

Палеоозеро острова Шкота: природный архив изменений климата и ландшафтов

© 2020 Н. Г. Разжигаева^{*1}, Л. А. Ганзей¹, Т. Р. Макарова¹,
Т. В. Корнюшенко¹, Е. П. Кудрявцева¹, К. С. Ганзей¹,
В. В. Судьин², А. А. Харламов³

¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

²Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН, Москва, Россия

³Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

*E-mail: nadyar@tigdvo.ru

Резюме. На о. Шкота (архипелаг Императрицы Евгении в зал. Петра Великого Японского моря) найдено палеоозеро, образованное при формировании томболо, в отложениях которого записаны изменения природной среды со второй половины среднего голоцена. Биостратиграфическое изучение включало диатомовый и спорово-пыльцевой анализы, определялись непыльцевые палиноморфы и фиксировались находки углей. Восстановлена эволюция водоема, прошедшего стадии распресненной лагуны, пресноводного озера, активное заболачивание которого началось около 1240 кал. л.н., а формирование торфяника шло последние 1000 кал. лет. В основании торфяника найден маркирующий вулканический пепел В-Тm кальдерообразующего извержения влк. Байтоушань. Большая часть зерен вулканического стекла имеет трахитовый состав. Заплеск морской воды в палеоозеро происходил в сильные шторма или цунами, определен возраст фаз, когда поступление морской воды происходило более интенсивно. Помимо морских сублиторальных диатомей в отложениях найдены неритические виды и силикофлагелляты. В озере была богатая водная растительность, включавшая редкие виды. В оптимум голоцена остров покрывали сомкнутые дубово-грабовые леса с большим участием широколиственных пород. Определена их деградация в ходе короткопериодных колебаний климата с трендом на похолодание, выделены фазы развития растительности. Хвойные породы появились на острове в более прохладных условиях позднего голоцена, кедр корейский был наиболее распространен в малый оптимум голоцена. Установлено, что древесная растительность становится более разреженной в малый ледниковый период. Выявлены признаки антропогенного влияния на палеоландшафты, связанные с заселением острова и деятельностью древнего человека. Выделены следы палеопожаров, определен их возраст и влияние на локальную растительность.

Ключевые слова: островные ландшафты, палеоозеро, изменения климата, средний–поздний голоцен, Южное Приморье.

Для цитирования: Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Макарова Т.Р., Корнюшенко Т.В., Кудрявцева Е.П., Ганзей К.С., Судьин В.В., Харламов А.А. Палеоозеро острова Шкота: природный архив изменений климата и ландшафтов. *Геосистемы переходных зон*, 2020, Т. 4, № 2, с. 230–249.
<https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.2.230-249>.

Paleolake of Shkot Island: natural archive of climatic and landscape changes

Nadezhda G. Razjigaeva^{*1}, Larisa A. Ganzey¹, Tatiana R. Makarova¹,
Tatiana V. Korniyushenko¹, Ekaterina P. Kudryavtseva¹, Kirill S. Ganzey¹,
Vladislav V. Sudin², Andrey A. Kharlamov³

¹Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia

²A.A. Baikov Institute of Metallurgy and Materials Science RAS, Moscow, Russia

³P.P. Shirshov Oceanological Institute RAS, Moscow, Russia

*E-mail: nadyar@tigdvo.ru

Abstract. Results of a biostratigraphic study carried out on a paleolake discovered on Shkot Island in the Eugénie Archipelago within Peter the Great Gulf of the Sea of Japan are presented. The study, which included diatom and pollen analyses, identified the presence of non-pollen palynomorphs and microcharcoal deposited during the formation of the island's tombolo, providing a record of environment changes taking place during the second half of the Middle Holocene. A reconstruction carried out on the basis of this data shows an evolution through the stages of desalinated lagoon and freshwater lake, whose active swamping began around 1240 cal BP, with the formation of a peat bog taking place over the course of around 1000 years. At the base of the peat bog, B-Tm volcanic ash marking the caldera-forming eruption of the Baitoushan volcano was identified. Most of the volcanic glass grains have a trachyte composition. The approximate dates of invasions of sea water in the paleolake having occurred during strong storms or tsunamis were determined. In addition to marine sublittoral diatoms, neritic and silicoflagellate species were found in the sediments. It is shown that the lake was once rich in aquatic vegetation, including rare species. During the Holocene optimum, the island was covered by forests with a large participation of broadleaf tree species, including oak and hornbeam. The degradation of these forests during short-period climate fluctuations with an overall cooling trend was determined along with the main vegetation development phases. Conifers appeared on the island under the cooler conditions of the Late Holocene, with Korean pine being most common in the Medieval Warm Period. Forest vegetation became sparser during the Little Ice Age. The human impact on paleo landscapes, associated with the settlement of the island and the activity of ancient humans, was revealed. Traces of paleo fires were identified along with their age and influence on local vegetation patterns.

Keywords: island landscapes, paleolake, climatic changes, middle-late Holocene, South Primorye.

For citation: Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Makarova T.R., Korniyushenko T.V., Kudryavtseva E.P., Ganzei K.S., Sudin V.V., Kharlamov A.A. Paleolake of Shkot Island: natural archive of climatic and landscape changes. *Geosistemy perekhodnykh zon = Geosystems of Transition Zones*, 2020, vol. 4, no. 2, pp. 230–249. (In Russ.). <https://doi.org/10.30730/gtr.2020.4.2.230-249>

Благодарности и финансирование

Авторы выражают благодарность С.Д. Прокопцу (Институт истории, археологии и этнографии народов Дальнего Востока ДВО РАН) за консультации по археологическим стоянкам островов Русский и Шкота и фотографию о. Шкота и рецензентам за конструктивные замечания.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (проект № 18-77-00001).

Введение

Малые острова занимают особое место в островном ландшафтоведении. Специфика развития ландшафтов таких островов во многом определяется особенностями изменения биотических компонентов в условиях небольшой территории, особую роль здесь играет фактор изоляции. Даже на материковых островах, расположенных близко к континенту, изоляция которых насчитывает несколько тысяч лет, могут возникнуть специфические растительные ассоциации [Недолужко, Денисов, 2001; Крестов, Верхолат, 2003; Родникова и др., 2012], а ход их развития может существенно отличаться от большого массива островной суши или от ландшафтов близлежащего побережья материка [Лящевская, 2015]. Малейшее вмешательство человека в такого рода островную экосистему может привести к ее быстрой трансформации и развитию геокомплексов с гипер-

трофированным доминированием того или иного вида или растительных ассоциаций, не присущих островной флоре.

На небольших островах с низкорельефом обычно трудно найти объекты для палеореконструкций. Перспективен поиск береговых палеоозер, в отложениях которых наиболее детально записывалась информация о палеоландшафтных сменах, позволяющая восстановить их с высоким разрешением.

Возможности использования таких палеоозер в качестве природного архива изменений среды показаны в данной работе на примере о. Шкота, расположенного в зал. Петра Великого. Для острова впервые выполнены комплексные ландшафтные исследования, включающие как наземные, так и подводные ландшафты, находящиеся в тесной парагенетической связи [Ганзей К.С. и др., 2019 б, в]. Палеогеографические исследования, результаты которых

представлены в этой статье, имели целью выявить реакцию островных ландшафтов на короткопериодные климатические изменения в среднем–позднем голоцене, определить время и причины ландшафтных смен и тенденции их развития, а также вклад антропогенного фактора в развитие растительности в палеоаспекте и в последние десятилетия.

Краткая характеристика района исследований

Остров Шкота расположен к югу от о. Русский и отделен от мыса Забытый проливом шириной до 780 м. Аккумулятивная форма (томболо), образованная в зоне волновой тени, и дамба соединяли о. Шкота с о. Русский. Раньше здесь была дорога [Стратиевский, 2012], в настоящее время дамба (на участке длиной 120 м) размыта и коса осушается только в сильный отлив. Площадь острова 2.46 км², рельеф низкогорный, максимальная высота 147 м. В ландшафтной структуре выделено 16 единиц в ранге урочищ [Ганзей К.С. и др., 2019б]. Господствующим типом растительности является лесной. Территория острова занята широколиственными лесами с преобладанием дуба монгольского с участием граба сердцелистного, липы амурской, ясеня носолистного, кленов мелколистного, ложно-Зибольдова и зеленоторого, ильма японского. Кустарниковый ярус включает калину Саржента, чубушник тонколистный, жимолости Рупрехта и золотистоцветковую, лещину маньчжурскую и др. Небольшие площади занимают гмелинополынные (*Artemisia gmelinii*) с участием леспедецы двуцветной и разнотравья и луговые сообщества. Аккумулятивную форму занимают кустарниково-разнотравные сообщества. Дифференциация ландшафтов во многом обусловлена экспозиционным эффектом: высокосомкнутые леса занимают склоны, максимально защищенные от влияния моря, разреженные низкорослые леса и кустарниковые заросли тяготеют к ветробойным южным и восточным участкам. Единично встречается сосна густоцветковая (*Pinus densiflora*) [Ганзей К.С. и др., 2019б; Родникова и др., 2012]. Остров активно использовался в военных целях в XX в. Наибо-

лее трансформированы ландшафты приводораздельной части и вдоль дорог, есть следы пожаров, распространению которых способствует активное рекреационное использование острова. На долю антропогенно измененных ландшафтов приходится 2.12 % площади острова [Ганзей К.С. и др., 2019б]. С восточной стороны перешейка сохранились многочисленные бетонные чаны, использовавшиеся для засолки рыбы (Дальгосрыбпром) в 1930-е годы [Стратиевский, 2012].

Аккумулятивный перешеек формировался как двойное томболо за счет потоков наносов, поступавших с разных сторон острова. При замыкании кос во внутренней части осталось понижение, в котором образовалось береговое озеро (170 × 30 м), вытянутое вдоль подножья склона. На космоснимке хорошо выражена протока, соединявшая озеро с бухтой Новый Джигит. Такое развитие аккумулятивных процессов довольно типично для островов зал. Петра Великого. Примерами являются озера на островах Большой Пелис [Борзова и др., 1981] и Стенина [Лящевская и др., 2017а]. Аналогичным образом устроены аккумулятивные формы, соединившие палеоострова, ныне полуострова Песчаный и Ломоносова, с материком. В настоящее время озеро на о. Шкота полностью заросло, на его месте в понижении развито осоково-тростниковое болото.

Материалы и методы

Разрез заложен в центральной части палеоозера (42°56'56.2'' N, 131°49'47.8'' E). Здесь было проведено ручное бурение и выкопан шурф (рис. 1). Мощность вскрытых отложений составила 1 м. Верхнюю часть разреза составляет торфяник (0–0.5 м) и торфянистый алевроит (0.50–0.55 м), ниже залегает серый алевроитовый ил (0.55–1.00 м), с дресвой в основании. В инт. 0.15–0.20 м обнаружены гнезда суглинка, на глубине 0.20–0.25 м найден редкий гравий (до 4 мм). В основании торфяника (инт. 0.48–0.50 м) залегает вулканический пепел, представленный гнездами зеленовато-серого алевроита.

Биостратиграфическое изучение включало диатомовый и спорово-пыльцевой анализы, выполненные по стандартным методикам

[Диаомовые... , 1974; Покровская, 1966]. При определении эколого-географических характеристик видов диатомей использованы сведения из работ [Цой, Обрезкова, 2017; Krammer, Lange-Bertalot, 1986, 1988, 1991]. На диаграмму вынесены основные виды, отражающие смену экологических условий. Обработка проб на спорово-пыльцевой анализ сделана по методу В.П. Гричука [Гричук, 1940]. Подсчет процентного содержания таксонов проводился для пыльцы древесных, травянистых и кустарничков и спор. Диаграмма построена в программе Tilia v. 2.0-41 [Grimm, 2004]. Пыльца культурных злаков идентифицирована по критериям, предложенным Е.А. Сергушевой с соавторами [Сергушева и др., 2016]. При просмотре препаратов отмечалось присутствие углей и обугленных

клеток растений. Латинские названия растений приведены в соответствии с “The Plant List a working list of all plants species” (<http://www.theplantlist.org>).

Радиоуглеродное датирование (см. таблицу) выполнено в Институте наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета. Калибровка радиоуглеродных дат проведена в программе OxCal 4.3 с калибровочной кривой «IntCal 13» [Bronk Ramsey, 2017]. Идентификация источника тефры сделана на основании химического состава вулканического стекла. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ проводились в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова на приборе LEO SUPRA 50 VP (Carl Zeiss, Германия) с использованием

энергодисперсионного анализатора X-MAX 80 (Oxford Inst., UK) при ускоряющем напряжении 25 кВ и размере апертуры 60 мкм. Проанализировано 15 зерен, данные пересчитаны на безводный остаток.

Результаты и обсуждение

Геохронология, скорости накопления отложений. Определение возраста нижней части разреза, сложенной терригенными отложениями, выполнено на основании корреляции спорово-пыльцевых данных и установленных особенностей растительности времени их накопления с палинологическими записями и фитоценоотическими реконструкциями, полученными по голоценовым разрезам ближайших районов. В основании толщи илов зафиксировано максимальное количество пыльцы широколиственных пород (до 89.5 %), в том числе и граба (*Carpinus* – до 24.6 %), что позволяет предположить, что лагуна на острове образовалась



Рис. 1. Схема района работ и положение изученного разреза на о. Шкота. (а) схема Япономорского региона; (б) о-ва Русский и Шкота и положение изученного разреза; (в) положение изученного разреза на о. Шкота; (д) фотография о. Шкота и пересыпи, соединяющей его с о. Русский, положение палеозера.

Figure 1. Studied area and position of studied section on Shkot Island. (a) – The Sea of Japan Region; (b) – Russky and Shkot islands and location of studied section; (c) – Shkot Island and location of studied section; (d) – photo of Shkot Island and paleolake location.

Таблица. Результаты радиоуглеродного датирования отложений палеоозера на о. Шкота
 Table. Results of radiocarbon dating of the paleolake sediments of Shkot Island

Номер образца	Интервал, м	Материал	Радиоуглеродный возраст, лет	Калиброванный возраст, кал. лет	Лабораторный номер
1/318	0.5–0.55	Торфянистый алеврит	1340 ± 120	1240 ± 130	ЛУ-9254
2/318	0.2–0.25	Торф	90 ± 60	140 ± 80	ЛУ-9255
3/318	0.3–0.35	Торф	730 ± 70	680 ± 60	ЛУ-9256

в оптимум среднего голоцена. На севере о. Русский в разрезе «Подножье 1» палиноспектры с максимальным содержанием пыльцы широколиственных деревьев (79–92 %), в том числе граба (20–25 %), позволили установить, что около 6600–6400 кал. л.н. условия были намного теплее и влажнее современных и, возможно, достигали максимального уровня в голоцене [Микишин и др., 2019]. В разрезе «Поспелово» палиноспектры с содержанием пыльцы граба (17 %) отмечены для интервала около 5500–5460 кал. л.н. [Микишин, Гвоздева, 2014].

Широкое развитие аккумулятивных форм этого возраста характерно для побережья Приморья [Короткий и др., 1997]. Мы предполагаем, что примерно в это время образовалось озеро на о. Шкота. Скорости накопления отложений в водоеме были низкими – около 0.1 мм/год, основным источником терригенного материала был плоскостной смыв с абразионно-денудационного уступа, рядом с которым располагался водоем.

В результате интенсивного зарастания озера началось органическое осадконакопление. Из перекрывающего илы торфянистого алеврита (0.50–0.55 м) получена ^{14}C -дата 1340 ± 120 л.н., 1240 ± 130 кал. л.н., ЛУ-9254, а в основании торфа обнаружен прослой тефры, сопоставляемый с маркирующим вулканическим пеплом В-Тм кальдерообразующего извержения влк. Байтоушань 946/947 гг. [Сахно, 2007; Chen et al., 2016]. Впервые прослой вулканического пепла В-Тм в континентальных отложениях Приморья найден на побережье бухты Кит [Ганзей Л.А. и др., 2015] и в ряде других бухт. На о. Русский тефра (мощностью до 3 см) обнаружена в разрезах торфяников и почв в обрамлении береговых озер на побережье бухт Парис и Спокойная. В горных районах вулканический пепел

В-Тм найден на Шкотовском, Сергеевском, Шуфанском плато и верховьях р. Уссури [Разжигаета и др., 2019].

Как и в других точках, в составе тефры на о. Шкота преобладает бесцветное вулканическое стекло, представленное волокнисто-удлиненными и пузырчатыми разностями (большая часть зерен имеет размер 200–300 мкм) (рис. 2). Макроэлементный состав (в %) большей части зерен характеризуется небольшим разбросом значений: SiO_2 (65.92–68.82), Al_2O_3 (14.67–15.58), характерно высокое содержание K_2O (5.34–5.92), Na_2O (4.59–6.13), $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ (10.46–11.05), низкое TiO_2 (0.40–0.68), CaO (1.03–1.43), MnO (<0.21), FeO (4.69–5.01). Близкий состав имеет и вулканическое стекло этого возраста из отложений Амурского залива [Акуличев и др., 2016]. По составу вулканическое стекло аналогично трахитовым разновидностям из проксимальной и дистальной зон [Chen et al., 2016; McLean et al., 2016]. Риолитовый состав, типичный для тефры начальной фазы извержения [Chen et al., 2016], имеет только одно зерно (в %): SiO_2 70.80, Al_2O_3 13.98, K_2O 5.29, Na_2O 6.50, $\text{K}_2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}$ 11.78, CaO 0.37, FeO 3.06, MgO , TiO_2 , MnO – ниже предела чувствительности прибора.

Зарастание озера привело к увеличению скоростей осадконакопления от 0.26 мм/год (накопление торфянистого алеврита) до 0.4 мм/год, когда образовался торфяник. В малый ледниковый период (^{14}C -дата 730 ± 70 л.н., 680 ± 60 кал. л.н., ЛУ-9254) скорости увеличились до 0.5 мм/год. Дата ЛУ-9255 (см. таблицу) рассматривается как омоложенная.

Стадии развития палеоозера. В отложениях разреза обнаружено 82 вида и разновидности пресноводных и 9 видов солоноватоводных и морских диатомовых водорослей.

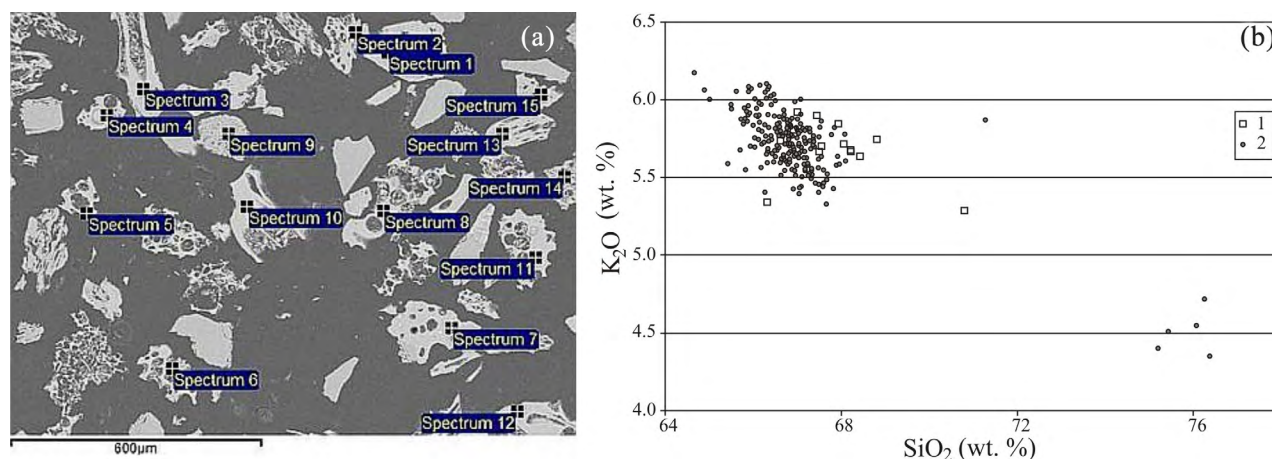


Рис. 2. Вулканическое стекло из отложений палеозера о. Шкота: (а) морфология; (б) соотношение SiO₂ и K₂O в вулканическом стекле, найденном на о. Шкота (1) и разрезах голоценовых отложений из других районов Приморья (2).

Figure 2. Volcanic glass from paleolake sediments of Shkot Island: (a) morphology; (b) SiO₂ versus K₂O plot for volcanic glass found on Shkot Island (1) and Holocene deposits from other sites of the Primorye (2).

Наиболее разнообразны донные виды (43), меньше видов обрастания (28), слабо представлены планктонные диатомеи (11). Преобладают космополиты (56 видов), бореальных встречено 13 видов, арктобореальных – 4. По отношению к pH среды доминируют алкалифилы (36), циркумнейтральных видов – 24 и ацидофилов – 13 видов; по отношению к солености 38 видов – индифференты, 14 – галофобы и по 10 – галофилов и мезогалофобов. Изменение содержания видов диатомей по разрезу позволило выделить 4 комплекса, отражающих эволюцию палеозера (рис. 3). По мере изменения солености и трофности водоема менялся и состав водных растений (рис. 4).

На начальном этапе (около 6600 кал. л.н.) образовалась мелководная распресненная лагуна. В составе диатомей (комплекс 1) преобладают пресноводные виды-обрастатели (до 87.5 %). Доминантом является галофил *Staurosira subsalina* (до 51 %), предпочитающий слегка солоноватые воды, субдоминант – *Pseudostaurosira elliptica* (до 36 %). Оба вида характерны для мелководных озер со стоячей водой, заросших водной растительностью. Заметно участие планктонных *Aulacoseira granulata* и *Cyclotella meneghiniana*. По отношению к pH доминируют алкалифилы (до 64.3 %), по отношению к солености – галофилы (до 54.8 %). Почти полное исчезновение *Epithemia adnata*, широко распространенного пресноводного олиго-мезотрофного

вида, отражает увеличение трофности водоема около 3050 кал. л.н. Рост численности *Aulacoseira granulata* говорит об умеренно эвтрофных условиях.

Список морских и солоноватоводных диатомей включает 14 таксонов, их содержание составляет 8.8–20.6 %, что свидетельствует о довольно слабом водообмене лагуны с морем. Преобладают характерные для лагун солоноватоводные бентосные *Navicula peregrina*, *Gyrosigma acuminatum*, солоноватоводно-пресноводный планктонный *Thalassiosira bramauputrae*. Поступление морских видов происходило в сильные шторма или цунами. Наиболее интенсивное поступление морской воды в лагуну фиксируется в илах из подошвы разреза (6600–6400 кал. л.н.). Здесь отмечено максимальное количество морских и солоноватоводных диатомей (20.6 %), найдены виды, характерные для открытого побережья – бентосные *Pinnunavis yarrensis* (до 8.6 %), *Cocconeis scutellum*, а также бентосный *Amphora mexicana* var. *major*, характерный для теплых морей.

Пики содержания морских видов (11 – 18.9 %) свидетельствуют об усилении штормовой активности в интервале времени около 3050–1840 кал. л.н. В илах отмечена *Tabularia fasciculata* (до 1.1 %), колониальная прикрепленная микроводоросль, обычная для обрастания твердых поверхностей и макроводорослей, предпочитающая воду, обогащенную растворенным органическим веществом

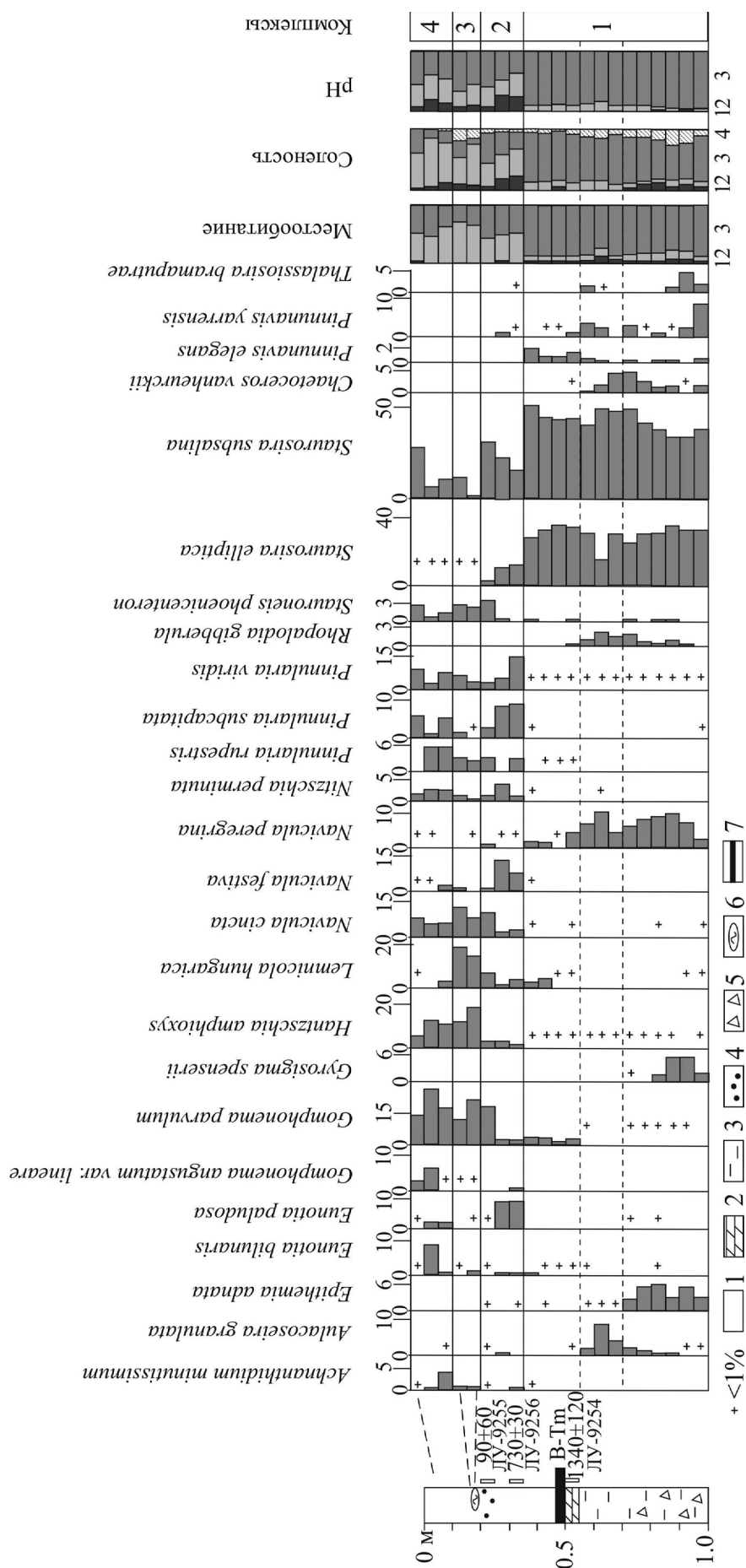


Рис. 3. Распределение диатомей в отложениях палеозера о. Шкота. 1 – торф, 2 – торфянистый алевроит, 3 – алевроит, 4 – гравий, 5 – дресва, 6 – линза суглинка, 6 – вулканический пепел. Экологические группы – по местообитанию: 1 – планктон, 2 – донные виды, 3 – виды обростающие, по отношению к солености: 1 – галофобы, 2 – индифференты, 3 – галофилы, 4 – мезогалофы, по отношению к pH: 1 – ацидофилы, 2 – циркумнейтральные, 3 – алкалофилы.

Figure 3. Distribution of diatoms in paleolake sediments of Shkot Island. 1 – peat, 2 – peaty silt, 3 – silt, 4 – gravel, 5 – debris, 6 – lenses of loam, 6 – volcanic ash. Ecological groups – habitat: 1 – plankton, 2 – bottom species, 3 – epiphytes; salinity: 1 – halophytes, 2 – indifferent, 3 – halophiles; 4 – mesohalobes; pH: 1 – acidophiles, 2 – circumneutral, 3 – alkaliphiles.

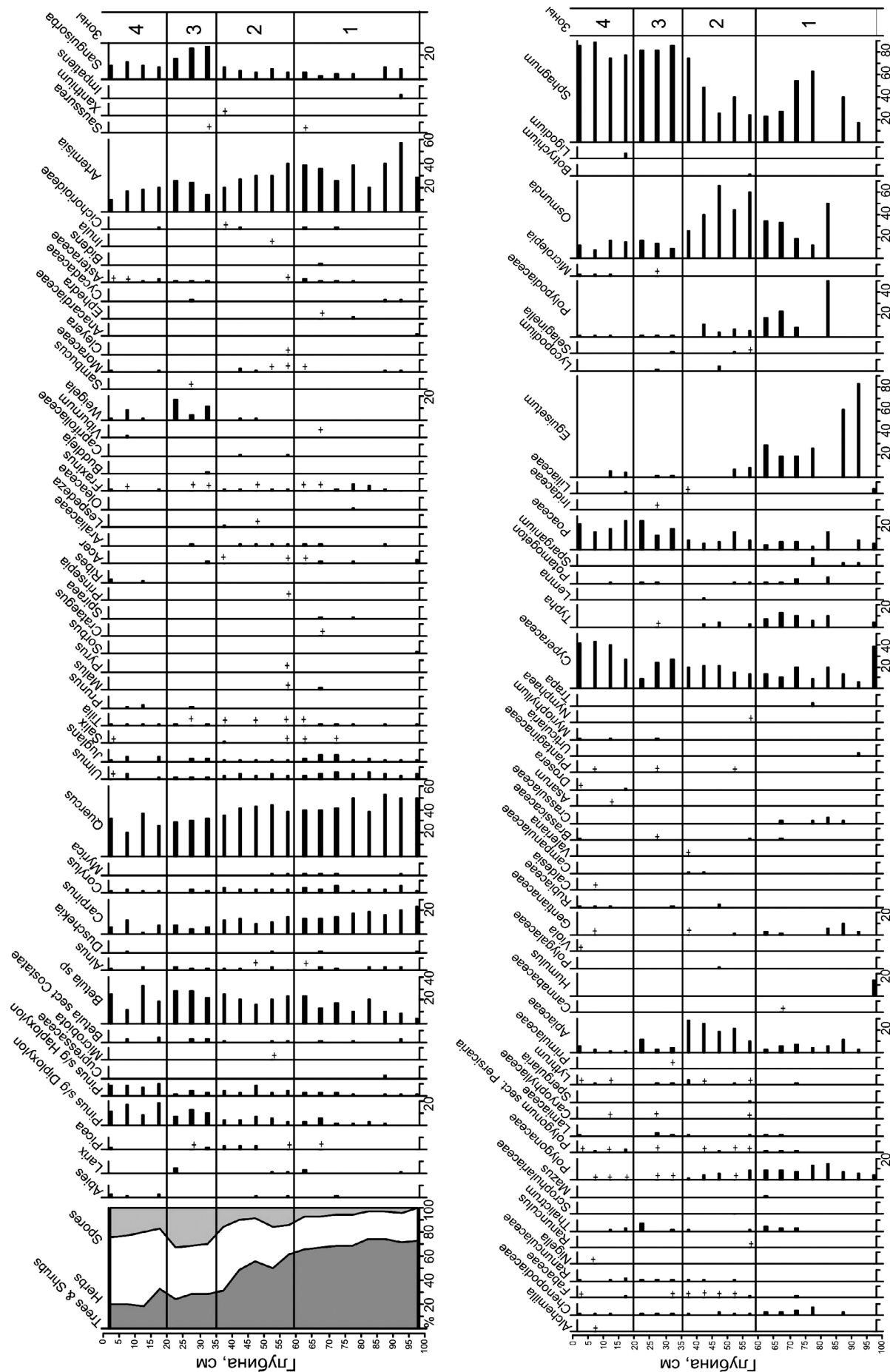


Рис. 4. Спорно-пыльцевая диаграмма отложений палеозера о. Шкота.
Figure 4. Spore-pollen diagram for paleolake sediments of Shkot Island.

[Бегун и др., 2011]. Во время штормов в водоем поступал тепловодный неритический *Chaetoceros vanheurskii* (до 4.7 %). Это довольно редкий для зал. Петра Великого вид. Оптимальные условия для его развития: соленость 30–35 ‰, температура 20–30 °C [Shevchenko et al., 2006]. Увеличение его содержания (до 4.7 %) в илах, накопление которых происходило около 2450–1840 кал. л.н., свидетельствует о хорошей прогреваемости морской воды. Признаками заплеска морских вод в сильные шторма или цунами являются и находки силикофлагеллят (4255–3652 и 2450–1843 кал. л.н.), обитающих только в морских водах. Оба интервала совпадают с малоамплитудными трансгрессиями [Короткий и др., 1997].

В лагунном озере была богатая водная растительность. Присутствие пыльцы ежеголовника (*Sparganium*), водяного ореха (*Trapa*), кувшинки (*Nymphaeaceae*), пузырчатки (*Urticularia*), рдеста (*Potamogeton*) свидетельствует о том, что в отдельные краткосрочные фазы водоем становился пресным. Эта тенденция стала особенно ясно просматриваться после снижения уровня моря в похолодание на границе среднего–позднего голоцена. Около 4860 кал. л.н. озеро начало активно зарастать рогозом. Появление водяного ореха приурочено к оптимуму суббореала (4255–3650 кал. л.н.). В наше время на о. Русский известен водяной орех ложнонадрезанный (*Trapa pseudoincisa* Nakai) в оз. Известковое на берегу бухты Парис [Недолужко, Денисов, 2001].

В изученном разрезе среди непыльцевых палиноморф встречена зеленая водоросль *Botryococcus*, способная обитать в солоноватоводных и пресноводных водоемах. Когда озеро стало более распресненным, получила распространение зеленая водоросль рода *Pediastrum*, образующая колонии на дне неглубоких чистых, в основном пресноводных водоемов. В состав планктона входили нитчатые сине-зеленые водоросли *Anabaena*, обитающие в пресных и слабосоленых водоемах и вызывающие цветение стоячей воды.

Соленость водоема снижается, и около 1240 кал. л.н. озеро становится практически пресным, начинается органогенное осадко-

накопление. В составе диатомей исчезают морские виды, сокращается содержание солоноватоводных диатомей (2.3–3.1 %). Появляются разнообразные виды из родов *Eunotia*, *Pinnularia*. Растет и разнообразие видов из рода *Gomphonema*, которые могли поступать со сточными водами, что косвенно говорит о формировании ложковой сети и развитии временных водотоков. Резко увеличилось (до 4.2 %) участие эпифита *Lemnicola hungarica*, обычно сосуществующего с разными видами ряски [Buczkó, 2007], растущей только в пресной стоячей воде. Здесь же найдена пыльца ряски (*Lemna*), что указывает на более теплые условия водоема. Вспышка *Planothidium delicatulum* (4.1 %), вида-эпипсамита, тяготеющего к вегетации на песчаном грунте [Балашова и др., 2016], в слое торфа с тефрой В-Тм, вероятно, связана с вулканическим пеплопадом.

В малый ледниковый период (¹⁴C-дата 730 ± 70 л.н., 680 ± 60 кал. л.н., ЛУ-9256) усилились процессы зарастания и заболачивания озера (комплекс 2). Возросло количество галофобов (до 17.1 %) и ацидофилов (до 23 %). В составе пресноводных диатомей сократилось количество створок видов-обрастателей (до 56.6 %) и увеличилась доля донных видов (до 50 %). Доминирует по-прежнему *Staurosira subsalina* (до 30 %), но увеличивается содержание характерных для болотных обстановок видов родов *Eunotia* (*E. paludosa*, *E. glacialis*, *E. bilunaris*, *E. exigua* и др.) и *Pinnularia* (*P. subcapitata*, *P. viridis*, *P. rupestris*). Возрастает содержание населяющего сильно кислые болота *Navicula festiva*. Среди донных стало много *Navicula cincta*, который мог обитать в слегка соленых условиях. В целом, участие солоноватоводных видов сильно сокращается, что говорит о дальнейшем уменьшении связи водоема с морем.

Среди водных растений появилась уруть, которая развивается при глубине не менее 0.5 м, было много рдеста.

Рост доли α-мезосапробионта *Navicula cincta* и β-мезосапробионтов *Stauroneis phoenicenteron* и *Gomphonema parvulum* может свидетельствовать о повышении трофности воды около 450 кал. л.н. Причем

обрастатель *G. parvulum*, как правило, предпочитает олиготрофно-мезотрофные воды. Увеличение количества бореальных видов свидетельствует о более холодных условиях. Присутствие прибрежно-морских диатомей связано со штормами и цунами. Солонатоводно-морской *Pinnunavis yarrensis* (до 1.3 %) заносился в озеро в сильные шторма. Находка *Cocconeis scutellum* и присутствие в торфе гравия может быть свидетельством цунами (450–340 кал. л.н.). Заплеск был не менее 140 м; вероятно, затопливался весь перешеек. Возможно, здесь зафиксированы следы цунами XVII в., осадки которого найдены и на берегу бухты Спокойная, восточное побережье о. Русский [Ганзей Л.А. и др., 2016]. В Японском море было два сильных цунами: 26 ноября 1614 г. (префектура Ниигата) и в октябре 1644 г. (префектура Акита), высота волн на о. Хонсю достигала 6 м [Iida, 1984].

Выделяется кратковременный сухой период (~340–230 кал. л.н.), когда площадь озера сильно сокращалась. Диатомовая флора (комплекс 3) характеризуется увеличением количества донных видов (до 70.4 %), уменьшением видов-обрастателей (до 35.5 %) и исчезновением планктона. Доминируют донные *Hantzschia amphioxys* – вид, способный обитать на осушках и характерный для почв, *Lemnicola hungarica*, *Navicula cincta*, *Gomphonema parvulum*. Высокое содержание эпифита *L. hungarica* (до 18.6 %) говорит о том, что водоем был весь затянут ряской. Появляются арктобореальные виды: *Pinnularia ignobilis* (до 4.7 %), *Pinnularia divergentissima* (до 2.5 %), что свидетельствует о более холодных условиях. Последний вид характерен для слабоминерализованных вод, может обитать в аэробных местах на мхах [Харитонов, 2010; Krammer, Lange-Bertalot, 1986]. Состав диатомей указывает на уменьшение водности водоема и обмеление. Отсутствие морских и солонатоводных видов свидетельствует о полном прекращении связи водоема с морем. Сухие условия не исключают прохождение отдельных катастрофических ливней, связанных с сильными тайфунами. Вероятно, во время такого события за счет интенсивного плоскостного смыва образовались

гнезда суглинка. Состав диатомей в них близок к вмещающему торфу, несколько выше содержание почвенной *H. amphioxys*.

Последние 200–230 лет наблюдалось обводнение водоема за счет увеличения атмосферных осадков. Среди диатомей (комплекс 4) увеличивается количество видов-обрастателей, вновь появляются планктонные виды (до 1.6 %). Доминируют *Staurosira subsalina* (до 28 %), *Gomphonema parvulum* (до 27 %), заметно участие донных *Hantzschia amphioxys*, *Navicula cincta*, *Pinnularia viridis*. В кровле слоя увеличивается доля *Pinnularia subcapitata*, *P. divergentissima*, указывающих на развитие болотных процессов. Относительно высоким остается число арктобореальных и бореальных видов. Мезогалобии практически исчезают.

На заключительном этапе, пока существовало озеро, среди водных растений рос редкий вид – кальдезия почковидная *Caldesia reniformis* (D. Don) Makino, который сейчас встречается в бассейнах рек Раздольная, Усури и оз. Ханка и находится на грани исчезновения [Красная книга..., 2008].

История растительности. Изменения состава спорово-пыльцевых спектров по разрезу позволило выделить 4 палинозоны (рис. 4), отражающие динамику растительности о. Шкота и в какой-то мере южного побережья о. Русский, откуда шел воздушный перенос пыльцы.

Палиноспектры с преобладанием пыльцы древесных растений (до 76 %) отражают развитие во второй половине среднего голоцена (6600–4554 кал. л.н.) сомкнутых дубово-грабовых лесов с участием ильма, ореха, липы, ясеня, кленов (палинозона 1). Участие широколиственных пород в лесной растительности было намного выше, чем в настоящее время. Отчасти этому способствовали и экспозиционные условия, поскольку северные и западные склоны, обращенные к озеру, являются наиболее термообеспеченными – они закрыты от ветров с моря и о. Русский прикрывает их от северных и северо-западных зимних ветров. Здесь сейчас развиты высокосомкнутые широколиственные леса [Ганзей К.С. и др., 2019б]. Содержание пыльцы граба

(до 24.6 %) в среднеголоценовых палино-спектрах в 4 раза выше, чем в поверхностной пробе (5.6 %). Это подтверждает точку зрения о том, что граб был представлен в лесной растительности островов более широко, чем в континентальной части Приморья [Микишин и др., 2019]. В небольшом количестве в лесах на о. Шкота присутствовала береза. В кустарниковом ярусе встречалась лещина. Пыльца кедра корейского, скорее всего, была занесена ветром. На о. Русский в условиях оптимального потепления хвойно-широколиственные леса занимали только вершины сопок [Микишин и др., 2019]. В илах, накопление которых происходило 6040–4860 кал. л.н., найдена пыльца шелковицы (*Morus*). Обилие пыльцы шелковицы обнаружено в разрезе палеоозера на берегу бухты Красная, юг о. Русский, 5750–4920 кал. л.н. [Корнюшенко и др., 2019]. Встреченная в изученном разрезе пыльца ольховника, кустарниковой березы, вероятно, переотложена.

Гмелинополынные занимали небольшие участки на склонах и, скорее всего, как и в современных условиях [Ганзей К.С. и др., 2019б], тяготели к участкам, обращенным к морю. На скалистых прибрежно-луговых склонах было много лилий, злаковых. По лесным ручьям встречались бальзаминовые (*Impatiens*), часть видов относится к сорным травам [Недолужко, Денисов, 2001]. В основании склона на сырых участках росла ольха. Низкое содержание трав говорит о том, что аккумулятивная форма только начала зарастать. Здесь преобладали растения, предпочитающие влажные местообитания. Около озера были представлены осоковые группировки, росли крохобал, хвощ, из кустарников – восковник, начал формироваться моховой ярус из сфагнома. Следует отметить, что в настоящее время южная точка произрастания восковника болотного на материковом побережье Азии находится на побережье бухты Кит (севернее 43° с.ш.) [Жудова, 1967], расположенной в 200 км к северо-востоку от исследуемого района. На влажных лугах встречались злаки, зонтичные, гречишные, горечавки.

Климат был намного теплее и влажнее современного. Среднегодовая температура на островах в оптимальную фазу среднего

голоцена (6600–6400 кал. л.н.) оценивается на 4–6 °С выше современных значений, суммы осадков от 900–1200 мм/год [Короткий и др., 1997] до 1100–1600 мм/год [Микишин и др., 2019]. Реконструкции на глобальном уровне предполагают, что температуры были на 2 °С выше современных [Величко, 2012], что представляется более реалистичным. Эффект потепления на островах мог усиливаться влиянием теплого течения, которое было более интенсивным в этот период [Lutaenko et al., 2007].

Климатическая ритмика в первой половине позднего голоцена (до 1840 кал. л.н.) не оказала существенного влияния на развитие многопородных широколиственных лесов на острове (палинозона 2). Выделение двух морфотипов пыльцы *Quercus* позволяет предположить, что в лесах было два вида дубов. В обилии рос калопанахс (*Kalopanax*), появилась яблоня. Более разнообразным стал подлесок, наряду с лещиной росли калина, сирень, боярышник. В травяном покрове стало много папоротников. Возможно, на скалах рос можжевельник. Можно отметить лишь некоторое уменьшение роли граба. Его участие в лесной растительности резко снизилось (*Carpinus* – 16.3 %) в похолодание на границе среднего и позднего голоцена (5460–4860 кал. л.н.). Это событие не проявилось ярко на близлежащих малых островах, где были распространены широколиственные леса богатого видового состава (около 4470 ± 140 л.н., 5120 ± 190 кал. л.н., ЛУ-7528) [Лящевская, 2015].

В потепление, сопоставляемое с оптимумом суббореала (4860–3650 кал. л.н.), на о. Шкота граб стал более распространен (*Carpinus* – до 18.8 %). Теплые и влажные условия были благоприятны для ясеня (*Fraxinus* – до 6.9 %). В более прохладных условиях около 3050 кал. л.н. роль граба вновь снижается (*Carpinus* <13.7 %). В палиноспектрах стало меньше и пыльцы широколиственных (<65.5 %). Смена широколиственных сообществ на березово-широколиственные зафиксирована в похолодание 3.5–3.0 тыс. л.н. и на других островах зал. Петра Великого [Лящевская, 2015]. В горах этот рубеж датирован около 3010 кал. л.н.

[Разжигает и др., 2016; 2019]. На о. Русский уменьшение роли широколиственных лесов установлено в похолодание около 2700 кал. л.н. [Микишин, Гвоздева, 2014].

С 3050 кал. л.н. в составе растительности о. Шкота стала принимать участие сосна густоцветковая (*Pinus s/g Diploxylon* – до 6.4 %), что особенно ярко демонстрируется в палиноспектрах, полученных из почвенных профилей в центральной части острова [Родникова и др., 2012; Лящевская, 2015]. Более интенсивным стал занос пыльцы кедра корейского с о. Русский и материковой части. На болоте в кустарниковом ярусе помимо восковника появилась спирея, возможно, присутствовала береза овальнолистная (*Betula ovalifolia*). Среди травянистых были распространены бобовые, василистник, стало много гречишных, на сырых лугах – горцов (*Polygonum* sect. *Persicaria*), рос дербенник. На песчаных участках аккумулятивной формы мог расти хвойник (*Ephedra*), сообщества которого отмечены на юге о. Русский и других островах зал. Петра Великого [Лящевская, 2015; Корнюшенко и др., 2019]. В петрофильных группировках и на береговых скалах росли маревые, толстянковые, капустные, возможно, бриевый мох энкалпты скрученная (*Encalypta streptocarpa* Hedw.).

Наличие мелких углей свидетельствует, что около 3650–1840 кал. л.н. регулярно стали проходить палы, возможно антропогенного происхождения. Признаком антропогенного влияния на ландшафты являются находки пыльцы конопли (*Cannabis sativa*), культурных злаков (>30 мкм) и шелковицы. Время образования отложений (4260–3650 кал. л.н.; 3050–1840 кал. л.н.) отвечает позднему неолиту и раннему железному веку. Археологические памятники этого возраста широко представлены на о. Русский [Попов, Лазин, 2011; Батаршев и др., 2011].

Среди непыльцевых палиноморф встречается *Ruscinia*, что говорит о широком распространении ржавчины на растениях во влажных условиях (4860–3650 кал. л.н.). Ее развитию, видимо, способствовали частые туманы [Васильева, 1953]. Есть сведения о развитии ржавчинных грибов

(4920–3840 кал. л.н.) на юге о. Русский (бухта Красная) [Корнюшенко и др., 2019].

В условиях снижения температур (около 1840 кал. л.н.) в лесной растительности о. Шкота (палинозона 3) существенно увеличилась роль березы даурской (*Betula davurica*). Стала более распространена сосна густоцветковая, и, вероятно, в этот период на острове появился кедр корейский (*Pinus s/g Haploxylon* – 4.6 %). В сырых лесах или на открытых местах рос гроздовник. На скалах появился плаунок (*Selaginella*). На морском берегу было много торичника (*Spergularia*). В палиноспектрах появилась пыльца подорожниковых, характерных для современных группировок пересыпи [Ганзей К.С. и др., 2019б]. Отмеченная в спектрах пыльца *Cleyera* могла быть занесена с юга тайфунами.

Вышеизложенные результаты хорошо сопоставляются с данными по другим островам: похолодание 1820–1440 кал. л.н. было рубежом, существенно изменившим состав растительных сообществ островов Путятин, Рикорда, доминирующую роль стали играть березово-широколиственные леса, гмелинополынные, появилась кустарниковая береза [Лящевская, 2015].

Вспышка развития кедра корейского была в малый оптимум голоцена, что характерно и для других районов Приморья [Razjigaeva et al., 2019b]. Под хвойно-широколиственными лесами в подлеске могла расти вейгелая ранняя. В более теплых влажных условиях около 890–680 кал. л.н. стало больше граба (*Carpinus* – до 13.2 %), ореха маньчжурского, ясеня. Увеличение роли широколиственных пород в конце малого оптимума зафиксировано на о. Русский, побережье п-ова Муравьева-Амурского и в горных районах Приморья [Микишин, Гвоздева, 2014; Лящевская и др., 2017б; Razjigaeva et al., 2019 a, b]. В кустарниковом ярусе широколиственных лесов были широко представлены жимолости, бересклет, леспедеца. В папоротниковом покрове было много чистоустника коричневого (*Osmunda cinnamomea*), характерного для влажных лесов [Недолужко, Денисов, 2001]. В составе луговой растительности и зарослях кустарников стало много мареновых

(Rubiaceae – 4 %). Подмаренник настоящий (*Galium verum* L.) распространен в современных петрофитных группировках [Ганзей К.С. и др., 2019б].

Среднегодовая температура повысилась на 1–1.3 °С, увеличилось количество атмосферных осадков [Razjigaeva et al., 2019b]. Для Япономорского региона в 750–1200 гг. н. э. отмечено усиление летнего муссона и ослабление зимнего [Yamada et al., 2010].

Резкое увеличение в палиноспектрах доли пыльцы трав показывает, что аккумулятивная форма начала активно зарастать около 890 кал. л.н. в условиях снижения уровня моря. Пыльца травянистых растений суммарно характеризует изменения в травяном покрове разных типов растительности. В палиноспектрах появилась пыльца колокольчиковых, распространенных как в лесах, на опушках, так и в гмелинополынниках и на лугах; норичниковых и гвоздиковых, также характерных для гмелинополынников и лугов. Найдена пыльца девясила (*Inula*), распространенного в зарослях кустарников и на сырых лугах. В палиноспектрах стало больше пыльцы бобовых, типичных для приморских песков и галечников [Недолужко, Денисов, 2001]. Среди мезофитных лугов мог расти мазус, в Приморье встречаются два вида: японский – *Mazus japonicus* (Thunb.) Kuntze и чистецolistный *M. stachydifolius* (Turcz.) Maxim, в настоящее время на островах они не обнаружены. На влажных местах стали распространены лютиковые, дербенник (*Lythrum*), который мог расти и на берегу озера. Локально около болота развивались плауны. В малый оптимум голоцена сократилось участие березы овальнолистной, исчез восковник.

Признаками антропогенного влияния на растительность являются находки пыльцы культурных злаков (>30 мкм) в отложениях, накопление которых происходило 1840–1240 и 890–790 кал. л.н. Обращает внимание, что для первого временного интервала характерна пыльца яблони, сливы, шелковицы и принсепии китайской (*Princepia sinensis*), которую рассматривают как остаток земле-

дельческих культур [Бромлей и др., 1977]. Яблоки-дички традиционно использовались древним населением Приморья [Вострецов, 2009]. Для второго периода зафиксирована пыльца дурнишника (*Xanthium*), сорного растения, растущего сейчас на о. Русский по обочинам дорог [Недолужко, Денисов, 2001]. Находки пыльцы *Xanthium* в культурных слоях археологических стоянок считаются свидетельством сельскохозяйственной деятельности [Jia, 2005]. Есть и пыльца шелковицы (до 3.6 %), цикориевых. Первый период захватывает конец кроуновской культуры и мохэ, второй – чжурчжэньскую эпоху [Кузьмин и др., 2005]. Археологические памятники раннего железного века и раннего средневековья (мохэ) известны на о. Русский [Попов, Лазин, 2011; Крупянка и др., 2016]. На о. Шкота или на ближайшем берегу о. Русский тоже могут быть археологические памятники этого возраста. Возможно, резкое сокращение пыльцы древесных (18.5–33.1 %) последние 790 лет также связано с антропогенным влиянием и частичным уничтожением леса.

В первую половину малого ледникового периода (680–340 кал. л.н.) на о. Шкота увеличились площади, занятые сосной густоцветковой (палинозона 4). Кедр корейский если и был, то в небольшом количестве. Широколиственные леса занимали ограниченные участки, в их составе резко сократилось участие граба (*Carpinus* <7.3 %), ясеня, лещины. Получила распространение береза ребристая, сейчас растущая на о. Русский в смешанных лесах на северных склонах [Недолужко, Денисов, 2001]. В подлеске произрастало много бересклета, на осветленных участках – аралии, по каменистым склонам – вейгелы. На влажных скалах появилась деннштедтия и плаунок. На аккумулятивной форме большее распространение получила береза овальнолистная. Около зарастающего озера развивалось тростниково-осоковое болото с обилием кровохлебки, ирисами, с хорошо выраженным ярусом из сфагновых мхов. Присутствие пыльцы росянки характеризует олиготрофную стадию развития болота. В составе трав появились сложноцветные, яснотковые.

Находки мелких углей фиксируют пожар около 730 ± 70 л.н., 680 ± 60 кал. л.н. (ЛЮ–9256), сильно повредивший заросли гмелинополынных – содержание пыльцы *Artemisia* существенно сократилось. В холодных влажных условиях около 560–450 кал. л.н. на растении вновь развивалась ржавчина. В торфе этого возраста обнаружено много пыльцы культурных злаков, есть пыльца груши (*Pyrus*). Эпизодическое присутствие пыльцы буддлеи (*Buddleja*) можно объяснить ее заносом тайфунами.

Во второй половине малого ледникового периода древесная растительность становится более разреженной. Хвойных пород на острове стало больше, увеличилась роль как сосны густоцветковой, так и кедра корейского. Рост количества пыльцы *Pinus* s/g *Diploxylon* зафиксирован и в палиноспектрах из верхней части почвенных профилей [Родникова и др., 2012; Лящевская, 2015]. Кедр корейский стал более распространен на юге о. Русский последние 360 кал. лет [Корнюшенко и др., 2019]. Более активно в отложениях палеоозера происходил ветровой занос пыльцы пихты, что отвечает ее распространению на о. Русский [Ганзей К.С. и др., 2019a]. В широколиственных лесах дуб становится доминантом. Резкое увеличение пыльцы березы даурской, наряду с резким снижением доли широколиственных, особенно граба (*Carpinus* – 1.9 %), и преобладанием дуба среди широколиственных, по-видимому, отвечает кратковременно холодному эпизоду. На влажных участках встречалась в обилии смородина, на влажных лугах – дербенник (*Lythrum*). Около озера было развито тростниково-осоковое болото со сфагновыми мхами.

Спорово-пыльцевые спектры из поверхностного слоя торфа отвечают современной ландшафтной ситуации на острове с ограниченным распространением широколиственных лесов с преобладанием дуба монгольского и берез, развитием травянистых сообществ и кустарниковых группировок. Палиноспектры свидетельствуют, что сосна густоцветковая, которая сейчас встречается единично [Ганзей К.С. и др., 2019b], еще недавно (по-видимому, до начала строительства на прилегающей территории) была более распространена – доля ее пыльцы составляет 11.5 %.

На аккумулятивной форме около озера сократилось разнообразие трав, стали преобладать злаки (тростник), осоковые, появилось много зонтичных и крестоцветных. В палиноспектрах появилась пыльца фиалки. Из непыльцевых палиноморф встречаются споры грибов *Gelasinospora* – индикаторов пожаров [Shumilovskikh et al., 2015]. Частые низовые пожары могли послужить причиной сокращения гмелинополынных – доля пыльцы полыни резко уменьшилась (до 9.4 %).

Выводы

На о. Шкота обнаружено палеоозеро, образовавшееся в результате интенсивного развития аккумулятивных процессов в области волновой тени и роста томболо со второй половины среднего голоцена. Несмотря на небольшой размер, водоем существовал длительное время и прошел несколько стадий развития от распресненной лагуны до пресноводного озера, которое начало интенсивно зарастать около 1240 кал. л.н. С этого времени началось органогенное осадконакопление. Торфяник по его обрамлению начал формироваться в малый оптимум голоцена, процессы заболачивания и зарастания усилились в малый ледниковый период, особенно в кратковременный сухой эпизод (~340–230 кал. л.н.), некоторое обводнение болота последние 200 лет отвечает тенденции к увеличению количества атмосферных осадков в условиях потепления.

Периодическое поступление в водоем морских вод связано со штормовой активностью и, возможно, с цунами. Как правило, заплеск морской воды был более интенсивным во время малоамплитудных трансгрессий. В озере была развита разнообразная водная растительность, ее состав свидетельствует, что большую часть года водоем был пресноводным, часто с застойным режимом.

В оптимум голоцена на острове были распространены дубово-грабовые леса богатого видового состава. Участие граба было более высоким, чем в позднем голоцене. Климатическая ритмика в первой половине позднего голоцена не оказала существенного влияния на развитие многопородных широколиственных лесов. Постепенно участие граба сократилось, стало больше берез.

Сосна густоцветковая появилась около 3050 кал. л.н., а кедр корейский – около 1840 кал. л.н., он наиболее распространен в малый оптимум голоцена. Древесная растительность деградировала в малый ледниковый период, аккумулятивная форма начала быстро зарастать, состав трав стал более разнообразным.

Выявлены признаки антропогенного влияния на растительность, по-видимому связанные с заселением острова и деятельностью древнего человека, начиная около 4.2–3.6 тыс. кал. л.н. Об этом свидетельству-

ет присутствие в спорово-пыльцевых спектрах пыльцы конопли, культурных злаков, шелковицы, принсепии китайской, груши, сливы, яблони, дурнишника, цикориевых. Найденные микроугли позволяют восстановить летопись пожаров. Наиболее сильный пожар около 680 кал. л.н. сильно повредил заросли гмелинополынных. Скорее всего, палеопожары имели антропогенную природу и наряду с климатическим фактором могли быть одной из причин снижения залесенности острова.

Список литературы

1. Акуличев В.А., Астахов А.С., Малахов М.И., Аксентов К.И., Карабцов А.А., Марьяш А.А., Алаторцев А.В. **2016**. Первая находка криптоцефры катастрофических извержений вулкана Байтоушань X в.н.э. в шельфовых отложениях Японского моря. *Доклады АН*, 469(6): 734–738. <https://doi.org/10.7868/S0869565216240166>
2. Балашова Н.Б., Киселев Г.А., Степанова В.А., Тобиас А.В. **2016**. Диатомовые водоросли бентоса южного побережья Финского залива (заказник «Лебяжий»). *Вестник СПбГУ, Сер. 3, Биология*, (4): 9–25. <https://doi.org/10.21638/11701/spbu03.2016.401>
3. Батаршев С.В., Якупов М.А., Дорофеева Н.А. **2011**. Археология островов Южного архипелага. В кн.: *Дальний Восток России в древности и средневековье. Проблемы, поиски, решения*. Владивосток: ООО Ред, 41–48.
4. Бегун А.А., Масленников С.И., Крючкова А.Б. **2011**. Диатомовые водоросли эпифитона бурой водоросли *Sargassum pallidum* (Turner) C. Agardh в бухте Тихая Заводь (залив Восток, Японское море). *Научные труды Дальрыбвтуза*, (24): 13–19.
5. Борзова Л.М., Семкин Б.И., Ковалюх Н.Н. **1981**. Развитие островных растительных сообществ в голоцене (на примере острова Большой Пелис). В кн.: *Развитие природной среды в плейстоцене (юг Дальнего Востока)*. Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 127–134.
6. Бромлей Г.Ф., Васильев Н.Г., Харкевич С.С., Нечаев В.А. **1977**. *Растительный и животный мир Уссурийского заповедника*. М.: Наука, 173 с.
7. Васильева Л.Н. **1953**. Ржавчина хлебных злаков на Дальнем Востоке и борьба с ней. *Комаровские чтения*, 3: 23–42.
8. Величко А.А. **2012**. *Эволюционная география: проблемы и решения*. М.: ГЕОС, 563 с.
9. Вострецов Ю.Е. **2009**. Первые земледельцы на побережье залива Петра Великого. *Вестник НГУ, Серия История, Филология*, 8(3): 113–120.
10. Ганзей К.С., Киселёва А.Г., Пшеничникова Н.Ф., Лящевская М.С., Родникова И.М., Ухваткина О.Н., Юрченко С.Г. **2019а**. Геоэкологическое состояние посадок пихты цельнолистной и их роль в восстановлении хвойно-широколиственных геосистем о. Русский. *География и природные ресурсы*, 2: 59–68.
11. Ганзей К.С., Киселёва А.Г., Пшеничникова Н.Ф., Родникова И.М. **2019б**. Геоэкологический анализ ландшафтов острова Шкота (Японское море). *Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология*, 3: 63–74. <https://doi.org/10.31857/S0869-78092019363-74>
12. Ганзей К.С., Жариков В.В., Пшеничникова Н.Ф., Лебедев А.М., Киселева А.Г. **2019в**. Ландшафтная организация береговой геоструктуры острова Шкота (залив Петра Великого). В кн.: *Геосистемы восточных районов России: особенности их структур и пространственного развития*. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 52–59. <https://doi.org/10.35735/tig.2019.65.23.006>
13. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Нишимура Ю., Гребенникова Т.А., Кайстренко В.М., Горбунов А.О., Арсланов Х.А., Чернов С.Б., Наумов Ю.А. **2015**. Осадки исторических и палеоцунами на побережье Восточного Приморья. *Тихоокеанская геология*, 34(1): 79–95.
14. Ганзей Л.А., Разжигаева Н.Г., Гребенникова Т.А., Арсланов Х.А., Иванова Е.Д., Ганзей К.С. **2016**. Проявление исторических цунами на о. Русский, Японское море. *Успехи современного естествознания*, 5: 116–124.
15. Гричук В.П. **1940**. Методика обработки осадочных пород, бедных органическими остатками, для целей пыльцевого анализа. *Проблемы физической географии*, 8: 53–58.

16. Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Т. 1. 1974. Л.: Наука, 400 с.
17. Жудова П.П. 1967. Растительность и флора Судзукинского государственного заповедника Приморского края. *Труды Сихотэ-Алинского государственного заповедника*, 4: 1–306 с.
18. Корнюшенко Т.В., Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Ганзей К.С., Кудрявцева Е.П. 2019. Запись климатических и антропогенных изменений ландшафтов среднего-позднего голоцена в лагунных отложениях острова Русский (Приморье). *Материалы V Всероссийской научной конференции с международным участием «Динамика экосистем в голоцене»*. М.: Медиа-ПРЕСС, 149–151.
19. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкар В.С., Разжигаева Н.Г., Волков В.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Базарова В.Б., Макарова Т.Р. 1997. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене-голоцене. *Вестник ДВО РАН*, 3: 121–143.
20. Красная книга Приморского края: Растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. 2008. Владивосток: АВК «Апельсин», 688 с.
21. Крестов П. В., Верховат В.П. 2003. Редкие растительные сообщества Приморья и Приамурья. Владивосток: ДВО РАН, 200 с.
22. Круляк А.А., Пискарева Я.Е., Раков В.А., Глухов А.В. 2016. Местонахождение Новик-В. Раковинная куча мохэского времени. *Россия и АТР*, 4: 34–48.
23. Кузьмин Я.В., Болдин В.И., Никитин Ю.Г. 2005. Хронология раннего железного века и средневековья Приморья. *Россия и АТР*, 4: 44–55.
24. Лящевская М.С. 2015. Динамика растительного покрова островов залива Петра Великого. *Известия РАН. Сер. географическая*, 3: 143–50. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2015-3-121-128>
25. Лящевская М.С., Ганзей К.С., Макарова Т.Р. 2017а. Реконструкция палеоусловий острова Стенина (Японское море) в среднем-позднем голоцене. *Биота и среда заповедников Дальнего Востока. Biodiversity and Environment of Far East Reserves*, 2(11): 3–20.
26. Лящевская М.С., Макарова Т.Р., Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Кудрявцева Е.П., Паничев А.М., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю. 2017б. Развитие ландшафтов полуострова Муравьева-Амурского в среднем-позднем голоцене по данным изучения отложений побережья бухты Муравьиная (Южное Приморье). *Успехи современного естествознания*, 2: 110–122.
27. Микишин Ю.А., Гвоздева И.Г. 2014. Палеосреда острова Русский (Южное Приморье) в среднем-позднем голоцене. *Фундаментальные исследования*, 3-3: 516–522.
28. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г. 2019. Поздняя фаза атлантического периода голоцена на юге Приморья. *Успехи современного естествознания*, 12: 96–107.
29. Недолужко В.А., Денисов Н.И. 2001. Флора сосудистых растений острова Русский (залив Петра Великого в Японском море). Владивосток: Дальнаука, 98 с.
30. Покровская И.М. 1966. Методика камеральных работ. В кн.: *Палеопалинология*. Л.: Недра, т. 1: 32–61.
31. Попов А.Н., Лазин Б.В. 2011. Археологические исследования на острове Русский в 2010–2011 годах. *Древности по обе стороны Великого океана*. Владивосток: Изд-во ДВФУ, 118–126.
32. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Макарова Т.Р., Паничев А.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А. 2016. Развитие ландшафтов Шкотовского плато Сихотэ-Алиня в позднем голоцене. *Известия РАН. Серия географическая*, 3: 65–80. <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-3-65-80>
33. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Копотева Т.А., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., Климин М.А. 2019. Развитие природной среды среднегорья Южного Сихотэ-Алиня, запечатленное в разрезах торфяников Сергеевского плато. *Тихоокеанская геология*, 38(1): 13–31. doi.org/10.30911/0207-4028-2019-38-1-13-31
34. Родникова И.М., Лящевская М.С., Киселева А.Г., Пшеничникова Н.Ф. 2012. Состояние и динамика почвенно-растительного покрова малых островов залива Петра Великого (Японское море). *География и природные ресурсы*, 1: 96–103.
35. Сахно В.Г. 2007. Вулкан Пектусан: хронология извержений, состав и эволюция магм на основе К–Аг-датирования и изотопов $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $\delta^{18}\text{O}$. *Доклады АН*, 412(2): 226–233.
36. Сергушева Е.А., Рябогина Н.Е., Лящевская М.С., Гольева А.А. 2016. Аргументация земледелия на археологических памятниках Приамурья и Приморья: результаты применения палеоботанических методик. *Вестник ТГУ*, 402: 99–108. <https://doi.org/10.17223/15617793/402/14>
37. Стратиевский О.Б. 2012. Русский – остров архипелага Императрицы Евгении. Владивосток: Изд. дом ДВФУ, 704 с.
38. Харитонов В.Г. 2010. Конспект флоры диатомовых водорослей (*Bacillariophyceae*) Северного Охотоморья. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 189 с.
39. Цой И.Б., Обрезкова М.С. 2017. Атлас диатомовых водорослей и силикофлагеллат голоценовых осадков морей Восточной Арктики России. Владивосток: ТОИ ДВО РАН, 146 с.
40. Bronk Ramsey C. 2017. Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon*, 59(2): 1809–1833. <https://doi.org/10.1017/rdc.2017.108>

41. Buczkó K. **2007**. The occurrence of the epiphytic diatom *Lemnicola hungarica* on different European Lemnaceae species. *Fottea*, 7(1): 77–84. <https://doi.org/10.5507/fot.2007.007>
42. Chen X-Y., Blockley S.P.E., Tarasov P.E., Xu Y.-G., McLean D., Tomlinson E.L., Albert P.G., Liu J.-Q., Müller S., Wagner M., Menzies M.A. **2016**. Clarifying the distal to proximal tephrochronology of the Millennium (B-Tm) eruption, Changbaishan Volcano, northeast China. *Quaternary Geochronology*, 33: 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2016.02.003>
43. Grimm E. **2004**. *Tilia software 2.0.2*. Springfield: Illinois State Museum Research and Collection Center.
44. Iida K. **1984**. *Catalog of tsunamis in Japan and its neighboring countries*. Toyota: Aichi Institute of Technology, 52 p.
45. Jia W. **2005**. *Transition from Foraging to Farming in Northeast China*. (PhD thesis). Sydney: University of Sydney.
46. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1986**. *Bacillariophyceae*. Teil 1. *Naviculaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 876 p. (In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (eds) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*; 2).
47. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1988**. *Bacillariophyceae*. Teil 2. *Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 536 p.
48. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1991**. *Bacillariophyceae*. Teil 3. *Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 576 p.
49. Lutaenko K.A., Zhushchikhovskaya I.S., Mikishin Yu.A., Popov A.N. **2007**. Mid-Holocene climatic changes and cultural dynamics in the basin of the Sea of Japan and adjacent areas. *Climate Change and Cultural Dynamics: A Global Perspective on Mid-Holocene Transitions*. Amsterdam: Elsevier, 331–406. <https://doi.org/10.1016/b978-012088390-5.50015-7>
50. McLean D., Albert P.G., Nakagawa T., Staff R.A., Suzuki T., Suigetsu 2006 Project Members, Smith V.C. **2016**. Identification of the Changbaishan ‘Millennium’ (B-Tm) eruption deposit in the Lake Suigetsu (SG06) sedimentary archive, Japan: synchronisation of hemispheric-wide palaeoclimate archives. *Quaternary Science Review*, 150: 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.08.022>
51. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Lyashevskaya M.S., Makarova T.R., Kudryavtseva E.P., Grebennikova T.A., Panichev A.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Malkov S.S. **2019a**. Climatic and human impacts on landscape development of the Murav’ev Amursky Peninsula (Russian South Far East) in the Middle/Late Holocene and historical time. *Quaternary International*, 516: 127–140. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.12.007>
52. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Bazarova V.B., Arslanov Kh.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Belyanina N.I., Lyashevskaya M.S. **2019b**. Landscape response to the Medieval Warm Period in the South Russian Far East. *Quaternary International*, 519: 215–231. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.12.006>
53. Shevchenko O.G., Orlova T.Yu., Hernánde-Becerril D.U. **2006**. The genus *Chaetoceros* (Bacillariophyta) from Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Botanica Marina*, 49: 236–258. <https://doi.org/10.1515/bot.2006.028>
54. Shumilovskikh L.S., Schlütz F., Achterberg I., Bauerochse A., Leuschner H.H. **2015**. Non-pollen palynomorphs from mid-Holocene peat of the raised bog Borsteler moor (lower Saxony, Germany). *Studia Quaternaria*, 32(1): 5–18. <https://doi.org/10.1515/squa-2015-0001>
55. Yamada K., Kamite M., Saito-Kato M., Okuno M., Shinozuka Y., Yasuda Y. **2010**. Late Holocene monsoonal-climate change inferred from Lakes Ni-no-Megata and San-no-Megata, northeastern Japan. *Quaternary International*, 220: 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.09.006>

Об авторах

РАЗЖИГАЕВА Надежда Глебовна (ORCID 0000-0001-7936-1797), доктор географических наук, главный научный сотрудник, ГАНЗЕЙ Лариса Анатольевна (ORCID 0000-0002-2538-6603), кандидат географических наук, ведущий научный сотрудник, МАКАРОВА Татьяна Ростиславовна (ORCID 0000-0003-2412-8714), кандидат географических наук, старший научный сотрудник, КОРНЮШЕНКО Татьяна Валерьевна (ORCID 0000-0001-5750-9762), ведущий инженер – лаборатория палеогеографии и геоморфологии, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН; КУДРЯВЦЕВА Екатерина Петровна (ORCID 0000-0003-4135-8300), старший научный сотрудник – лаборатория биогеографии и экологии, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН; ГАНЗЕЙ Кирилл Сергеевич (ORCID 0000-0002-4697-5255), кандидат географических наук, директор, Тихоокеанский институт географии ДВО РАН; СУДЬИН Владислав Витальевич (ORCID 0000-0001-9091-855X), младший научный сотрудник – лаборатория качества и надежности материалов для газопроводов и оборудования газовых месторождений, Институт металлургии и материаловедения имени А.А. Байкова РАН; ХАРЛАМОВ Андрей Александрович (ORCID 0000-0003-2623-5388), ведущий инженер – лаборатория цунами, Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН.

References

1. Akulichev V.A., Astakhov A.S., Malakhov M.I., Aksentov K.I., Karabtsov A.A., Mar'yash A.A., Alatorstev A.V. **2016**. The first discovery of cryptotephra of the catastrophic eruptions of the Baitoushan volcano in the tenth century A.D. in the shelf deposits of the Sea of Japan. *Doklady Earth Sciences*, 469(2): 887–891. <https://doi.org/10.1134/s1028334x16080201>
2. Balashova N.B., Kiselev G.A., Stepanova V.A., Tobias A.V. Benthic diatoms of the southern coast of the Gulf of Finland (Lebyazhiy nature reserve). **2016**. *Vestnik of St Petersburg University, Series 3, Biology*, 4: 9–25. (In Russ.). <https://doi.org/10.21638/11701/spbu03.2016.401>
3. Batarshchev S.V., Iakupov M.A., Dorofeeva N.A. **2011**. Arkheologiya ostrovov Iuzhnogo arhipelaga [Archeology of the islands of Southern archipelago]. In: *Dal'nii Vostok Rossii v drevnosti i srednevekov'e. Problemy, poiski, resheniya* [Russian Far East in ancient and medieval times. Problems, searches, solutions]. Vladivostok: OOO Reia, 41–48. (In Russ.).
4. Begun A.A., Maslennikov S.I., Kriuchkova A.B. **2011**. [Diatoms of the epiphyton of *Sargassum pallidum* (Turner) C. Agardh kelp in the Tikhaya zavod' Bay (Vostok Bay, Sea of Japan)]. *Nauchnye trudy Dal'rybvtuza* [Scientific transactions of the Far Eastern State Technical Fisheries University], 24: 13–19. (In Russ.).
5. Borzova L.M., Semkin B.I., Kovalyukh N.N. **1981**. Razvitie ostrovnykh rastitel'nykh soobshchestv v golotsene (na primere ostrova Bol'shoi Pelis) [Development of insular plant associations in the Holocene (by the example of Big Pelis Island)]. In: *Razvitie prirodnoi sredy v pleistotsene (iug Dal'nego Vostoka)* [Pleistocene development of the natural environment (the South of the Far East)]. Vladivostok: DVNTs AN SSSR [Far Eastern Scientific Center of the USSR AS], 127–134. (In Russ.).
6. Bromlei G.F., Vasil'ev N.G., Kharkevich S.S., Nechaev V.A. **1977**. [Flora and fauna of the Ussuriysk Nature Reserve]. Moscow: Nauka, 173 p. (In Russ.).
7. Bronk Ramsey C. **2017**. Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon*, 59(2): 1809–1833. <https://doi.org/10.1017/rdc.2017.108>
8. Buczkó K. **2007**. The occurrence of the epiphytic diatom *Lemnicola hungarica* on different European Lemnaceae species. *Fottea*, 7(1): 77–84. <https://doi.org/10.5507/fot.2007.007>
9. Chen X.-Y., Blockley S.P.E., Tarasov P.E., Xu Y.-G., McLean D., Tomlinson E.L., Albert P.G., Liu J.-Q., Müller S., Wagner M., Menzies M.A. **2016**. Clarifying the distal to proximal tephrochronology of the 'Millennium' (B-Tm) eruption, Changbaishan Volcano, northeast China. *Quaternary Geochronology*, 33: 61–75. <https://doi.org/10.1016/j.quageo.2016.02.003>
10. *Diatomovye vodorosli SSSR (iskopaemye i sovremennye)* [Diatoms of the USSR (fossil and modern)]. Vol. 1. **1974**. Leningrad: Nauka, 400 p. (In Russ.).
11. Ganzei K.S., Kiselyova A.G., Pshenichnikova N.F., Lyashchevskaya M.S., Rodnikova I.M., Ukhvatkina O.N., Yurchenko S.G. **2019a**. The geoecological status of *Abies holophylla* plantations and their role in the restoration of coniferous-broadleaved geosystems of Russky Island. *Geografiya i prirodnye resursy = Geography and Natural Resources*, 2: 59–68. [https://doi.org/10.21782/gipr0206-1619-2019-2\(59-68\)](https://doi.org/10.21782/gipr0206-1619-2019-2(59-68))
12. Ganzei K.S., Kiseleva A.G., Pshenichnikova N.F., Rodnikova I.M. **2019b**. Geoekologicheskii analiz landshaftov ostrova Shkota (Iaponskoe more) [Geoecological analysis of Shkot Island (the Sea of Japan) landscapes]. *Geoekologiya, inzhenernaia geologiya, gidrogeologiya, geokriologiya* [Geoecology, Engineering geology, Hydrogeology, Geocryology], 3: 63–74. (In Russ.). <https://doi.org/10.31857/s0869-78092019363-74>
13. Ganzei K.S., Zharikov V.V., Pshenichnikova N.F., Lebedev A.M., Kiseleva A.G. **2019c**. Landshaftnaia organizatsiia beregovoi geostrukturny ostrova Shkota (zaliv Petra Velikogo) [Landscape arrangement of the coastal geostructure of Shkot Island (Peter the Great Bay)]. In: *Geosistemy vostochnykh raionov Rossii: osobennosti ikh struktur i prostranstvennogo razvitiia* [Geosystems of the eastern areas of Russia: peculiarities of their structures and spatial development]. Vladivostok: TIG DVO RAN [PGI FEB RAS], 52–59. <https://doi.org/10.35735/tig.2019.65.23.006> (In Russ.).
14. Ganzei L.A., Razjigaeva N.G., Nishimura Yu., Grebennikova T.A., Kaistrenko V.M., Gorbunov A.O., Arslanov Kh.A., Chernov S.B., Naumov Yu.A. **2015**. Historical and paleo-tsunami deposits of the Eastern Primorye coast. *Russian J. of Pacific Geology*, 9(1): 64–79. <https://doi.org/10.1134/s1819714015010029>
15. Ganzei L.A., Razjigaeva N.G., Grebennikova T.A., Arslanov Kh.A., Ivanova E.D., Ganzei K.S. **2016**. Manifestation of historical tsunami on Russian Island, Sea of Japan. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia* [Successes of the Modern Natural Science], 5: 116–124. (In Russ.).
16. Grichuk V.P. **1940**. Metodika obrabotki osadochnykh porod, bednykh organicheskimi ostatkami, dlia tselei pyl'tsevoogo analiza [Methods of treatment of the sedimentary rocks, poor in organic remains, for the purposes of pollen analysis]. *Problemy fizicheskoi geografii* [Physical Geography Problems], 8: 53–58. (In Russ.).
17. Grimm E. **2004**. *Tilia software 2.0.2*. Springfield: Illinois State Museum Research and Collection Center.
18. Iida K. **1984**. *Catalog of tsunamis in Japan and its neighboring countries*. Toyota: Aichi Institute of Technology, 52 p.

19. Jia W. **2005**. *Transition from Foraging to Farming in Northeast China*. (PhD thesis). Sydney: University of Sydney.
20. Kharitonov V.G. **2010**. *Konspekt flory diatomovykh vodoroslei (Bacillariophyceae) Severnogo Okhotomora* [Summary of the diatom flora (Bacillariophyceae) of the Northern coast of the Okhotsk Sea]. Magadan: SVNTs DVO RAN [NESC FEB RAS], 189 p.
21. Korniyushenko T.V., Razjigaeva N.G., Ganzei L.A., Grebennikova T.A., Ganzei K.S., Kudryavtseva E.P. **2019**. Zapis' klimaticheskikh i antropogennykh izmenenii landshaftov srednego-pozdnego golotsena v lagunnykh otlozheniiakh ostrova Russkii (Primor'e) [Record of climatic and anthropogenic changes of the landscapes of late Holocene in the lagoonal deposits of Russky Island (Primorye)]. In: *Materialy V Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem "Dinamika ekosistem v golotsene"* [Proceedings of the fifth All-Russian scientific conference with international participation "The dynamics of ecosystems in the Holocene"]. Moscow: Media-PRESS, 149–151. (In Russ.).
22. Korotkii A.M., Grebennikova T.A., Pushkar' V.S., Razjigaeva N.G., Volkov V.G., Ganzei L.A., Mokhova L.M., Bazarova V.B., Makarova T.R. **1997**. [Climatic changes of the territory of Southern Far East in the late Pleistocene-Holocene]. *Vestnik DVO RAN = Vestnik of the Far East Branch of RAS*, 3: 121–143. (In Russ.).
23. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1986**. *Bacillariophyceae*. Teil 1: *Naviculaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 876 p. (In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H., Mollenhauer D. (eds) *Süßwasserflora von Mitteleuropa*; 2).
24. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1988**. *Bacillariophyceae*. Teil 2. *Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 536 p.
25. Krammer K., Lange-Bertalot H. **1991**. *Bacillariophyceae*. Teil 3. *Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Jena: Gustav Fischer Verlag, 576 p.
26. Krasnaia kniga Primorskogo kraia: Rastenii. Redkie i nakhodiashchiesia pod ugrozoi ischeznoventii vidy rastenii i gribov [Red data book of Primorsky Krai: Plants. Rare and endangered species of plants and fungi]. **2008**. Vladivostok: AVK "Apel'sin" ["Apelsin" Publ.], 688 p. (In Russ.).
27. Krestov P. V., Verkholat V.P. **2003**. *Redkie rastitel'nye soobshchestva Primor'ia i Priamur'ia* [Rare plants communities of Primorye and Priamurye]. Vladivostok: DVO RAN [FEB RAS], 200 c. (In Russ.).
28. Krupianko A.A., Piskareva I.A., Rakov V.A., Glukhov A.V., Krypianko A.A. **2016**. Novik-V site. Shell mound of Mokhe period. *Rossia i ATR = Russia and the Pacific*, (4): 34–48. (In Russ.).
29. Kuz'min I.A., Boldin V.I., Nikitin Iu.G. **2005**. Chronology of Cultures of the Early Iron Age and the Medieval Period of Primorye. *Rossia i ATR = Russia and the Pacific*, (4): 44–55. (In Russ.).
30. Lutaenko K.A., Zhushchikhovskaya I.S., Mikishin Yu.A., Popov A.N. **2007**. Mid-Holocene climatic changes and cultural dynamics in the basin of the Sea of Japan and adjacent areas. *Climate Change and Cultural Dynamics: A Global Perspective on Mid-Holocene Transitions*. Amsterdam: Elsevier, 331–406. <https://doi.org/10.1016/b978-012088390-5.50015-7>
31. Lyashchevskaya M.S. **2015**. Dynamics of vegetation of the Islands of Peter the Great Bay. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya* [Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Geographical Series], (3): 121–128. (In Russ.). <https://doi.org/10.15356/0373-2444-2015-3-121-128>
32. Lyashchevskaya M.S., Ganzei K.S., Makarova T.R. **2017a**. Paleogeographical reconstruction for Stenina Island (Sea of Japan) during Middle-Late Holocene. *Biodiversity and Environment of Far East Reserves*, 2(11): 3–20.
33. Lyashchevskaya M.S., Makarova T.R., Razjigaeva N.G., Ganzei L.A., Kudryavtseva E.P., Panichev A.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu. **2017b**. Development of Muravyov-Amursky Peninsula landscapes during Middle-Late Holocene based on research of coast Muravyinaya Bay sediments data. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia* [Successes of the Modern Natural Science], 2: 110–122.
34. McLean D., Albert P.G., Nakagawa T., Staff R.A., Suzuki T., Suigetsu 2006 Project Members, Smith V.C. **2016**. Identification of the Changbaishan 'Millennium' (B-Tm) eruption deposit in the Lake Suigetsu (SG06) sedimentary archive, Japan: synchronisation of hemispheric-wide palaeoclimate archives. *Quaternary Science Review*, 150: 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.08.022>
35. Mikishin Y.A., Gvozdeva I.G. **2014**. Mid to Late Holocene of Russky Island (Southern Primorye). *Fundamental'nye issledovaniia* [Basic Researches], 3-3: 516–522.
36. Mikishin Yu.A., Petrenko T.I., Gvozdeva I.G. **2019**. Late phase of atlantic period of the Holocene in Southern Primorye (Russian Far East). *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniia* [Successes of the Modern Natural Science], 12: 96–107.
37. Nedoluzhko V.A., Denisov N.I. **2001**. [Flora of the vascular plants of Russky Island (Peter the Great Bay in Sea of Japan)]. Vladivostok: Dal'nauka [Dalnauka Publ. House], 98 p.
38. Pokrovskaya I.M. **1966**. Metodika kameral'nykh rabot [A technique of cameral works]. In: *Paleopalinologiya* [Paleopalynology]. Leningrad: Nedra, vol. 1, 32–61.

39. Popov A.N., Lazin B.V. **2011**. [Archaeological researches on Russky Island in 2010–2011]. In: *Drevnosti po obe storony Velikogo okeana* [Antiquities on both sides of the Great Ocean]. Vladivostok: Izd. dom DVFU [FEFU Publ. house], 118–126.
40. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Makarova T.R., Panichev A.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov K.A., Maksimov F.E., Starikoiva A.A. **2016**. The development of landscapes of the Shkotovo Plateau of Sikhote-Alin in the Late Holocene. *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya* = *Bulletin of the Russian Academy of Sciences: Geographical Series*, 3: 65–80. (In Russ.).
<https://doi.org/10.15356/0373-2444-2016-3-65-80>
41. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Lyashevskaya M.S., Makarova T.R., Kudryavtseva E.P., Grebennikova T.A., Panichev A.M., Arslanov K.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Malkov S.S. **2019a**. Climatic and human impacts on landscape development of the Murav'ev Amursky Peninsula (Russian South Far East) in the Middle/Late Holocene and historical time. *Quaternary International*, 516: 127–140.
<https://doi.org/10.1016/j.quaint.2017.12.007>
42. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Bazarova V.B., Arslanov K.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Belyanina N.I., Lyashevskaya M.S. **2019b**. Landscape response to the Medieval Warm Period in the South Russian Far East. *Quaternary International*, 519: 215–231. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2018.12.006>
43. Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kudryavtseva E.P., Kopoteva T.A., Klimin M.A., Arslanov K.A., Maksimov F.E., Petrov A.Y. **2019**. Development of the natural environment of midlands of the Southern Sikhote-Alin recorded in the Sergeev Plateau peat bogs. *Russian J. of Pacific Geology*, 13(1): 11–28. <https://doi.org/10.1134/s1819714019010056>
44. Rodnikova I.M., Lyashevskaya M.S., Kiseleva A.G., Pshenichnikova N.F. **2012**. The state and dynamics of the soil-vegetation cover on small islands of the gulf of Peter the Great (the Sea of Japan). *Geography and Natural Resources*, 33(1): 61–66.
45. Sakhno V.G. **2007**. [Pektusan volcano: chronology of eruptions, magmatic composition and evolution on the grounds of K–AR dating and the $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $\delta^{18}\text{O}$ isotopes]. *Doklady AN = Doklady Earth Sciences*, 412(2): 226–233. (In Russ.).
46. Sergusheva E.A., Riabogina N.E., Liashchevskaya M.S., Gol'eva A.A. **2016**. Argumentation of agriculture in archaeological sites of Priamurye and Primorye: results of paleobotanical method application. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta* [Tomsk State University Journal], 402: 99–108. (In Russ.).
<https://doi.org/10.17223/15617793/402/14>
47. Shevchenko O.G., Orlova T.Yu., Herná'ndez-Becerril D.U. **2006**. The genus *Chaetoceros* (Bacillariophyta) from Peter the Great Bay, Sea of Japan. *Botanica Marina*, 49: 236–258.
<https://doi.org/10.1515/bot.2006.028>
48. Shumilovskikh L.S., Schlütz F., Achterberg I., Bauerochse A., Leuschner H.H. **2015**. Non-pollen palynomorphs from mid-Holocene peat of the raised bog Borsteler moor (lower Saxony, Germany). *Studia Quaternaria*, 32(1): 5–18. <https://doi.org/10.1515/squa-2015-0001>
49. Stratievskii O.B. **2012**. *Russkii – ostrov arhipelaga Imperatritsy Evgenii* [Russky – the island of the archipelago of Empress Eugénie]. Vladivostok: Izd. dom DVFU [FEFU Publ. House], 704 p.
50. Tsoi I.B., Obrezkova M.S. **2017**. *Atlas diatomovykh vodoroslei i silikoflagellat golotsenovykh osadkov morei Vostochnoi Arktiki Rossii* [Atlas of diatoms and silicoflagellates from Holocene sediments of the Russian East Arctic seas]. Vladivostok: TOI DVO RAN = POI FEB RAS, 146 p.
51. Vasil'eva L.N. **1953**. [The crop plants rust on the Far East and its control]. *Komarovskie chteniia* [Komarov readings], 3: 23–42. (In Russ.).
52. Velichko A.A. **2012**. *Evolutsionnaya geografiya: problemy i resheniia* [Evolutionary geography: problems and solutions]. Moscow: GEOS, 563 p. (In Russ.).
53. Vostretsov Yu.E. **2009**. First cultivators in the coast of Peter the Great Bay. *Vestnik NGU, Seriya Istoriia, Filologiya* [Vestnik NSU, Series: History and Philology], 8(3): 113–120. (In Russ.).
54. Yamada K., Kamite M., Saito-Kato M., Okuno M., Shinozuka Y., Yasuda Y. **2010**. Late Holocene monsoonal-climate change inferred from Lakes Ni-no-Megata and San-no-Megata, northeastern Japan. *Quaternary International*, 220: 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2009.09.006>
55. Zhudova P.P. **1967**. [The vegetation and flora of the Sudzhinskii State Nature Reserve in Primorsky Krai]. *Trudy Sikhote-Alinskogo gosudarstvennogo zapovednika* [Transactions of the Sikhote-Alin Reserve], 4: 1–306. (In Russ.).