УДК 551.89(571.63)

РЕАКЦИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ НА КЛИМАТИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В СРЕДНЕМ – ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ (НА ПРИМЕРЕ УЧАСТКА ПОБЕРЕЖЬЯ ЮГО-ВОСТОЧНОГО ПРИМОРЬЯ)

Лящевская М.С., Пшеничникова Н.Ф., Макарова Т.Р.

ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» ДВО РАН, Владивосток, e-mail: lyshevskay@mail.ru

Проведенные палеогеографические исследования позволили определить рубежи формирования ландшафтов прибрежной зоны Юго-Восточного Приморья, которые четко коррелируются с изменениями климата и колебаниями уровня моря в среднем – позднем голоцене. Выявлено, что в наиболее теплые эпохи (атлантический оптимум, суббореал, малый оптимум голоцена и современное потепление) на побережье распространение получали дубово-широколиственные леса со значительным участием термофильных пород (Juglans mandshurica, Carpinus cordata, Fraxinus rhynchophylla, Phellodendron amurense, Kalopanax septemlobus), а во время холодных (начало субатлантика, малый ледниковый период) – березово-широколиственные с кедром корейским (Pinus koraiensis), на переувлажненных участках развивались ольшаники и сообщества с участием кустарниковой березы (Betula fruticosa). Можжевеловые сообщества из Juniperus davurica на островах Скалы Крейсера образовались во время относительного потепления малого оптимума голоцена (VIII–XIII вв.). Современный тренд потепления способствует расширению площади леса и экспансии широколиственных пород. Особенно активно на острове Большой Крейсер возобновляется ясень носолистный. Антропогенное влияние на ландшафты побережья Юго-Восточного Приморья отмечается по пирогенным сукцессиям и увеличению березовых насаждений (в составе субфоссильных спорово-пыльцевых спектров содержится повышенное количество пыльцы берез). Подъем уровня моря в атлантический период голоцена зафиксирован в одном из разрезов по присутствию морских центрических диатомей и гранулометрическому составу отложений, соответствующих пляжевой фации. Наступившая регрессия привела к образованию мелководных озер и их последующему заболачиванию. Мелкоамплитудные трансгрессии суббореального и субатлантического периодов на изученном участке побережья зафиксированы не были.

Ключевые слова: растительность, климатические изменения, голоцен, побережье, Юго-Восточное Приморье

REACTION OF VEGETATION TO CLIMATIC CHANGES IN MIDDLE LATE HOLOCENE (AT THE EXAMPLE OF A COAST SITE IN SOUTH-EAST PRIMORYE)

Lyashchevskaya M.S., Pshenichnikova N.F., Makarova T.R.

Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, e-mail: lyshevskay@mail.ru

Conducted palaeogeographical research allowed us to define boundaries of landscape formation at the coast of South-East Primorye, which correlate clearly to climatic changes and sea level fluctuations in Middle Late Holocene. The research shows that in the warmer periods (the Holocene Maximum, Sub-Boreal, the Medieval Warm Period, the Contemporary climate), oak-broadleaved forests with considerable participation of thermophilic species (Juglans mandshurica, Carpinus cordata, Fraxinus rhynchophylla, Phellodendron amurense, Kalopanax septemlobus) became widespread at the coast, while in the cold periods (Early Sub-Atlantic, Little Ice Age) birch and broad-leaved forests with Pinus koraiensis, alder forests, and communities with participation of Betula fruticosa developed on the wetlands. Juniper communities of Juniperus davurica appeared on the Cruiser Islands rocks during the relative warming of the Medieval Warm Period (8th-13th centuries). Current trend for warming expedites both the spread of the forested area and the expansion of broad-leaved species. On the Big Cruiser Island, Fraxinus rhynchophylla renews most actively. Anthropogenic influence on the landscapes of the Southeast Primorye coast is recorded in pyrogenic successions and in the increase of birch stands (the subfossil spore-pollen spectra contain increased amounts of birch pollen). The rise of sea level in the Atlantic period of Holocene was recorded in one of the sections by the presence of marine centric diatoms and by the granulometric composition of sediments corresponding to the beach facies. Later on, the regression led to the formation of shallow-water lakes and their subsequent swamping. Small-amplitude transgressions of the Sub-Boreal and Sub-Atlantic periods were not recorded on the coast site under study.

Keywords: vegetation, climatic changes, Holocene, a coast, Southeast Primorye

Пространственная и временная динамика осадков и температур – главные факторы, определяющие распределение древесных растений на Земле. Растительность многокомпонентна, ее реакция на изменение климата (режим выпадения атмосферных осадков и внутригодовой ход температуры) состоит в том, что из ее состава выпадают отдельные элементы: некоторые виды сокращают свою численность, а иногда исчезают вовсе, а затем появляются вновь. Сочетания этих элементов образуют типы растительности, но климатические изменения не всегда приводят к их изменениям, растительность может реагировать избирательно. Наиболее чутко реагирует травянистый покров практически в любом из типов растительности [1]. Выпадение видов из состава растительности происходит быстрее, чем их восстановление в рамках конкретных растительных ассоциаций, иногда проходит ряд стадий (сукцессий). Ожидается,

что современное потепление климата будет происходить быстрее, чем скорость, с которой экосистемы смогут адаптироваться и самовосстанавливаться [2]. Вторичные воздействия изменения климата могут проявляться в изменениях характеристик почв и в экологических нарушениях (например: возникновение пожаров, распространение вредителей и болезней). Палеогеографические реконструкции позволяют проследить развитие природной среды при разнонаправленных изменениях климата, что является основой для прогностических построений.

Цель исследования – определение реакции растительности на климатические изменения в среднем – позднем голоцене на примере участка побережья Юго-Восточного Приморья (бухта Триозерье и прилегающие острова) (рис. 1).

Природные условия района исследований

Побережье в районе бухты Триозерье имеет мелкогорный рельеф, который относится к отрогам Партизанского хребта, близко подходящим к берегу моря. Тип берега здесь абразионный и абразионно-бухтовый. Побережье бух. Триозерье представлено аккумулятивными образованиями и низкими денудационными поверхностями. Бухта расположена в пределах развития обширного Успенского гранитного массива [3], на котором развиты коры выветривания, что определяет большое количество песчаного материала в береговой зоне. На побережье расположены три мелководных заболоченных озера, представляющих собой блокированные устья водотоков. Уровень озер сильно колеблется, в засушливые периоды северное и южное озера превращаются в низинные болота и зеркало воды полностью покрывается водными растениями. Рассматриваемая территория входит в район умеренно теплый, избыточно влажный с холодной зимой. По данным метеостанции «Преображенье» сумма активных температур более 10 °С составляет 2000–2200° (продолжительность периода 129–146 дней), количество годовых осадков на побережье 600–900 мм. Снежный покров отсутствует или незначителен. Среднегодовая температура составляет 5,9 °С, среднемесячная температура августа (самого теплого месяца) – 19,6 °С, января – 7,8 °С [4].

Почвенно-растительный покров побережья бух. Триозерье, в отличие от близлежащих островов, в значительной степени подвергается влиянию антропогенного фактора. В настоящее время здесь расположено 5 баз отдыха, а сама бухта входит в рекреационную зону «Триозерье», включающую также бухты Окуневая и Спокойная. Растительность представлена галофитными кустарниково-травяными сообществами пляжей и морских террас, значительную площадь занимают сообщества сырых лугов, болот и озер из ольхи японской (*Alnus japonica*), ивы тонкостолбиковой (*Salix gracilistyla*), рогоза (*Typha* sp.), бекмании восточной (*Beckmannia syzigachne*), володушки длиннолучевой (*Bupleurum longiradiatum*). Послепожарные леса из дуба монгольского (*Quercus mongolica*), липы маньчжурской (*Tilia mandshurica*), березы плосколистной (*Betula platyphylla*) и даурской (*B. davurica*), ясеня носолистного (*Fraxinus rhynchophylla*), бархата амурского (*Phellodendron amurense*), леспедецы двуцветной (*Lespedeza bicolor*), лещины разнолистной (*Corylus heterophylla*), рябинника рябинолистного (*Sorbaria sorbifolia*) тянутся вдоль побережья сменив хвойно-широколиственные. В расщелинах скал встречается сосна корейская (*Pinus koraiensis*), на приморских скалах – можжевельник твердый (*Juniperus rigida*). В 3 км севернее бухты распространены хвойно-широколиственные леса, которые в меньшей степени подвергаются воздействию рубок и пожаров, в отличие от прилегающих к базам отдыха лесным территориям. В почвенном покрове побережья бухты Триозерье преобладают пирогенные буроземы [5].

С помощью спорово-пыльцевого, диатомового и радиоуглеродного анализов были детально изучены 6 разрезов на побережье бух. Триозерье и прилегающих островах. Почвенный разрез 11412, глубиной 70 см, был заложен на побережье бух. Триозерье между подножьем слабонаклонного склона юго-западной экспозиции и краем зарастающего среднего озера (его северной оконечности), в 30 м от уреза воды. Окружающая растительность представляет собой разреженный лес из ильма (*Ulmus* sp.) и тополя (*Populus* sp.); в травостое доминирует вейник (*Calamagrostis* sp.) (проективное покрытие до 60 %), злаки (Poaceae), редко лабазник (*Filipendula* sp.), папоротник (Polypodiaceae); в напочвенном покрове преобладает майник (*Maianthemum* sp.). В этом разрезе лугово-болотной почвы отчетливо просматриваются две гумусированные прослойки в интервалах 42–44 см и 54–55 см.

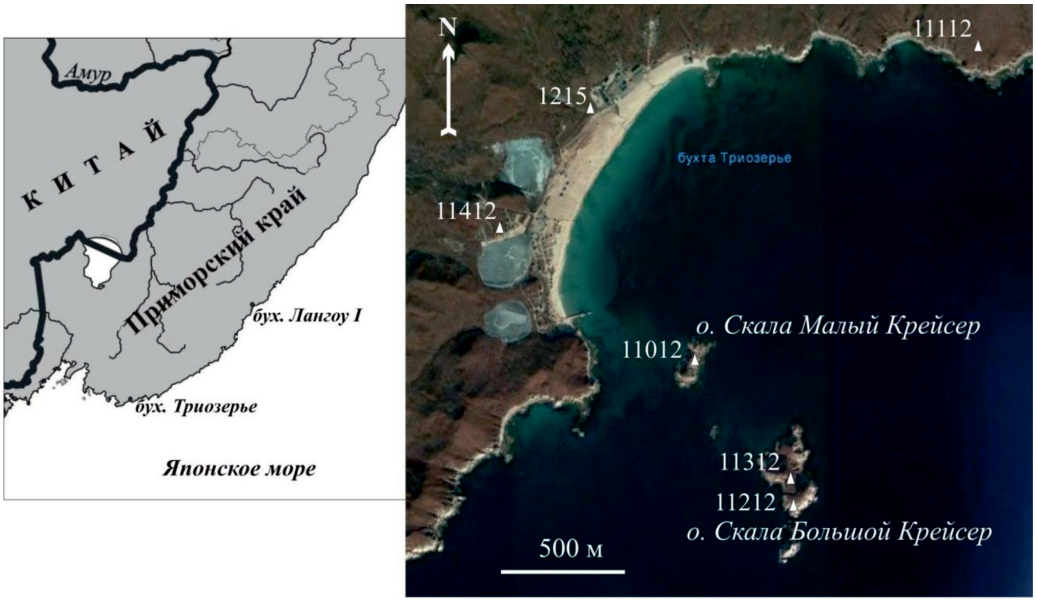

Рис. 1. Район работ, треугольниками обозначены изученные разрезы

Спорово-пыльцевой анализ отложений разреза показал несколько этапов в развитии растительности побережья, которые совпадают с климатическими флуктуациями. Первый этап, соответствующий песчаным отложениям в основании разреза (инт. 55–75 см), характеризовался теплыми климатическими условиями среднего голоцена: в составе спорово-пыльцевых спектров доминирует пыльца дуба монгольского (до 36%), много пыльцы берез, ольхи японской, в небольших количествах присутствует пыльца лещины разнолистной, ореха маньчжурского (*Juglans mandshurica*), ильма, граба (*Carpinus cordata*), липы маньчжурской, ясеня носолистного, бархата амурского, аралии высокой (*Aralia elata*), элеутерококка (*Eleutherococcus* sp.), секуринеги (*Securinega suffruticosa*). В травянистом покрове были распространены осоково-разнотравно-папоротниковые сообщества. В спорово-пыльцевых спектрах этого интервала отложений обнаружены морские центрические диатомеи, что указывает на связь озера с морем. Скорее всего, в среднем голоцене здесь проходила древняя береговая линия и был песчаный пляж, о чем свидетельствует гранулометрический состав отложений.

Второй этап (инт. 34–55 см) развития растительности характеризуется уменьшением доли дуба (до 14%) в составе растительного покрова побережья и более широким распространением ольхи (до 37%), эти изменения произошли в результате похолодания на границе среднего и позднего голоцена и некоторого обводнения, климатические условия были холоднее современных. Морские диатомеи постепенно исчезают из состава спорово-пыльцевых спектров, лагуна перекрывается наносами, становится закрытой, чему способствовало понижение уровня моря, приблизительно на 2 м по отношению к современному [6]. Присутствие в составе спектров повышенного количества пыльцы сосны густоцветковой (*P. densiflora*), скорее всего, объясняется ветровым заносом из-за ее высокой летучести, вследствие морфологических особенностей пыльцы. Из-за усиления циклонально-фронтальной деятельности в начале позднего голоцена во многих разрезах Южного Приморья отмечается увеличение содержания пыльцы *Pinus densiflora* в составе спорово-пыльцевых спектров [7]. В травяном покрове были распространены осоково-разнотравно-злаковые с папоротниками сообщества. Наличие гумусированных прослоек говорит о том, что в какие-то моменты времени происходило зарастание озера и формирование почвенного покрова, который прерывался пляжевыми наносами.

Во время третьего этапа (инт. 15–34 см) увеличивалась роль дуба в составе лесной растительности (в палиноспектрах доля пыльцы *Quercus* – до 35%) и уменьшалась доля ольхи (*Alnus* – до 16%), значительное участие в древостое принимали березы. В травянистом покрове возрастало коли-

чество осок (Cyperaceae) (до 60%), постепенно снижалось содержание полыни (*Artemisia* sp.) (до 7%) и папоротников, что свидетельствует о повышенной влажности и формировании влаголюбивых сообществ. Скорее всего, к этому времени уже сформировался береговой вал, вследствие аккумулятивного выдвижения берега, за которым в небольшом понижении сформировался сырой луг. По времени этот период можно отнести к малому оптимуму голоцена.

Четвертый этап (инт. 0–15 см) развития растительности охватывает похолодание малого ледникового периода с последующим переходом к современному климату. Состав спорово-пыльцевых спектров отражает локальное современное сообщество сырого луга из осок (до 80%), кровохлебки лекарственной (*Sanguisorba officinalis*) (до 20%) и прочего разнотравья с редким древостоем из ольхи (до 92%), дуба (до 27%) и других пород.

В северной части бухты Триозерье был изучен разрез торфяника (1215). Торфяник содержит 2 прослоя песка цунамигенного происхождения. Верхний представлен светло-серым мелкозернистым песком, который, возможно, образовался после прохождения одного из сильнейших исторических цунами в Японском море 16 июня 1026 г. н.э. [8]. Здесь же встречено редкое вулканическое стекло влк. Байтоушань, извержения 969 года. Это подтверждает ^{14}C-дата 1100 ± 80 л., 1030 ± 90 кал. л., ЛУ-8047 из вмещающего торфа.

В основании разреза выходит слой светло-серого крупнозернистого песка с гравием (мощностью 25 см), предположительно, образованного во время цунами около 1620–1520 гг. до н.э. [8].

В результате проведения диатомового анализа в разрезе торфяника обнаружено 83 вида и разновидности пресноводных диатомовых водорослей. Основное разнообразие диатомовых формируют донные виды (43), меньше видов обрастания (32), слабо представлены планктонные (7). Из обнаруженных диатомовых преобладают космополиты (34), встречены бореальные (20) и арктические (13) виды. По отношению к pH среды преобладающей группой являются ацидофилы (31), циркумнейтральных видов – 25 и алкалифилов – 20, по отношению к солености 38 видов – индеференты, 19 – галофобы и 7 – галофилы. Изменение содержания видов диатомей по разрезу позвонило выделить 4 комплекса (рис. 2).

Комплекс 1 (инт. 80–110 см, 4120–2400 кал. л.н.). В составе диатомей преобладают планктонные *Aulacoseira granulata* (до 63%), *A. alpigena*, *A. distans*, а также временно планктонный *Tabelaria flocculosa*. Здесь же отмечено высокое содержание вида, характерного для болотных обстановок *Eunotia praerupta* (до 21%). Заметно участие бентосных видов *Pinnularia viridis*, *P. ovata*, обрастателя *Stauroforma exiguiformis*. В комплексе доминируют космополиты (до 86%). По отношению к солености преобладают индифференты (до 78%). Комплекс диатомей свидетельствует об интенсивном обводнении, здесь существовал мелководный водоем.

Комплекс 2 (инт. 40–80 см, 2400–720 кал. л.н.). Комплекс сходен с комплексом 1, в составе диатомей преобладают планктонные виды, но доминантом является *Aulacoseira alpigena* (до 45%). Увеличивается процентное содержание *Frustulia rhomboides*, *Gomphonema gracile*, *Brachisira brebessonii* и разнообразных видов рода *Eunotia* (*intermedia, lapponica, hexagliphis, serra*). В интервале 70–75 см (2117–1830 кал. л.н.) резко увеличивается количество донного *Pinnularia ovata* (до 49%) и сокращается количество планктонных видов, что может свидетельствовать о кратковременном похолодании и иссушении. В целом комплекс свидетельствует о сохранении существовавшего водоема, но уменьшении его водности.

Комплекс 3 (инт. 10–40 см, XIII–XVIII вв.). В составе диатомей преобладают виды обрастания (до 54%), планктонные уменьшаются (до 36%). В состав доминирующего комплекса входят разнообразные виды рода *Eunotia* и *Tabellaria flocculosa* (до 21%), *Stauroforma exiguiformis* виды, характерные для заболоченных мелководных водоемов. В структуре комплекса преобладают ацидофилы (до 69%) и галофобные виды (52%). Комплекс диатомей свидетельствует о заболачивании водоема.

Комплекс 4 (инт. 0–10 см, последние 200 лет). Планктонные виды практически исчезают, преобладают бентосные виды (до 72%), видов обрастания меньше – 28%. Доминируют *Pinnularia superdivergentissima*, *P. divergentissima*, *Nitzschia nana*, *Neidium bisulcatum*, а в поверхностной пробе увеличивается и количество *Chamaepinnularia soechrensis var. hassiaca* (до 6,5%), что свидетельствует об иссушении. По отношению к pH среды уменьшается доля ацидофилов (до 42%), увеличивается доля циркумнейтральных (до 34%). Комплекс характеризует прогрессирующее снижение обводнения болота.

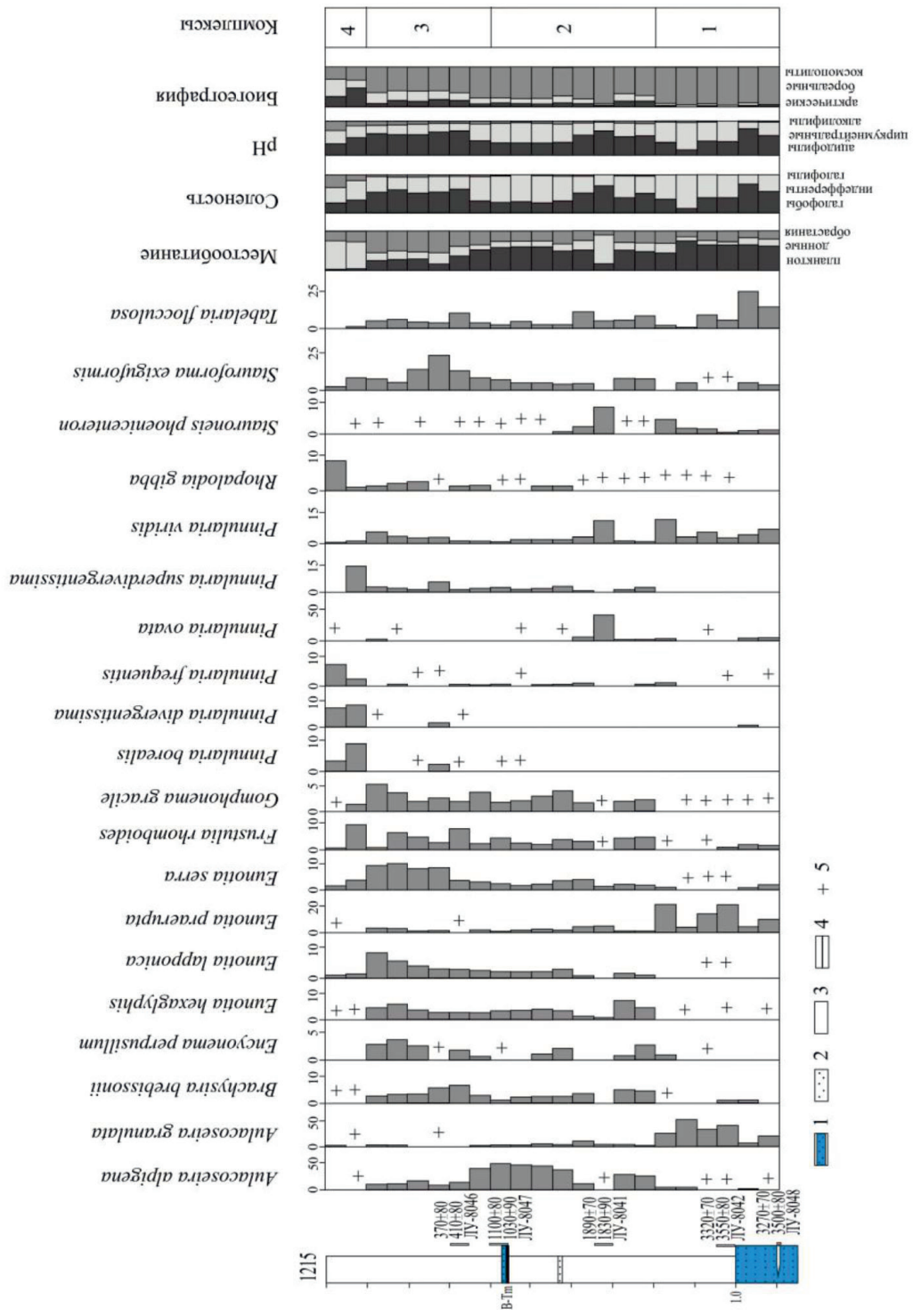

Рис. 2. Распределение диатомей в разрезе торфяника 1215 на бух. Триозерье: 1 – цунамигенный песок; 2 – песок; 3 – торф; 4 – вулканический пепел; 5 – единично

Результаты спорово-пыльцевого анализа разреза 1215 также позволили выделить несколько этапов в развитии природной среды побережья (рис. 3). Первый характеризовался теплыми климатическими условиями суббореала, спорово-пыльцевые спектры интервала 85–110 см (4120–2690 кал. л.н.) содержат высокие значения суммы пыльцы широколиственных пород (до 66%), особенно много пыльцы дуба – до 51%, присутствует пыльца ильма, граба, ореха, лещины, винограда амурского (*Vitis amurensis*), клена (*Acer* sp.), калины Саржента (*Viburnum sargentii*), бузины кистевой (*Sambucus racemosa*), бархата амурского, сирени (*Syringa* sp.), диморфанта (*Kalopanax septemlobus*), липы маньчжурской, ясеня носолистного. В значительных количествах содержится пыльца березы (до 13%), повышенные значения пыльцы ольхи (до 22%) и осоки (*Carex* sp.) (до 72%) свидетельствуют об избыточном увлажнении вокруг пресноводного водоема. В травянистом покрове доминировали осоково-злаковые сообщества.

Климатические условия второго этапа были более холодными, полученные 14С-датировки позволяют его отнести к началу субатлантика. В составе спорово-пыльцевых спектров (инт. 60–85 см, возраст 2690–1510 кал. л.н.) уменьшается сумма пыльцы широколиственных до 27%, пыльцы дуба до 23%, пыльца некоторых пород совсем исчезает (клен, ясень, липа, диморфант и др.), возрастает содержание пыльцы сосны корейской вследствие понижения ее высотной границы и расширения ареала. В конце периода увеличивается площадь, занятая зарослями ольхи и кустарников, возможно, в результате зарастания и уменьшения площади водоема. В составе травянистого покрова уменьшается роль осок (до 16%) и увеличивается доля злаков, розовых (Rosaceae), полыни, норичниковых (Scrophulariaceae).

Во время третьего этапа (инт. 25–60 см, VI–XVIII вв.) в составе прибрежных дубовых лесов уменьшилась роль хвойных пород, а также ольхи (до 6%); увеличилась доля берез (до 29%). Увеличение количества пыльцы осок (до 69%) в спорово-пыльцевых спектрах может быть связано с повышением увлажнения и заболоченности территории.

Четвертый этап выделяется по резкому увеличению в составе спорово-пыльцевых спектров (инт. 5–25 см, XVIII в. – первая половина XX в.) пыльцы сосны корейской (до 27%) и ели (*Picea* sp.) (до 9%), что говорит о понижении высотной границы хвойных лесов и расширении их площадей. В наиболее холодную фазу малого ледникового периода, так называемое «ядро» (1600–1800 гг. н.э.), отмечалось максимальное продвижение ледников в Северной Америке, Альпах, Скандинавии, на Баффиновой Земле, Аляске [9]; увеличивалась ледовитость Японского и Охотского морей, происходило формирование более раннего снежного покрова.

Пятый этап (инт. 0–5 см, последние 60 лет) – современный, отражает антропогенную трансформацию растительности в результате освоения и рекреационного использования побережья, здесь наблюдаются сукцессионные смены. В спорово-пыльцевых спектрах увеличивается количество пыльцы берез (до 26%) и резко уменьшается количество пыльцы сосны корейской и ели. Состав таксонов группы травянистых соответствует современным осоково-разнотравным сообществам.

На побережье северной части бухты Триозерье в настоящее время преобладает дубовый лес (средней сомкнутости), пройденный низовым пожаром. В его составе присутствует береза даурская, липа маньчжурская; в кустарниковом ярусе – развитая куртинами леспедеца двуцветная (проективное покрытие 30–40%); в травостое – борщевник рассеченный (*Heracleum dissectum*), папоротник орляк обыкновенный (*Pteridium aquilinum*), орлячок сибирский (*Diplazium sibiricum*), щитовник сихотэ-алинский (*Dryopteris sichotensis*), подмаренник настоящий (*Galium verum*) и трехлистный (*G. trifolium*), горошек амурский (*Vicia amurensis*), купена низкая (*Polygonatum humile*), китагавия терпентиновая (*Kitagawia terebinthacea*); в возобновлении – дуб монгольский, лещина разнолистная.

В 25 м от берегового обрыва на делювиальном слабонаклонном шлейфе склона, юго-восточной экспозиции был заложен почвенный разрез 11112, глубиной 70 см, характеризующий пирогенные буроземы.

Результаты спорово-пыльцевого анализа позволили выделить 4 этапа в развитии растительности этого участка побережья. Первый (инт. 30–60 см) характеризовался достаточно суровыми климатическими условиями в начале позднего голоцена: в составе спорово-пыльцевых спектров доминирует пыльца кустарниковой березы (*B. fruticosa*) (до 52%), высоко содержание пыльцы березы плосколистной (до 27%) и дуба монгольского (до 16%).

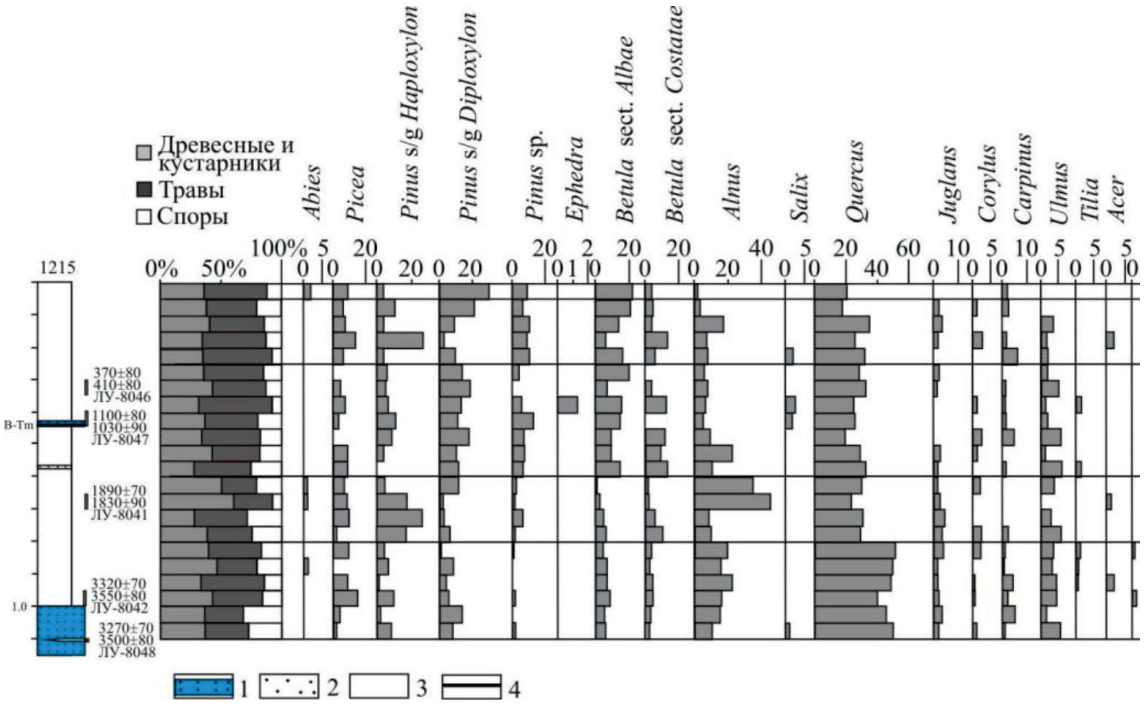

Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза торфяника 12015 на берегу бух. Триозерье: 1 – цунамигенный песок; 2 – песок; 3 – торф; 4 – вулканический пепел (начало)

Травянистый покров был представлен полынным разнотравьем. Второй этап развития растительности (инт. 18–30 см) был менее холодный, скорее всего, он соответствует малому оптимуму голоцена (VIII–XIII вв.)., в составе лесной растительности преобладали сообщества из березы плосколистной (до 37% пыльцы). С увеличением теплообеспеченности участие кустарниковой березы в составе растительности постепенно снижалось (до 4%), а дуба (до 29%) и березы даурской (до 14%) возрастало. Травянистый покров по-прежнему был представлен полынным разнотравьем. Третий этап (инт. 15–18 см) отвечает климатическим условиям более холодным и влажным по сравнению с предыдущим и соответствует малому ледниковому периоду (XIV – начало XIX вв.). В составе спорово-пыльцевого спектра доминирует пыльца березы даурской (67%), в меньшем количестве содержится пыльцы дуба (11%) и березы плосколистной (7%). В травянистом покрове было развито осоковое разнотравье, характерное для сырых лугов. Четвертый период (инт. 0–15 см) соответствует современным условиям и достаточно хорошо отражает современное потепление климата. В составе спорово-пыльцевых спектров доминирует пыльца дуба монгольского (до 96%), что отражает современную растительность – дубовый лес. Таксономический состав пыльцы группы трав и кустарничков характеризует осоковое разнотравье, что соответствует современным сообществам сырых лугов, которые на побережье занимают значительную площадь.

Острова Скалы Крейсер расположены вблизи побережья бух. Триозерье. Они имеют скалистые берега и подвержены постоянным ветрам, туманам и импульверизации солей. Острова выделяются своей уникальной растительностью. Здесь доминируют можжевеловые сообщества, редко встречающиеся или отсутствующие на сопредельном материковом побережье, что связано с более холодными островными условиями, связанными с действием Приморского холодного течения. Почвенный покров представлен буроземами темными иллювиально-гумусовыми [5].

Остров Скала Большой Крейсер, площадью (0,3 км^2), расположен в 0,94 км от береговой линии. На выположенной предвершинной части водораздела был заложен почвенный разрез 11312, глубиной 75 см, под сплошным покровом можжевельника даурского (*J. davurica*), высотой 12–15 см, стланиковой формы. В травянисто-кустарниковом ярусе произрастает папоротник,

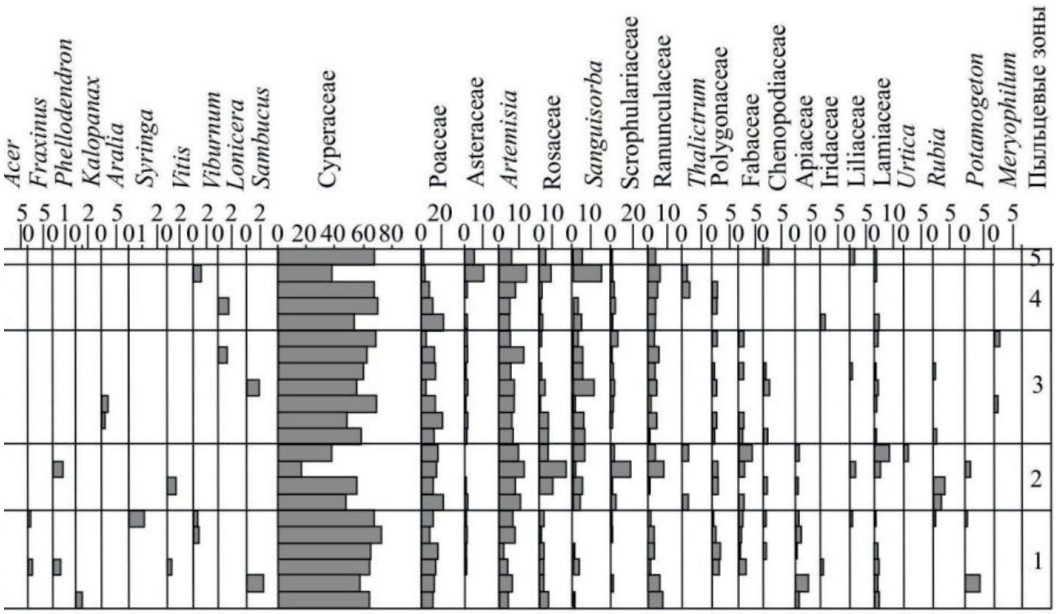

Рис. 3. Спорово-пыльцевая диаграмма разреза торфяника 12015 на берегу бух. Триозерье: 1 – цунамигенный песок; 2 – песок; 3 – торф; 4 – вулканический пепел (окончание)

кровохлебка, полынь побегоносная (*A. stolonifera*), вероника (*Veronica* sp.), марена иезская (*Rubia jesoensis*), подмаренник настоящий, лилия поникающая (*Lilium cernuum*), мискантус сахароцветный (*Miscanthus sacchariflorus*), купена (*Polygonatum* sp.), осока, соссюрея новохорошенькая (*Saussurea neopulchella*), ясенец пушистоплодный (*Dictamnus dasicarpus*), молочай Комарова (*Euphorbia komaroviana*).

Интерпретация результатов спорово-пыльцевого анализа позволяет говорить о двух этапах развития растительности острова. Первый (инт. 32–75 см) свидетельствует о достаточно суровых условиях, в растительном покрове были развиты полынно-разнотравно-кустарниковые фитоценозы с участием кустарниковой березы (до 83 % пыльцы). Радиоуглеродная датировка 2480 ± 120 л.н. (2550 ± 150 кал.л.), ЛУ-7526 позволяет сопоставить это похолодание с границей суббореального и субатлантического периодов.

Наступление второго этапа совпадает с потеплением малого оптимума голоцена. Спорово-пыльцевые спектры отложений интервала 0–32 см отражают современные и схожие с ними климатические условия, из их состава исчезает пыльца кустарниковой березы, появляются устьица можжевельника. В это время на вершинной поверхности острова образуются можжевеловые заросли.

Второй почвенный разрез 11212, глубиной 55 см, был заложен на острове Скала Большой Крейсер в верхней части западного, защищенного от морского ветра склона, крутизной 20–25 °. Здесь расположена куртинка леса, состоящая из зарослей барбариса амурского (*Berberis amurensis*), клена (*Acer* sp.), малины (*Rubus* sp.), смородины (*Ribes* sp.), ясеня носолистного. В травяном ярусе произрастает герань волосистотычинковая (*Geranium eriostemon*), недоспелка (*Cacalia* sp.), чина (*Lathyrus* sp.), вьюнок (*Convolvulus* sp.), майник, осока, папоротник, василисник (*Thalictrum* sp.), фиалка (*Viola* sp.).

Результаты спорово-пыльцевого анализа позволили выделить 3 этапа развития растительности. Во время первого (инт. 55 см и ниже) климатические условия были наиболее суровыми, доминировали кустарниково-полынно-разнотравные сообщества с участием кустарниковой березы и, возможно, с единичной древесной растительностью из березы, ольхи, ивы, лещины, дуба, липы, калины. Присутствие в спорово-пыльцевом спектре значительного количества пыльцы сосны корейской (19,6 %)

может свидетельствовать о более широком распространении этой породы в данный отрезок времени на материковом побережье. Этот этап коррелируется с первым этапом вышеописанного разреза 11312, для которого была получена радиоуглеродная дата, соответствующая границе суббореального и субатлантического периодов. Во время второго этапа (инт. 3–45 см) среднегодовые температуры стали выше, на подветренном склоне постепенно формировался разреженный лесной массив, состоящий из дуба монгольского, березы, ольхи, лещины, липы, диморфанта, ильма, калины и других пород. Высокое содержание пыльцы сосны корейской (до 34,7%) по-прежнему говорит об ее участии в составе лесной растительности побережья. Третий этап развития соответствует потеплению климата, которое началось после окончания малого ледникового периода, что способствовало увеличению численности широколиственных пород, особенно ясеня носолистного (31,6%) в составе лесной растительности острова, о чем свидетельствует спорово-пыльцевой спектр отложений в интервале 0–3 см.

На острове Скала Малый Крейсер (площадь 0,04 м^2), расположенном в 0,45 км от берега, растительность имеет сходство с таковой на острове Скала Большой Крейсер. Доминируют сообщества из можжевельника даурского с участием барбариса амурского, полыни Гмелина (*A. Gmelinii*), мискантуса сахароцветного, осоки, скальной и супралиторальной растительности. Редко встречаются кустарниковые формы клена приречного (*A. ginnala*), мелкоплодника ольхолистного (*Micromeles alnifolia*), калины Саржента [5]. В травостое – лук стареющий (*Allium senescens*), таран Юрия (*Aconogonon jurii*), мятлик урсульский (*Poa urssulensis*), астрагал приморский (*Astragalus marinus*), соссюрея хорошенькая (*S. pulchella*), герань волосистотычинковая, подмаренник настоящий, пырейник Ворошилова (*Elymus woroschilowii*), лапчатка морщинистая (*Potentilla rugulosa*) и др. Почвенный покров на большей части острова аналогичен таковому на острове Скала Большой Крейсер. Естественное обрушение скальных останцев острова обуславливает развитие полигенетичных бурозёмов, состоящих из современного и погребенного почвенных профилей.

Результаты палинологических исследований почвенного разреза 11012 полигенетичного бурозема, мощностью 75 см, заложенного на перешейке острова, показали, что во время формирования отложений в интервале 63–75 см (первый период) доминировали травянистые фитоценозы из злаков, полыни и разнотравья (69–85% пыльцы трав и кустарничков в общем составе спектра). Спорово-пыльцевые спектры (инт. 2–63 см) второго периода имеют достаточно высокое содержание пыльцы сосны корейской (до 91% от всей древесной пыльцы), что говорит о довольно значительном распространении хвойных лесов на прилегающем материковом побережье в прошлом. В субрецентном спорово-пыльцевом спектре (инт. 0–2 см) третьего периода содержится повышенное количество пыльцы дуба и березы, т.е. тех пород, которые в настоящее время занимают побережье бух. Триозерье.

Приведенные материалы свидетельствуют, что в среднем и позднем голоцене намечаются определенные возрастные рубежи формирования ландшафтов прибрежной зоны Юго-Восточного Приморья. Рубеж 6100 лет отвечает максимальному подъему уровня Японского моря в атлантический период голоцена (на 2–4 м выше современного уровня), образовывались обширные и многочисленные морские лагуны, и эстуарии. Доказательством трансгрессии служит постоянное присутствие морских центрических диатомей в отложениях разреза 11412 в южной части бухты Триозерье, древняя береговая линия значительно выдвигалась в сторону суши, палеобухта была более глубоко врезанной по сравнению с современной. Климатические условия этого рубежа реконструированы как умеренно-теплые – с более мягкими зимами и со среднегодовой температурой и количеством осадков выше современных. Такому климату соответствовало развитие дубово-широколиственных лесов с преобладанием *Quercus mongolica*. В суббореальное время (4120–2690 кал. л.н.) климатические условия были умеренно теплыми, состав растительности практически не изменился: на побережье преобладали дубово-широколиственные леса с ильмом, грабом сердцелистным, орехом маньчжурским, лещиной разнолистной, виноградом амурским, кленом, калины, бузиной, бархатом, сиренью, диморфантом, липой, ясенем, березой.

Похолодание около 4000 лет зафиксировано не было, возможно, что на побережье оно слабо проявилось из-за отепляющего влияния моря.

Следующий рубеж приходится на границу суббореального и субатлантического

периодов голоцена и связан с ухудшением климатических условий (2690–1510 кал. л.н.) из-за снижения уровня инсоляции. Это похолодание носило глобальный характер – фиксируется не только для всей территории России, но и в Канаде, Скандинавии, Калифорнии, на Аляске и в других регионах земного шара [10, 11]. Снижение среднегодовых температур на 1,5–2,0 °С ниже современных [12] сопровождалось регрессией Японского моря примерно на 2 м ниже современного уровня [6], что привело к осушению части лагун и усилению эрозии в устьях рек. Регрессия фиксируется в отложениях разреза 11412 по постепенному исчезновению морских диатомей. На месте мелководных лагун образовались озера, которые имели тенденцию к зарастанию и обмелению. В составе палеорастительности побережья доля широколиственных пород сильно сократилась, а доля берез увеличилась, в долинах водотоков и пониженных участках развитие получили ольшаники и сообщества с участием кустарниковой березы, на открытых участках расширились площади, занятые травяно-кустарниковыми ассоциациями, на склонах в составе лесов появилась сосна корейская. Максимум этого похолодания пришелся на середину субатлантика около 1500 л.н.

Относительное потепление малого оптимума голоцена (VIII–XIII вв.) явилось следующим рубежом. Температура в высоких и умеренных широтах Северного полушария была выше современной на 0,5–1 °С, количество осадков на северо-востоке региона на 25–50 мм превышало современный уровень [13]. Из состава растительности побережья исчезла кустарниковая береза, ее место заняла береза даурская, уменьшилась доля ольхи и увеличилась роль широколиственных, особенно дуба. На вершинной поверхности островов Скалы Крейсера образовались можжевеловые сообщества из *Juniperus davurica*.

Следующий рубеж приходится на похолодание (XIV – начало XIX вв.), получившее название – малый ледниковый период. Считается, что глобальная температура понизилась на 1–2 градуса по Цельсию, а высота снежного покрова увеличилась, этот период был более холодным и влажным, чем предыдущий. Называют несколько причин этого похолодания: пониженная активность Гольфстрима, которая совпала по времени с наиболее низким после V в. до н.э. уровнем солнечной активности (Маундеровским минимумом) [14], извержения вулканов [15]. В составе растительности побережья Юго-Восточного Приморья увеличивается доля березы даурской за счет уменьшения доли широколиственных, особенно дуба, также увеличивается участие хвойных – сосны кедровой и ели. Мелководные озера заболачиваются.

Последний рубеж связан с потеплением в середине прошлого века и антропогенным влиянием. В составе лесной растительности материкового побережья Юго-Восточного Приморья увеличивается участие дуба и берез, уменьшается – кедра и ели. На острове Большой Крейсер расширяется площадь леса и возрастает участие в нем широколиственных пород, особенно активно возобновляется ясень носолистный.

Выводы

Таким образом, типы ландшафтов на побережье Юго-Восточного Приморья и их развитие в среднем – позднем голоцене достаточно четко коррелируются с изменениями климата и колебаниями уровня моря. Выявлено, что в наиболее теплые эпохи (атлантический оптимум, суббореал, малый оптимум голоцена и современное потепление) на побережье распространение получали дубово-широколиственные леса со значительным участием термофильных пород (ореха манчжурского, граба сердцелистного, ясеня носолистного, бархата амурского, калопанакса семилопастного), а во время холодных (начало субатлантика, малый ледниковый период) – березово-широколиственные с кедром корейским, на переувлажненных участках развивались ольшаники и сообщества с участием кустарниковой березы. Современный тренд потепления способствует расширению площади леса и экспансии широколиственных пород. Антропогенное влияние на ландшафты побережья Юго-Восточного Приморья отмечается по пирогенным сукцессиям и увеличению березовых насаждений (в составе субфоссильных спорово-пыльцевых спектров содержится повышенное количество пыльцы берез).

Подъем уровня моря в атлантический период голоцена зафиксирован в одном из разрезов по присутствию морских центрических диатомей и гранулометрическому составу отложений, соответствующих пляжевой фации. Наступившая регрессия привела к образованию мелководных озер и их последующему заболачиванию. Мелкоамплитудные трансгрессии суббореального и субатлантического периодов

на изученном участке побережья зафиксированы не были.

Полученные результаты помимо естественно-исторического и научно-теоретического интереса могут иметь и практическую значимость для целей стратификации новейших отложений при геологической съемке побережий, палеоэкологических реконструкций, хозяйственных и природоохранных мероприятий.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 15-05-00171) и Комплексной программы фундаментальных научных исследований ДВО РАН «Дальний Восток» (проекты № 15-I-6-058 и 15-I-6-097).

Список литературы

1. Симонов Ю.Г. Геоморфология: методология фундаментальных исследований / Ю.Г. Симонов. – СПб.: Питер, 2005. – 427 с.

2. МГЭИК, 2014: Изменение климата, 2014 г.: Обобщающий доклад / ред. Л.А. Мейер, Р.К. Пачаури. – МГЭИК, Женева, Швейцария, 2015. – 163 с.

3. Валуй Г.А. Петрология гранитоидов и дифференциация расплавов в малоглубинных условиях (Восточно-Сихотэ-Алинский вулканический пояс) / Г.А. Валуй. – Владивосток: Дальнаука, 2014. – 246 с.

4. Агроклиматические ресурсы Приморского края [Текст] / Гл. упр. гидрометеорол. службы при Совете Министров СССР. Дальневост. науч.-исслед. гидрометеорол. ин-т. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 148 с.

5. Киселева А.Г. Специфика почвенно-растительного покрова островов Скалы Крейсер (юго-восток Приморского края) / А.Г. Киселева, И.М. Родникова, Н.Ф. Пшеничникова // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 1. – С. 183–186.

6. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене-голоцене / А.М. Короткий [и др.] // Вестник ДВО РАН. – 1997. – № 3. – С. 121–143.

7. Лящевская М.С. Ландшафтно-климатические изменения на островах залива Петра Великого (Японское море) за последние 20000 лет / М. С. Лящевская // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 11–2. – С. 372–379.

8. Проявление палеоцунами в позднем голоцене на побережье бухты Триозерье, Японское море / Л.А. Ганзей [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 8. – С. 166–172.

9. Жилина Т.Н. Малый ледниковый период как одно из колебаний климата в голоцене и его последствия в Западной Сибири / Т.Н. Жилина // Вестн. Том. ун-та. – 2010. – № 340. – С. 206–211.

10. Величко А.А. Эволюционная география: проблемы и решения / А.А. Величко. – М.: ГЕОС, 2012. – 563 с.

11. Rothlisberger F. 10000 Jahre Gletchergeschichte der Erde / F. Rothlisberger. – Arau: Sauerlander, 1986. – 348 p.

12. Короткий А.М. Тенденции изменения природной среды и возможные сценарии ее развития на юге Дальнего Востока / А.М. Короткий, Г.П. Скрыльник, В.В. Коробов // Вестник ДВО РАН. – 2010. – № 6. – С. 3–16.

13. Климаты и ландшафты Северной Евразии в условиях глобального потепления. Ретроспективный анализ и сценарии / под ред. А.А. Величко. – М.: ГЕОС, 2010. – 220 с.

14. Abrupt onset of the Little Ice Age triggered by volcanism and sustained by sea-ice/ocean feedbacks / G.H. Miller [et al.] // Geophys. Res. Lett. – 2012. – № 39. – L02708.

15. Volcanism and the Little Ice Age / T.J. Crowley [at al.] // PAGES Newslett. – 2008. – № 16. – P. 22–23.

References

1. Simonov Ju.G. Geomorfologija: metodologija fundamentalnyh issledovanij / Ju.G. Simonov. SPb.: Piter, 2005. 427 s.

2. MGJeIK, 2014: Izmenenie klimata, 2014 g.: Obobshhajushhij doklad / red. L.A. Mejer, R.K. Pachauri. MGJeIK, Zheneva, Shvejcarija, 2015. 163 p.

3. Valuj G.A. Petrologija granitoidov i differenciacija rasplavov v maloglubinnyh uslovijah (Vostochno-Sihotje-Alinskij vulkanicheskij pojas) / G.A. Valuj. Vladivostok: Dalnauka, 2014. 246 p.

4. Agroklimaticheskie resursy Primorskogo kraja [Tekst] / Gl. upr. gidrometeorol. sluzhby pri Sovete Ministrov SSSR. Dalnevost. nauch.-issled. gidrometeorol. in-t. L.: Gidrometeoizdat, 1973. 148 p.

5. Kiseleva A.G. Specifika pochvenno-rastitelnogo pokrova ostrovov Skaly Krejser (jugo-vostok Primorskogo kraja) / A.G. Kiseleva, I.M. Rodnikova, N.F. Pshenichnikova // Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamentalnyh issledovanij. 2016. no. 1. pp. 183–186.

6. Klimaticheskie smeny na territorii juga Dalnego Vostoka v pozdnem plejstocene-golocene / A.M. Korotkij [i dr.] // Vestnik DVO RAN. 1997. no. 3. pp. 121–143.

7. Ljashhevskaja M.S. Landshaftno-klimaticheskie izmenenija na ostrovah zaliva Petra Velikogo (Japonskoe more) za poslednie 20000 let / M.S. Ljashhevskaja // Uspehi sovremennogo estestvoznanija. 2016. no. 11–2. pp. 372–379.

8. Projavlenie paleocunami v pozdnem golocene na pobereezhe buhty Triozere, Japonskoe more / L.A. Ganzej [i dr.] // Uspehi sovremennogo estestvoznanija. 2016. no. 8. pp. 166–172.

9. Zhilina T.N. Malyj lednikovyj period kak odno iz kolebanij klimata v golocene i ego posledstvija v Zapadnoj Sibiri / T.N. Zhilina // Vestn. Tom. un-ta. 2010. no. 340. pp. 206–211.

10. Velichko A.A. Jevoljucionnaja geografija: problemy i reshenija / A.A. Velichko. M.: GEOS, 2012. 563 p.

11. Rothlisberger F. 10000 Jahre Gletchergeschichte der Erde / F. Rothlisberger. Arau: Sauerlander, 1986. 348 p.

12. Korotkij A.M. Tendencii izmenenija prirodnoj sredy i vozmozhnye scenarii ee razvitija na juge Dalnego Vostoka / A.M. Korotkij, G.P. Skrylnik, V.V. Korobov // Vestnik DVO RAN. 2010. no. 6. pp. 3–16.

13. Klimaty i landshafty Severnoj Evrazii v uslovijah globalnogo poteplenija. Retrospektivnyj analiz i scenarii / pod red. A.A. Velichko. M.: GEOS, 2010. 220 p.

14. Abrupt onset of the Little Ice Age triggered by volcanism and sustained by sea-ice/ocean feedbacks / G.H. Miller [et al.] // Geophys. Res. Lett. 2012. no. 39. L02708.

15. Volcanism and the Little Ice Age / T.J. Crowley [at al.] // PAGES Newslett. 2008. no. 16. pp. 22–23.