 690022, Russia
E-mail: geo2005.84@mail.ru*

Abstract

On the basis of complex landscape and paleogeographical investigations executed in 2015 stages of Stenina Island environment development in the Middle-Late Holocene are analyzed. Based on relief and underwater coastal slope digital model modeling of coast changes depending on sea level fluctuations is executed. It is established that around 6000 ¹⁴C years ago on the island prevailed broad-leaved with oak and horn-beech. Presence shells in a sea mud with domination marine and brackish-water diatoms show the existence of shallow bay or lagoon on Stenina Island. About 1920–1820 ¹⁴C years ago lowering of sea level was resulted of lagoon separation by accumulative form (a pebble offshore bar) with formation of the lake. Gittja pack at a section with pollen of a water plants and absence of marine and the brackish-water diatoms show the lake stage of lagoon evolution. The climatic cooling at the beginning of the Late Holocene has led to distribution of the oak and birch forests with coniferous trees and underbrush with lespedeza. Lagoon lake gradually became bogged up and grew over, being reduced to the present size. Formation of a modern vegetation cover of the Stenina Island has happened not earlier than the middle of the XIX-th century after the end of Little Ice Age and steady increase of average annual temperature. That was expressed in increase area of broad-leaved forests, especially an oak (*Quercus mongolica*) and horn-beech (*Carpinus cordata*) on Stenina Island and all islands of Peter the Great Bay.

Key words: islands of Peter the Great Bay, Far Eastern Marine Reserve, Holocene, environmental evolution, paleogeographical reconstruction.

References

1. Dolganov S. M., Tyurin A. N., 2014, Far Eastern Marine Biosphere Reserve (Russia), *Biodiversity and Environment of Far East Reserves*, no. 2, pp. 76–87.
2. Velizhanin A. G., 1976, Time of Isolation of Continental Islands of the North Pacific Ocean, *Doklady akademii nauk*, vol. 231, no. 1, pp. 205–207.
3. *Geologiya SSSR. T. XXXII, Primorskiy kray: ch. I. Geologicheskoe opisanie* [Geology of the USSR. T. XXXII, Primorsky Krai: part I. Geological description], 1969, 696 p., Nedra, Moscow.
4. *Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR. Mnogoletnie dannye. Primorskiy kray*, 1988, [Scientific-applied Handbook on the USSR climate. Long-term data. Primorsky Krai], 3 (26), 416 p., Gidrometeoizdat, Leningrad.
5. Pshenichnikov B. F., Pshenichnikova N. F., 2014, Burozems of Rimsky-Korsakov Archipelago, *Biodiversity and Environment of Far East Reserves*, no. 2, pp. 123–143.
6. Pshenichnikov B. F., Pshenichnikova N. F., 2013, Specificity of Burozem Formation on the Peter the Great Bay Islands (South of the Russian Far East), *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*, no. 5, pp. 87–96.
7. Lyashevskaya M. S., 2016, Landscape-climate changes of the islands of Peter the Great Bay (Sea of Japan) during last 20 000 years, *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, no. 11–2, pp. 372–379.
8. Korotky A. M. 1988, Types of coasts of the Sea of Japan and their evolution in the Pleistocene, in *Pribrezhnaya zona dal'nevostochnykh morey v pleystotsene* [Coastal zone of the far Eastern seas in the Pleistocene], pp. 3–25, DVO AN SSSR, Vladivostok.
9. Chubar E. A., 2005, Results of the flora inventory on islands of the Far East State Marine Reserve, *Botanicheskiy zhurnal*, vol. 90, no. 3, pp. 360–377.
10. Chubar E. A., 2015, Alien species in the small marine islands" flora: life-strategies, coenotic activity, adventive index (the Far East marine reserve, Primorskii Krai), *Komarovskie chteniya*, LXIII, pp. 127–163.
11. Isachenko A. G., 1985, *Landshafty SSSR* [Landscapes of the USSR], 320 p., LGU, Leningrad.
12. Starozhilov V. T., 2009, *Landshafty Primorskogo kraya (Ob"yasnitel'naya zapiska k karte masshtaba 1:500000)* [Landscapes of Primorsky Krai (Explanatory note to the map of scale 1:500000)], 368 p., Izdatel'stvo Dal'nevostochnogo universiteta, Vladivostok.
13. Ganzei K. S., Kiseleva A. G., Rodnikova I. M., Pshenichnikova N. F., 2016, Present state and anthropogenic transformation of geosystems of Peter the Great Bay Islands, *Oykumena, Regionovedcheskie issledovaniya*, no. 1, pp. 40–49.
14. Blyum N. S., Bolikhovskaya N. S., Bol'shakov V. A. et al., 2010, *Metody paleogeograficheskikh rekonstruktsiy: Metodicheskoe posobie* [Methods of paleogeographic reconstructions: Methodical manual], 430 p., Geograficheskiy fakul'tet MGU, Moscow.
15. Korotky A. M., 1994, Fluctuations of the Sea of Japan level and landscapes of coastal zone (development stages and tendencies), *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*, no. 3, pp. 29–42.
16. Karnaukh V. N., Sukhoveev E. N., Listrovaya I. A., 2011, High-resolution seismic survey of gas accumulations in the Holocene sediments of the Amur Bay (the Sea of Japan), *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*, no. 3, pp. 56–64.
17. Astakhov A. S., Kalugin I. A., Aksentov K. I., Dar'in A. V., 2015, Geochemical indicators of paleo-typhoons in shelf sediments, *Geochemistry International*, no. 4, pp. 383–388.
18. Aksentov K. I., Astakhov A. S., 2009, Anthropogenic pollution of bottom sediments by mercury in Peter the Great Bay, *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*, no. 4, pp. 115–121.
19. Lyashchevskaya M. S., Ganzei K. S., 2016, Reconstruction of the Holocene paleoenvironment in the islands of the Peter the Great Bay (Sea of Japan) in *Routes of Evolutionary Geography, Proceedings of the Scientific Conference In memory of prof. A.A. Velichko (Moscow, 23–25 November 2016)*, pp. 496–500, Institute of Geography RAS, Moscow.

20. Korotky A. M., Volkov V. G., Grebennikova T. A. et al., 1999, Far East, in *Izmenenie klimata i landshaftov za poslednie 65 millionov let (kaynozoy: ot paleotsena do golotsena)* [Climate and Environment Changes during the Last 65 million years (Cenozoic: from Paleocene to Holocene)], pp. 146–164, GEOS, Moscow.
21. Korotky A. M., Vostretsov Yu. E., 2002, Osobennosti razvitiya prirodnoy sredy v pozdnem vyurme – golotsene v nizhnem techenie reki Avvakumovki i sopredel'nykh territoriyakh in *Sinie skaly – arheologicheskiy kompleks: opyt opisaniya mnogosloynogo pamyatnika* [Blue rocks – archeological complex: the experience of describing the multilayered monument], pp. 45–72, Dalnauka, Vladivostok.
22. Mikishin Yu. A., Gvozdeva I. G., 2014, Paleosreda ostrova Russkiy (Yuzhnoe Primor'e) v srednem-pozdnem golotsene [Palaeoenvironments of Russkiy Island (Southern Primorye) during middle-late Holocene], *Fundamental'nye issledovaniya*, no. 3, pp. 516–522.
23. Korotky A. M., Karaulova L. P., Troitskaya T. S., 1980. *Chetvertichnye otlozheniya Primor'ya: stratigrafiya i paleogeografiya* [Quaternary deposits in Primorye: stratigraphy and paleogeography], 234 p., Nauka, Novosibirsk.
24. Skarlato O. A., 1981, *Dvustvorchatye mollyuski umerennykh vod severo-zapadnoy chasti Tikhogo okeana* [Bivalves of temperate waters of the North-Western Pacific ocean], 480 p., Nauka, Leningrad.
25. Korotky A. M., Skrylnik G. P., Korobov V. V., 2010, Trends of environment changes and possible development scenario in the South of the Far East, *Vestnik of the Far East Branch of the Russian Academy of Sciences*, no. 6, pp. 3–16.
26. Korotky A. M., Grebennikova T. A., Pushkar' V. S. et al., 1996, *Klimaticheskie smeny na territorii yuga Dal'nego Vostoka v pozdnem kaynozoe (miotsen–pleystotsen)* [Climate change on the territory of the southern Far East in the late Cenozoic (Miocene–Pleistocene)], 57 p., DVO RAN, Vladivostok.
27. Lyashchevskaya M. S., Kiseleva A. G., Rodnikova I. M., Pshenichnikova N. F., Ganzey K. S., 2014. Development of soil and vegetation landscapes of the island putiatina in the late Holocene (Primorsky Krai), *Geografiya i prirodnye resursy*, no. 1, pp. 124–133.
28. Rodnikova I. M., Lyashchevskaya M. S., Kiseleva A. G., Pshenichnikova N. F., 2012, The State and Dynamics of the Soil-Vegetation Cover on the Small Islands of the Gulf of Peter the Great (The Sea of Japan), *Geography and Natural Resources*, no. 1, pp. 61–66.
29. Razzhigaeva N. G., Ganzey L. A., Grebennikova T. A., Mokhova L. M., Kudryavtseva E. P., Arslanov A. Kh., Maksimov F. E., Starikova A. A., 2016, Changes of the landscapes of coasts and mountains surrounding Kit Bay (Primorye) in Middle/Late Holocene, *Geografiya i prirodnye resursy*, no. 3, pp. 141–151.
30. Mikishin Yu. A., Petrenko T. I., Gvozdeva I. G., Popov A. N., Kuz'min Ya. V., Rakov V. A., Gorbarenko S. A., 2008, Holocene the coast of South-Western Primorye, *Nauchnoe obozrenie*, no. 1, pp. 8–27.
31. Borisova O. K., 2014, Landscape and Climate Change in Holocene, *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, (2): 5–20. (In Russ.). DOI:10.15356/0373-2444-2014-2-5-20.
32. Korotky A. M., Khudyakov G. I., 1990, *Ekzogennyye geomorfologicheskie sistemy morskikh poberezhnykh* [Exogenous geomorphological system of the sea coasts], 216 p., Nauka, Moscow.
33. Yamamoto T., 1971, On the climatic change in the XV and XVI centuries in Japan, *Geophysical Magazine*, no. 35, pp. 187–206.
34. Yamamoto T., 1971, On the nature of climatic change in Japan since the Little Ice Age around 1800 AD, *Journal of the Meteorological Society of Japan*, no. 49, pp. 798–812.

Рукопись поступила в редакцию 27.03.2017.