УДК 911.2 (571.64)

ПРОЯВЛЕНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ И ПРИРОДНЫХ КАТАСТРОФ В ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ НА ЮГЕ о. УРУП (Курильские острова)

*Н. Г. Разжигаева¹, Л. А. Ганзей¹, Т. А. Гребенникова¹, Н. И. Белянина¹, К. С. Ганзей¹,
В. М. Кайстренко², Х. А. Арсланов³, Ф. Е. Максимов³, А. В. Рыбин²*

¹ФГБУН Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, г. Владивосток

E-mail: nadyar@tigdvo.ru

²ФГБУН Институт морской геологии и геофизики ДВО РАН, г. Южно-Сахалинск

E-mail: vict-k@mail.ru

³ФГБОУВО Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург

E-mail: arslanovkh@mail.ru

Восстановлен ход развития ландшафтов в позднем голоцене о. Уруп, расположенном около биогеографической границы между Южными и Центральными Курилами. Возраст событий определен на основе радиоуглеродного датирования и данных тефростратиграфии. В начале позднего голоцена на юге острова были березовые леса с участием дуба и других широколиственных, большие площади занимали разнотравные луга. В условиях похолодания 3250 л. н. ландшафтообразующим становится кедровый стланник, с рубежа 2490 л. н. в обилии появляется *Selaginella selaginoides*. Широколиственные исчезли в малый ледниковый период, широкое распространение получили верещатники. Выделены 8 стадий развития палеоозера на побережье бух. Осьма: обводнения были связаны с теплыми эпизодами (3660–3590, 3450–3180, 2960–2840 и 2410–2260 л. н.), обмеления происходили в похолодания со снижением увлажнения (3590–3450, 3180–2960, 2840–2410 и 2260–2150 л. н.). Образование дюнной гряды началось в наиболее длительное похолодание позднего голоцена, сопровождавшееся малоамплитудной регрессией. Стабилизация дюн с формированием погребенной почвы происходила приблизительно 2340–2260 л. н. Молодая генерация эоловых песков образовалась в малый ледниковый период. Определен экологический эффект вулканических пеплопадов. Наибольшее воздействие на биотические компоненты ландшафтов оказало извержение, произошедшее на севере Итурупа примерно 2100–2300 л. н. Установлен возраст четырех наиболее сильных цунами за последние 3660 л. н., связанных с землетрясениями, очаги которых находились около или южнее о. Уруп. Определено экологическое воздействие инъекций морской воды на развитие микрофлоры берегового озера.

Ключевые слова: палеоозеро, палеоландшафты, климатические изменения, природные катастрофы, хронология, поздний голоцен, Курильские острова.

DOI: 10.34078/1814-0998-2019-3-37-53

ВВЕДЕНИЕ

Одними из информативных объектов, чутко реагирующих на короткопериодные малоамплитудные изменения климата, являются экотоны, расположенные на границах ландшафтных зон или поясов. Особый интерес в этом отношении представляют океанические острова, разделенные глубокими проливами, существовавшими при понижении уровня моря в последнюю ледниковую эпоху. Происходили ли существенные изменения в ландшафтах в пределах длительно изолированных территорий за последние тысячелетия и ка-

ким образом развивалась растительность на островах, расположенных около биогеографических границ? Найти ответ на эти вопросы – такая цель была поставлена при изучении палеоландшафтных смен на юге о. Уруп в условиях интенсивного проявления природных катастроф. Этот остров вместе с северной частью о. Итуруп выделяется в особый флористический район, который тяготеет по составу флоры к Южным Курилам, в то же время здесь распространены виды, характерные для Центральных и Северных Курил. Севернее о. Уруп проходит резкое изменение в составе флоры и выделяется важная биогеографическая граница, проведенная по проливу Буссоль (Баркалов, 2009). В отличие от других островов (Короткий и др., 2000; Razjigaeva et al., 2013; Anderson et al.,

2015; Lozhkin et al., 2017) для этой части Большой Курильской гряды мало данных по стратиграфии отложений голоцена. Реконструкции для последних 3300 л. сделаны только для центральной части о. Уруп (Cherepanova et al., 2009).

Из азональных факторов, обуславливающих развитие ландшафтов на Курильских островах, наиболее важными являются вулканические извержения (Левин и др., 2010; Ганзей, 2015). Определенный вклад в развитие ландшафтов побережья вносят цунами, вызывающие интенсивную эрозию и образование покровных отложений, протягивающихся далеко за пределы зоны влияния сильных штормов. Примерами последних событий, которые можно отнести к природным катастрофам, являлись цунами 2006–2007 гг. и извержение влк. Пик Сарычева в 2009 г. (Левин и др., 2008б, 2010; MacInnes et al., 2009). Данные о проявлении природных катастроф на о. Уруп ограничены историческими сведениями (Горшков, 1967; Соловьев, 1978; Новейший..., 2005) и результатами, полученными при изучении археологических стоянок (Fitzhugh et al., 2002). **Тефру из разрезов почвенно-пирокластических чехлов** изучали японские исследователи (Nakagawa et al., 2008).

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА

Остров Уруп входит в группу Южных Курильских островов, вытянут в северо-восточном направлении, длина составляет 116 км, ширина – до 20 км, площадь 1430 км². Отделен от ближайших островов проливами Фриза (глубина до 500 м) и Уруп (глубина до 100 м). Здесь распространен вулканотектонический среднегорный рельеф. К низкогорному рельефу принадлежат отроги хребтов Шокальского, Петра Шмидта, Криштофовича и Компанейский. На побережье выделяются морские террасы (высота от 40 до 300 м).

В результате геолого-съёмочных работ с широким применением К-Аг датирования было установлено, что магматическая активность на острове проявлялась только последние 10 млн лет (Ковтунович и др., 2004). К действующим вулканам относятся влк. Берга, Трезубец и Колокол (Новейший..., 2005).

Климат морской, суровый для своих широт, в основном определяется влиянием Охотского моря и холодного течения Оясио. Продолжительность солнечного сияния на 50–80% меньше, чем в местах на той же широте на континенте. Среднегодовая температура, сумма активных температур (табл. 1) более чем в 2 раза ниже, чем на Итуруп и Кунашире. Теплообеспеченность отдельных урочищ в центре острова может быть существенно выше. Годовое количество осадков 1015–1230 мм, в зимний период выпадает в 2–2.5 раза меньше, чем в летний. Снежный покров достигает 76 см. Среднее число дней с сильным ветром (≥ 15 м/с) – 114 в году, наибольшее число дней – 145 (Справочник..., 1970; Научно-прикладной..., 1990).

Большая часть острова покрыта каменноберезняками (абс. высота до 500 м) (Урусов, Чипизубова, 2000; Баркалов, 2009). В качестве примеси встречаются *Sorbus sambucifolia* Cham. et Schlecht., *Cerasus nipponica* (Matsum.), *Acer mayrii* Schwer., *A. ukurunduense* Trautv. et C. A. Mey., местами – *Taxus cuspidata* Siebold et Zucc. В подлеске *Pinus pumila* (Pall.) Regel, *Duschekia maximowiczii* (Call. ex C. K. Schneid.) Pouzar, *Euonymus macroptera* Rupr., *E. alata* (Thunb. ex Murray) Siebold, *Ilex rugosa* Fr. Schmidt, *I. crenata* Thunb., *Lonicera chamissoi* Bunge ex P. Kir., *L. caerulea* L., *Skimmia repens* Nakai. На высоте 300–800 м развиты заросли кедрового стланика. Местами распространены сообщества из ольховника. Верхний пояс занят верещатниками. В центральной части широко распространены бамбучники (*Sasa kurilensis* (Rupr.) Makino et Shibata).

Северная и южная оконечности острова покрыты разнотравными лугами с редкими куртинами кедрового стланика. На п-ове Кастрикум представлены тундровые сообщества. На п-ове Ван-дер-Линд местами встречаются шикшевики, в защищенных от ветра местообитаниях – ольховник. В луговой растительности участвуют *Anemonastrum villosissimum* (DC.) Holub, *Cypripedium macranthon* Sw., *Angelica ursina* (Rupr.) Maxim., *Sasa kurilensis*, *Sorbus sambucifolia* Cham. et Schlecht., *Carex* sp., *Fritillaria camschatcensis* (L.)

Таблица 1. Климатические характеристики о. Уруп (Справочник..., 1970; Научно-прикладной..., 1990; Урусов, Чипизубова, 2000)

Table 1. Climatic characteristics of Urup Island (Reference..., 1970; Applied Scientific..., 1990; Urusov, Chipizubova, 2000)

Местоположение метеостанции	Средняя годовая температура, °С	Минимальная температура, °С	Максимальная температура, °С	Средняя температура января, °С	Средняя температура августа, °С	Сумма активных температур, °С	Среднее годовое кол-во осадков, мм
Север	2.2	-18	30	-6.6	11.1	543	1230
Юг	2.7	-21	26	-6.3	12	696	1040

Ker-Gawl., *Dactylorhiza aristata* (Fisch. ex Lindl.) Soó, *Ledum hypoleucum* Kom., *Maianthemum dilatatum* (Wood) Nels. et Macbr., *Empetrum sibiricum* V. Vassil., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Vaccinium uliginosum* L., *Cirsium kamtschaticum* Ledeb. ex DC., *Ranunculus repens* L., *Viola* sp.

Высокотравные сообщества в долинах водотоков представлены *Petasites japonicus* (Siebold et Zucc.) Maxim.; у подножья клифов – *Filipendula camtschatica* (Pall.) Maxim. и *Cacalia robusta* Tolm. Наиболее крупные болота с многочисленными озерами расположены в южной части острова на уплощенных поверхностях (высота до 320 м), сложенных слабопроницаемыми породами.

Сведения о природных катастрофах на острове ограничены историческим временем. Наиболее опасным считается влк. Берга, известны извержения в 1845–1846, 1894, 1946, 1951/1952, 1970, 1973, 2005 г. (Горшков, 1967; Рыбин и др., 2017). В 1924 г. извергался влк. Трезубец (Горшков, 1967). Крупные цунами связаны с сильными подводными землетрясениями, эпицентры которых находились на близлежащих участках континентального склона. Имеются описания ряда цу-

намигенных землетрясений: 29.06.1780 (М 7.5, заплеск до 12 м, судно Российско-Американской компании «Св. Наталия» было унесено на 400 м в глубь суши), 25.04.1843 (М 8.4), 8.09.1918 (М 8.2, заплеск до 12 м) (Соловьев, 1978). Сильные подводные землетрясения (М 8.1 и 7.2) произошли 13 и 20 октября 1963 г., первое вызвало цунами высотой до 5 м, величина заплеска второго на м. Ван-дер-Линд достигла 15 м (Соловьев, 1978). Симуширское цунами 15.11.2006 г. на о. Уруп проявилось слабо, высота заплеска не превышала 2 м (Левин и др., 2008б).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалы для палеореконокструкций были получены в ходе экспедиций 2007, 2008 и 2009 г. (Левин и др., 2008а). В качестве опорного выбран разрез торфяника 307 на побережье бух. Осьма, расположенный в 300 м от уреза ($45^{\circ}35'068''$ с. ш., $149^{\circ}26'813''$ в. д.) (рис. 1). Высотные отметки определяли с помощью нивелирования с фиксированием абсолютной высоты завалов из бревен, обнаруженных во врезе ручья среди дюн.

Рис. 1. Район работ (а–г) и строение изученных разрезов: 1 – торф; 2 – песок; 3 – торф со щебнем; 4 – тефра песчаной размерности; 5 – тефра алевритовой размерности

Fig. 1. Study area and structure of studied sections (a–g): 1 – peat; 2 – sand; 3 – peat with rubbles; 4 – sand-size tephra; 5 – silt-size tephra

Были описаны также разрезы дюн (45°35'023" с. ш., 149°26'896" в. д.) и торфяника в долине ручья (45°35'091" с. ш., 149°26'831" в. д.). Проведено опробование современного пляжа. Изучали также разрез торфяника 3709 заболоченной седловины на высоте 40 м (45°34'778" с. ш., 149°24'957" в. д.) на п-ове Ван-дер-Линд. Для корреляции событий привлекали данные по дюнно-му полю на побережье бух. Новокурильская.

Разрезы торфяников отобраны с шагом 4–5 см на биостратиграфические анализы, также взяты пробы тефры и прослоев цунамигенных песков. Изменения обстановок осадконакопления восстановлены на основе диатомового анализа. Постоянные препараты подготавливали по стандартной методике (Диатомовые..., 1974). Видовой состав диатомовых водорослей определяли с помощью микроскопа Аxiосcor, при увеличении 1000.

Подготовку проб для спорово-пыльцевого анализа проводили с использованием тяжелой жидкости с удельным весом 2.2 г/см³ (Покровская, 1966). Устанавливали соотношение трех групп: пыльцы древесных (AP), трав и кустарничков (NAP) и спор. Процентное содержание таксонов подсчитывали для каждой группы. Диаграмма построена по программе Tilia v. 2–0–41 (Grimm, 2004).

Возраст отложений определен на основе радиоуглеродного датирования торфа, выполненного в Институте наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета (табл. 2).

дисперсионного анализатора X-MAX 80 (Oxford Inst., UK) в Радиовом институте им. В. Г. Хлопина, г. Санкт-Петербург.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Строение разрезов, тефростратиграфия, хронология и скорости торфонакопления. Бухта Осьма относится к открытому типу. В вершину впадают два ручья, устья смещены к юго-западу за счет продольного потока наносов. Здесь развит пляж полного профиля (шириной до 150 м), прислоненный к гряде задернованных дюн (высотой до 15 м). Современный штормовой вал (высотой до 2.7 м) располагается в 80–140 м от уреза. В дюнах хорошо выражена почва (мощностью до 0.8 м), погребенная эоловым песком (до 3 м).

В западной части бухты за дюнным полем располагается заболоченная терраса (высотой 7.5 м), возникшая на месте заросшего озера барьерного типа. Здесь развито осоково-пушицево-сфагновое болото с *Eriophorum* cf. *vaginatum* L., *Andromeda polifolia* L., *Coptis trifolia* (L.) Salisb., *Dactylorhiza aristata*, *Empetrum sibiricum*, *Lysichiton camtschaticense* (L.) Schott, *Pedicularis labradorica* Wirsing, *Ranunculus repens* L., *Sanguisorba tenuifolia* Fisch. ex Link, *Sieversia pentapetala* (L.) Greene, *Vaccinium uliginosum* L., *Veratrum* sp., *Viola biflora* L. В кустарниковом ярусе отмечены *Juniperus sibirica* Burgsd., *Rhododendron aureum* Georgi, много молодой поросли кедрового стла-

Таблица 2. Список радиоуглеродных дат из разрезов голоценовых отложений о. Уруп

Table 2. List of radiocarbon dates from Holocene deposit sections of Urup Island

Номер образца	Глубина, м	Материал	¹⁴ C-дата, л. н.	¹⁴ C-дата кал. л. н. (2σ)	Лаб. номер
0/307	Завал бревен во врезе ручья	Древесина	180±40	< 300	ЛУ-6456
1/307	0.40–0.42	Торф	1100±60	1030±70	ЛУ-5946
2/307	0.80–0.82	То же	2280±90	2300±140	ЛУ-5947
3/307	1.22–1.23	- " -	2820±90	2960±110	ЛУ-5948
4/307	1.30–1.33	- " -	3010±90	3190±120	ЛУ-5949
5/307	1.70–1.75	- " -	3380±110	3640±140	ЛУ-5950
1/3709	0.44–0.45	- " -	1210±100	1130±100	ЛУ-6254
2/3709	0.65–0.66	- " -	2140±110	2130±140	ЛУ-6257
3/3709	0.98–1.00	- " -	4160±80	4680±100	ЛУ-6302
4/3709	1.30–1.35	- " -	6490±80	7400±80	ЛУ-6303
1/7508	0.89–0.94	Почва	2490±70	2560±110	ЛУ-6106
2/7508	1.18–1.23	То же	910±60	830±60	ЛУ-6105

Калибровка радиоуглеродных дат сделана в программе OxCal 4.3 с калибровочной кривой IntCal 13 (Bronk Ramsey, 2017). При определении хронологии событий использован калиброванный возраст, полученный по модели «глубина – возраст» по программе Bacon 2 (Blaauw, Christen, 2011).

При корреляции прослоев тефры использовали данные по химическому составу вулканического стекла. Сканирующую электронную микроскопию и рентгеноспектральный микроанализ выполняли на приборе LEO SUPRA 50 VP (Carl Zeiss, Германия) с использованием энерго-

ника. Около ручья встречаются *Lonicera caerulea* L., *Cirsium kamtschaticum* Ledeb. ex DC., *Anemonastrum vilosissimum*, *Trientalis europaea* L.

Террасу окаймляют древние береговые уступы, сформированные в максимальную фазу голоценовой трансгрессии. Здесь встречаются заросли ольховника и кедрового стланика, в покрове – *Anemonastrum vilosissimum*, *Sasa kurilensis*, *Cirsium kamtschaticum* Ledeb. ex DC., *Sorbus sambucifolia*, *Ranunculus repens*.

Шурф заложен на болоте в 100 м от дюнной гряды на высоте 7.5 м (рис. 1). Из разреза по-

лучено пять ^{14}C -дат, свидетельствующих о том, что запись событий охватывает примерно 3660 л. (см. табл. 2; рис. 2). Временное разрешение реконструкций составляет от 70–80 л. (стадии развития водоема) до 110–180 л. (развитие болота последние 1200 л.). Скорости торфонакопления менялись от 0.6–0.7 до 0.3 мм/год.

Седловину занимает кустарничково-осоковое болото с *Empetrum sibiricum*, *Vaccinium uliginosum* L. Торфяник начал формироваться в среднем голоцене (^{14}C -дата 6490 ± 80 л., 7400 ± 80 кал. л., ЛУ-6303). Скорость торфонакопления на начальном этапе была ниже (0.1 мм/год), чем в береговом торфянике. Последние 1170 л. – 0.3 мм/год.

Наиболее мощный пепел в разрезах торфяников (до 30 см) сложен светло-серым желтоватым разноразмерным песком с пемзой (до 8 мм) и двумя тонкими прослоями темно-серого цвета. Вулканическое стекло имеет риолитовый (SiO_2 74.52–77.99%) среднекалийный (K_2O 1.45–1.81) состав (табл. 3). Из подстилающего торфа получены ^{14}C -даты 2280 ± 90 л., 2300 ± 140 кал. л., ЛУ-5947; 2140 ± 110 л., 2130 ± 140 кал. л., ЛУ-6257, что хорошо сопоставляется с данными из археологических стоянок на юге о. Уруп – 2178 ± 42 л.,

2290 ± 43 кал. л. (Fitzhugh et al., 2002). Из вышележащего торфа в седловине получена ^{14}C -дата 1210 ± 100 л., 1130 ± 100 кал. л., ЛУ-6254, свидетельствующая о длительном перерыве в торфонакоплении после пеплопада. Слой этой тефры (мощностью 0.35 м) залегает в погребенной почве в дюнах.

В береговом торфянике найден пепел Уг-3 (мощность до 5 см), сложенный зеленовато-серым мелкозернистым глинистым песком, под которым получена ^{14}C -дата 1100 ± 60 л., 1030 ± 70 кал. л., ЛУ-5946. Состав вулканического стекла отвечает андезитам (SiO_2 58.46–60.52%) средней калийности (K_2O 0.84–1.69%) (см. табл. 3). В торфянике седловины встречен пепел Уг-2, представленный зеленовато-серым алевритом (мощность 1 см). Вулканическое стекло имеет андезитовый состав с более низким содержанием SiO_2 – 54.81–58.72% и K_2O – 0.60–0.84%. Возраст извержения оценивается примерно 580 л. н.

В верхних частях разрезов хорошо выражен слой вулканического пепла (мощность 1 см), представленный светло-серым алевритом. Вулканическое стекло имеет риолитовый состав (SiO_2 75.29–77.77%) с повышенным содержанием K_2O

Рис. 2. Возрастная модель накопления органогенных отложений в южной части о. Уруп: а – палеозеро на побережье бух. Осьма; б – заболоченная седловина на п-ове Ван-дер-Линд. Границы областей – 95%-ный доверительный интервал

Fig. 2. Age-depth model of organogenic deposition in the southern part of Urup Island: а – paleolake on the coast of the Osma Bay; б – swampy depression on the Van-der-Lind Peninsula. Area boundaries – 95% confidence interval

Таблица 3. Химический состав вулканического стекла из прослоев тефры в разрезах торфяников о. Уруп, мас. %

Table 3. Chemical composition of volcanic glass from tephra layers of peat bog sections, Urup Island, wt. %

Номер образца (кол-во анализов)	Глубина, м	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	FeO^*	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	Индекс тефры
2а/307 (7)	0.15–0.16	77.07	0.32	12.97	1.77	nd	nd	1.78	3.73	2.36	Ta-a
6/306 (9)	0.35–0.40	60.07	1.02	16.70	7.55	0.30	2.65	6.29	4.08	1.34	Ur-3
11/307 (12)	0.48–0.78	78.28	0.29	12.72	1.55	nd	nd	1.51	3.88	1.66	CKr
5а/3709 (9)	0.27–0.28	58.01	0.87	19.67	6.45	0.26	2.11	8.08	8.94	0.80	Ur-2

Примечание. Данные пересчитаны на 100%; FeO^* – общее Fe; nd – ниже предела чувствительности анализа.

(2.42–2.54%) (см. табл. 3). Источником, вероятно, было мощное плинианское извержение влк. Тарумаи, о. Хоккайдо, в 1739 г., маркирующий пепел **Та-а широко распространен на Южных Курилах** (Razzhigaeva et al., 2016).

Тефра Ur-1 одного из исторических извержений близлежащих вулканов встречена в основании дернины в седловине в виде рассеянного белого крупнозернистого песка. Вероятно, это следы извержения влк. Берга зимой 1951/52 г., сопровождавшегося мощными выбросами пепла (до 20 см) (Горшков, 1967).

Данные по тефростратиграфии торфяников хорошо сопоставляются с результатами изучения почвенно-пирокластического чехла на берегу зал. Щукина, юго-запад о. Уруп (Nakagawa et al., 2008). Наиболее мощному прослою тефры дан индекс СКг. Источником располагался на севере о. Итуруп, сектор разноса пеплопада был направлен на северо-восток.

Разрез 307 на побережье включает несколько прослоев цунамигенных песков. В интервале 0.80–1.10 м торф содержит большое количество тонких прослоев и линз зеленовато-серого мелкозернистого хорошо сортированного золотого песка.

Диатомовый анализ. В отложениях разреза были определены 193 таксона пресноводных диатомей и 16 морских и солоноватоводных. Среди пресноводных преобладают виды обрастаний (99), донных обнаружены 84 формы, планктонных и временно планктонных – 10 видов. По отношению к солености преобладают олигогалобы, среди которых главенствуют виды-индифференты (115), галофобов – 29, галофилов – 19. Встречены единичные створки мезогалобов. По отношению к pH первостепенное место занимают алкалифилы (71), циркумнейтральных найдено 66 видов, ацидофилов 42. По географическому распространению доминируют космополиты, бореальных 29 таксонов, арктобореальных 16 видов. Выделены следующие комплексы, отвечающие развитию озерно-болотных обстановок (рис. 3):

комплекс 1 (1.10–1.85 м, 3660–2840 л. н.) свидетельствует о существовании мелководного пресного озера, заросшего макрофитами. Встречено 160 таксонов. Флора представлена в основном олигогалобами. Преобладают виды обрастаний и донные. Большинство видов относится к индифферентам (до 88%). По отношению к pH среды преобладают алкалифилы и циркумнейтральные формы. По видовому богатству наиболее представительны эпифиты (91 таксон) и донные (64). Планктонные и временно планктонные представлены 10 видами, 7 из рода *Aulacoseira*. Доминируют планктонный *Aulacoseira granulata*, донный *Pinnularia viridis* и эпифиты *Stauroforma exiguiformis* и *Staurosira venter*. Субдоминантами являются обрастатели *Staurosira subsalina*, *Cocconeis placentula* var. *lineata*, *Encyonema gra-*

cile, *Cymbella aspera*, *Cymbopleura naviculiformis*, *C. inaequalis* и донные *Diploneis elliptica*, *D. ovalis*. Питание водоема осуществлялось за счет поступления вод ручья, о чем свидетельствует постоянное присутствие типичных реофилов, таких как *Meridion circulare*, *Staurosirella martyi*, *Odontidium hyemale*, *O. mesodon*.

В развитии озера выделяются 5 стадий: 3 соответствуют периодам обводнения и 2 – периодам обмеления. Каждое последующее обводнение было менее значительным, что фиксируется по снижению содержания планктонных видов и возрастанию доли эпифитов и донных. Если в первую фазу обводнения участие планктонных достигало 50%, то во вторую и третью фазы содержание их снижалось до 30 и 8% соответственно. Для периодов обмеления озера характерны резкое сокращение количества створок планктонных диатомей (от 6 до 2–3%) и рост доли обитателей дна (от 29.5 до 73%). Здесь же отмечается наиболее высокое содержание ацидофилов, в основном видов рода *Eunotia*, что указывает на заболачивание берегов;

комплекс 2 (0.95–1.10 м, 2840–2410 л. н.) характеризуется снижением видового богатства диатомей (54 таксона). Преобладают донные виды (до 88%), доля планктонных около 1.3%, возрастает доля ацидофилов и галофобов. Доминируют донные *Pinnularia viridis*, *P. borealis*, *P. isostauron*, *P. subcapitata*, *P. divergentissima*, *Diploneis elliptica*, *D. ovalis*, а из обрастателей – *Eunotia praeurupta*. В кровле слоя появляется аэрофил *Diatomella balfouriana*. Резко сокращается участие эпифитов, исчезают некоторые реофильные виды. Комплекс свидетельствует о деградации озера с признаками заболачивания, обусловленными похолоданием климата;

комплекс 3 (0.78–0.95 м, 2410–2150 л. н.). В нижней части (0.85–0.95 м) список диатомей включает 43 таксона. Содержание донных видов и обрастаний находится приблизительно в равных долях. Доминируют характерные для мелководных водоемов донные *Navicula natchikae*, *Diploneis elliptica*, *D. ovalis*, а из обрастателей – *Stauroforma exiguiformis* и *Staurosira subsalina*. Более широким становится список обычных для стоячих и текущих вод видов родов *Cymbella* и *Encyonema*, в то время как участие видов *Eunotia* и *Pinnularia* существенно снижается. Доля ацидофилов снижается, изменения в составе диатомей могут указывать на увеличение обводнения озера.

В верхней части (0.78–0.85 м, 2260–2150 л. н.) в заметном количестве обнаружены космополит *Pinnularia viridis*, арктобореальные *Pinnularia divergentissima*, *P. isostauron*, населяющие олиготрофные дистрофические воды, что указывает на обмеление водоема. В цунамигенном песке появляются предпочитающий щелочные воды донный *Hyppodonta hungarica* и аэрофил

Рис. 3. Распределение диатомей в отложениях палеозера (разрез 307) на побережье бух. Осьма, о. Уруп: 1 – планктон; 2 – донные; 3 – обрастания; 4 – галофобы; 5 – индифференты; 6 – галофилы; 7 – ацидофилы; 8 – циркумнейтральные; 9 – алкалофилы

Fig. 3. Distribution of diatoms in the paleolake deposits (section 307) on the Osma Bay coast, Urup Island: 1 – plankton; 2 – bottom; 3 – epiphytes; 4 – halophobous; 5 – indifferent; 6 – halophilous; 7 – acidophilous; 8 – circumneutral; 9 – alcaliphylous

Humidophila laevisissima, способный обитать на влажной моховой подушке, камнях, почве (Krammer, Lange-Bertalot, 1986).

В слое тефры СКг (0.48–0.78 м) найдены единичные створки диатомей;

комплекс 4 (0.18–0.48 м, 1280–240 л. н.). Состав диатомей включает 49 таксонов и характеризуется ростом богатства и содержания видов родов *Pinnularia* (16 форм – до 65%) и *Eunotia* (14 форм – до 28%), что свидетельствует о развитии болотных обстановок. В верхней части повысилось содержание ацидофилов. Одним из доминирующих видов стал аэрофил *Humidophila laevisissima*. Виды родов *Cymbella* и *Encyonema* указывают на периодическое поступление проточных вод. Наиболее сильное обводнение наблюдается в интервале 0.28–0.35 м, где заметно возрастает содержание *Navicula natchikae*, появляются *Stauroforma exiguiformis*, *Rhopalodia gibberula*, *Gomphonema gracile*;

комплекс 5 (0–0.18 м, последние 240 л.) характеризуется резким сокращением видового богатства диатомей (20 таксонов), существенно снижается насыщенность осадков створками. Доминируют *Pinnularia borealis*, *P. isostauron*, *Humidophila laevisissima*, *Eunotia praerupta*; появляется *Diademsis contenta*, что свидетельствует об иссушении болота. В дернине возрастает содержание *Pinnularia divergentissima*, *P. subcapitata*, *Eunotia exigua*, что говорит о более влажных условиях.

Спорово-пыльцевой анализ. По изменению соотношения пыльцы и спор по разрезу выделены 4 палинозоны, отражающие смену ландшафтов (рис. 4).

Палинозона Ur-1 (интервал 1.50–1.85 м, 3660–3250 л. н.) отвечает развитию березовых лесов с участием дуба, ильма, ореха. В покрове были распространены бамбучник, местами – папоротники, дерен. Большие площади занимали разнотравные луга богатого видового состава с преобладанием представителей семейств злаковых, сложноцветных, зонтичных. Существенную долю в ландшафте занимал кедровый стланик. На побережье и в долинах ручьев было много ольхи. На начальном этапе болото было осоковым, в кустарниковом ярусе участвовали восковник, жимолость, морощка; был распространен хвощ. При снижении уровня грунтовых вод вспышку дали *Selaginella selaginoides*, на осушенных участках стала распространенной вахта. Появился можжевельник. Моховой покров формировался к концу фазы.

Палинозона Ur-2 (интервал 1.00–1.50 м, 3250–2490 л. н.) отличается сокращением содержания пыльцы берез и широколиственных пород. Кедровый стланик стал доминировать в окружении

палеоозера в условиях похолодания. В основании много пыльцы *Picea* (до 13%). Среди пыльцы трав снижается содержание пыльцы таксонов *Cyperaceae*, *Ranunculaceae*, *Apiaceae*, предпочитающих влажные местообитания, в опесчаненной части торфяника увеличивается доля *Poaceae*, *Asteraceae*. В небольшом количестве встречается пыльца водных растений (*Potamogeton*, *Sparganium*), которые в обилии развивались в обмелевшем водоеме. В нижней части среди спор преобладает *Polypodiaceae*. Папоротники с *Geranium* характерны для куртин кедрового стланика. Встречаются споры сфагновых мхов, практически исчезнувших после образования песчаных покровов. В верхней части, где встречены песчаные прослои, резко увеличивается доля спор, преобладает *Polypodiaceae*, также больше спор плаунов, *Huperzia selago* и *Selaginella selaginoides*, ее доля увеличивается, отражая прогрессирующее похолодание.

Палинозона Ur-3 (интервал 0.13–1.00 м, 2490–140 л. н.) отражает изменение в локальной растительности. Доминирующими становятся споры, представленные, в основном, *Selaginella selaginoides*. В современных условиях это растение часто встречается на болотах, погребенных тефрой (Баркалов, 2009). В торфе, выше прослоя тефры СКг, стабильно встречается *Equisetum*. В верхней части увеличивается доля пыльцы вересковых, зонтичных и лютиковых. В группе пыльцы древесных отмечается увеличение пыльцы широколиственных, что фиксирует незначительные потепления 2340–2260 и 1170–860 л. н. Повышается содержание пыльцы *Picea* (до 11%).

Палинозона Ur-4 (интервал 0–0.13 м, последние 140 л.) характеризуется резким увеличением содержания пыльцы группы NAP, отражающим широкое развитие разнотравных лугов. Существенно возрастает роль *Ericaceae* (до 51.3%), что отвечает более сухим условиям на болоте. Практически исчезает пыльца широколиственных и темнохвойных, редкие зерна которых занесены ветром. В субфоссиальной пробе становится мало спор *Selaginella selaginoides*.

Цунамигенные пески. В разрезе встречены 4 прослоя зеленовато-серых песков (мощностью от 2 до 12 см), которые являются следами цунами (Ts 1–4) (см. рис. 1). Границы слоев четкие, волнистые. Следов интенсивной эрозии не зафиксировано. Волны цунами переоткладывали материал в мелководный пресный водоем. Во всех прослоях обнаружены морские диатомеи различной экологической принадлежности. Преобладают виды, характерные для сублиторальной зоны заливов и открытых бухт: бентосные *Cocconeis*

Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений палеоозера (разрез 307) на побережье бух. Осьма, о. Уруп
Fig. 4. Spore-pollen diagram of paleolake deposits (section 307) on the Osma Bay coast, Urup Island

scutellum, *C. costata*, *C. californica*, *C. dirupta*, *C. stauroneiformis*, *Psammodiscus nitidus*, *Diplo-neis smithii*, *Fallacia dithmarsica*, *Anaulus maritimus*, *Odontella aurita*, *Radioplicata sol*, *Tabularia fasciculata*. Встречаются и океанические, и неритические: *Neodenticula seminae* и фрагменты створок из родов *Coscinodiscus* и *Thalassiosira*. Наиболее богатый состав морских видов в слое песка Ts-4. Морские виды найдены и в основании тефры СКг, что говорит о близком возрасте прохождения цунами и извержения.

Гранулометрический состав песков характеризуется одномодальными кривыми распределения (мода 0.315–0.4 мм), сходными с песками пляжа и дюн (рис. 5). Сортировка материала хорошая, но ниже, чем у пляжевых и эоловых песков, где содержание модальной фракции достигает 42%. Цунамигенные пески содержат примесь алеврита (до 9.6%), а также включают гравий (до 6%). Эти фракции отсутствуют на пляже и в дюнах.

лебаниями уровня моря. Развитие береговых озер на Курильских островах имеет свою специфику. Экстремальные шторма, характерные для этого региона, могут приводить к быстрому блокированию устьев низкопорядковых водотоков, типичных для островов, и озера могут образоваться практически за один такой шторм без прохождения «лагунной стадии». Эволюционный ход таких мелководных палеозер хорошо изучен на о-вах Кунашир и Шикотан (Korotky et al., 2000; Nazarova et al., 2017). Практически все они к настоящему времени заросли и превратились в болота. Более крупные и глубокие водоемы обычно проходили морскую и лагунную стадии развития, некоторые существовали с раннего голоцена (Cherepanova et al., 2009; Anderson et al., 2015; Lozhkin et al., 2017). В развитии береговых озер не всегда наблюдается синхронность, что связано с локальными особенностями, но связь с малоамплитудными колебаниями уровня моря

Рис. 5. Гранулометрические кривые распределения цунамигенных (а), пляжевых (б) и дюнных (в) песков. Фракции: 1 – менее 0.05; 2 – 0.05–0.063; 3 – 0.063–0.08; 4 – 0.08–0.1; 5 – 0.1–0.125; 6 – 0.125–0.16; 7 – 0.16–0.2; 8 – 0.2–0.25; 9 – 0.25–0.315; 10 – 0.315–0.4; 11 – 0.4–0.5; 12 – 0.5–0.63; 13 – 0.63–0.8; 14 – 0.8–1; 15 – 1–1.25; 16 – 1.25–1.6; 17 – 1.6–2; 18 – 2–3; 19 – 3–4; 20 – 4–5; 21 – более 5 мм

Fig. 5. Grain-size distribution curves of paleotsunami (a), beach (b), and dune (v) sands. Fractions: 1 – under 0.05; 2 – 0.05–0.063; 3 – 0.063–0.08; 4 – 0.08–0.1; 5 – 0.1–0.125; 6 – 0.125–0.16; 7 – 0.16–0.2; 8 – 0.2–0.25; 9 – 0.25–0.315; 10 – 0.315–0.4; 11 – 0.4–0.5; 12 – 0.5–0.63; 13 – 0.63–0.8; 14 – 0.8–1; 15 – 1–1.25; 16 – 1.25–1.6; 17 – 1.6–2; 18 – 2–3; 19 – 3–4; 20 – 4–5; 21 – over 5 mm

Крупные цунами в данном регионе имели место около 3640 ± 140 , 3190 ± 120 , 2960 ± 110 и 2300 ± 140 л. н. Отложения последнего палеоцунами, зафиксированного в разрезе, перекрыты мощным слоем тефры.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Развитие палеоозера и дюнной гряды: климатический контроль и связь с изменением уровня моря. Береговые озера широко распространены на юге Дальнего Востока. Большая часть их имеет барьерное происхождение и является конечной стадией развития лагун, сформированных в процессе выравнивания береговой линии. Эволюционный ход развития таких водоемов во многом контролировался литодинамической ситуацией на конкретном участке побережья и ко-

в среднем-позднем голоцене обычно прослеживается (Korotky et al., 2000; Lozhkin et al., 2017). Определенную роль в эволюции таких водоемов могли играть и неотектонические движения, особенно косейсмической природы. Причиной обводнения береговых озер могли быть и экстремальные шторма, блокирующие протоки из озера, что вызывает существенный подъем уровня водоемов и зеркала грунтовых вод. Чувствительным объектом для анализа изменений условий увлажнения могут быть небольшие береговые озера, в настоящее время полностью заросшие.

Палеоозеро на побережье бух. Осьма прошло довольно сложный путь развития (табл. 4). В среднем голоцене на пике трансгрессии (около 6800 л. н.) (Sakaguchi, 1983; Korotky et al., 2000) на его месте, вероятно, была вдающаяся в сушу

Таблица 4. Эволюция обстановок осадконакопления и развитие ландшафтов на юге о. Уруп

Table 4. Evolution of sedimentary environments and landscape development in the south of Urup Island

Возраст	Эволюция палеоозера	Возраст	Развитие ландшафтов	Вулканические пепло-пады	Цунами
240	Иссушение болота	140	Разнотравные луга, вересковые кустарнички	Ur-1	
1280	Болото, периодическое поступление речных вод	1280	Сообщества с <i>Selaginella selaginoides</i> , вересковые кустарнички, увеличение роли широколиственных прмерно 2300 и 1000 л. н.	Ta-a	
				Ur-2	
2150	Перерыв в осадконакоплении				
		2150		C-Kr	
2260	Обмеление водоема	2490	Широкое развитие сообществ с <i>Selaginella selaginoides</i>		Ts 4
2410	Заболоченный мелководный водоем				
2840	Обмеление и заболачивание озера				
2960	Мелководное озеро, заросшее макрофитами	3250	Заросли кедрового стланика		Ts 3
3180					Ts 2
3450		3660	Березовые леса с участием широколиственных, разнотравные луга, заросли кедрового стланика		
3590					
3660				Ts 1	

Примечание. Серым фоном выделены фазы обводнения палеоозера.

бухта, береговая линия находилась в 400–500 м от современного положения, происходила активная абразия и переработка склонового материала, накопившегося при низком положении уровня моря в позднем плейстоцене – начале голоцена. Формирование барьерных форм на Курилах обычно происходило во второй половине среднего голоцена, когда в прибрежной зоне накопилось большое количество материала, аккумуляции которого способствовало небольшое снижение уровня моря. Максимальная регрессия совпадала с похолоданием на границе среднего-позднего голоцена, что вызывало активизацию эоловых процессов на песчаных пляжах (Korotky et al., 2000). Отсутствие в разрезе дюн бух. Осьма погребенной почвы, образованной при стабилизации дюн в конце этой фазы, косвенно свидетельствует, что в трансгрессию начала позднего голоцена здесь могла еще существовать бухта, а барьер сформировался при последующем снижении уровня моря. Барьерное озеро образовалось как минимум около 3660 л. н.

Выделяется 8 стадий в развитии водоема, проявляющихся на фоне общей тенденции к зарастанию: 4 соответствуют обводнению (3660–3590,

3450–3180, 2960–2840 и 2410–2260 л. н.) и 4 – обмелению (3590–3450, 3180–2960, 2840–2410 и 2260–2150 л. н.). Наиболее вероятной причиной такой динамики гидрологического режима палеоозера были климатические изменения. Как правило, снижение увлажнения в восточноазиатском регионе характерно для холодных эпизодов (Wanner et al., 2011). Периоды обмеления палеоозера хорошо совпадают с минимумами солнечной активности, восстановленной для голоцена по изменениям ^{10}Be в кернах полярного льда (Steinilber et al., 2009).

В первые две стадии обмеления нет признаков снижения уровня моря. Судя по составу диатомей, pH озерной воды несколько повысилась – возрастало количество алкаифилов и алкалибионтов, особенно в первую фазу – до 56.2%. Возможно, это происходило вследствие сокращения в грунтах мощности пресной линзы, лежащей на поверхности морской соленой воды.

Похолодание на рубеже приблизительно 3500 л. н. зафиксировано в разрезе оз. Малое, о. Итуруп (Lozhkin et al., 2017). В конце суббореального и середине субатлантического периодов на о. Парамушир также отмечено падение уровня

оз. Пернатое, которое связывается с похолоданием и большей сухостью климата (Anderson et al., 2015).

Снижение уровня моря, а следовательно, и уровня морской линзы в грунтах на побережье, произошло в третью, наиболее длительную стадию обмеления озера (2840–2410 л. н.). Косвенно на это указывает состав диатомей, отражающий снижение рН вследствие заболачивания берегов. Содержание алкалифилов и алкалибионтов оставалось невысоким (7.1–18.5%), увеличилась доля галофобов (до 27.2% по сравнению с 3–9% в предшествовавшую фазу обводнения). По времени это событие хорошо сопоставляется с одним из глобальных холодных эпизодов (Wanner et al., 2011). Ярким признаком регрессивного стояния моря является наличие многочисленных линз эоловых песков в торфе. В это время шло формирование дюнной гряды в тыловой зоне пляжа и на барьерной форме. Связь активизации эоловых процессов с малоамплитудными регрессиями отмечена для Южных Курил (Korotky et al., 2000). В отложениях некоторых береговых озер выделяются опесчаненные слои, сформированные при относительно высоком уровне моря, подачу эолового материала связывают с более сухими условиями при незначительных похолоданиях (Anderson et al., 2015).

Стабилизация таких дюн, как правило, происходила в теплые эпизоды. В бух. Осьма погребенная почва в дюнах формировалась примерно 2340–2260 л. н. Подобным образом устроено и дюнное поле на побережье бух. Новокурильская, где в дюнах хорошо выражена погребенная почва, включающая вулканический пепел СКг. Из нижней части почвы получена ^{14}C -дата 2490 ± 70 л. н., 2560 ± 110 кал. л. н., ЛУ-6106; из верхней части почвы – ^{14}C -дата 910 ± 60 л. н., 830 ± 60 кал. л. н., ЛУ-6105. Выше лежат эоловые пески малого ледникового периода. С потеплением, вероятно, можно связать незначительно обводнение палеоозера бух. Осьма приблизительно 2340–2250 л. н. Оставшееся озерко быстро зарастало и было перекрыто покровом цунамигенного песка и мощным слоем тефры, которая падала уже в субаэральных условиях.

Последние 2100 л. н. на месте палеоозера развивалось болото. При активизации эоловых процессов в малый ледниковый период перенос песка на поверхность торфяника практически не происходил. Снижение обводнения болота, начавшееся около 240 л. н., вероятно, связано с эндогенным развитием, когда торфяная залежь вышла выше уровня грунтовых вод. Более влажные условия отмечены для последних десятилетий и связаны с общим трендом на потепление и увеличение атмосферных осадков (Лобанов и др., 2014).

Реакция растительности на короткопериодные изменения климата. Одним из наиболее

дискуссионных при изучении островных ландшафтов является вопрос о возможности смещения ландшафтных границ на длительно изолированных островах, отделенных глубокими проливами. Состав лесной растительности в теплые фазы голоцена на юге о. Уруп был более разнообразен, чем в настоящее время. В начале позднего голоцена на побережье были распространены березовые леса с участием дуба, ильма, ореха, которые могли являться остатками лесов, существовавших при более теплом климате в среднем голоцене (табл. 4). Помимо каменной березы, в растительности принимали участие береза плосколистная (*Betula platyphylla* Sukacz.) и гибридные формы, распространение которых сейчас ограничено севером о. Итуруп (Баркалов, 2009). Содержание пыльцы широколиственных в группе AP достигает 28%, в субфоссильных спектрах, включающих только пыльцу ветрового заноса, – менее 2%. В субфоссильных спектрах оз. Токотан также найдена лишь единичная пыльца *Quercus* и *Ulmus* (Anderson et al., 2008). Доля пыльцы *Quercus* – 20% в отложениях палеоозера сопоставима с палиноспектрами из средне-позднегоголоценовых отложений около оз. Лебединое, о. Итуруп (Короткий и др., 2000; Лящевская, Ганзей, 2011), где находится массив реликтового дубового леса. Высокое содержание пыльцы широколиственных обнаружено и в среднеголоценовых озерных отложениях Куйбышевского перешейка (Lozhkin et al., 2017). В среднем – первой половине позднего голоцена на Итурупе отмечают присутствие ильма и ореха (Короткий и др., 2000; Лящевская, Ганзей, 2011; Lozhkin et al., 2017). Орех и липа в настоящее время встречаются только на о. Кунашир (Баркалов, 2009). В расселении растений через пролив Фриза определенную роль могли играть птицы, мелкие животные, или же шел перенос семян морским и воздушным путем.

Сдвиг границ широколиственных в среднем голоцене предполагает, что температурный режим на юге о. Уруп был близок к современному в районе Курильска. Среднегодовая температура могла подниматься на $1.6\text{--}2^\circ\text{C}$, средняя температура января – на 0.5°C , августа – на 1.6°C , существенно выше должна была быть сумма активных температур, в районе Курильска она составляет 1350°C (Урусов, Чипизубова, 2000). На развитие растительности могла влиять активизация в среднем голоцене течений системы Куро-Сио (Kawahata et al., 2003). Возможно, в оптимум голоцена ветвь теплого течения Соя, достигающего сейчас Центрального Итурупа, смещалась на север. Наличие редкой пыльцы *Cryptomeria* и *Tsuga*, принесенной с Японских островов, свидетельствует, что с 3250 л. н. в конце зимы – весной усиливалась циклоническая активность.

По-видимому, дуб, ильм, а возможно, и орех, могли сохраняться в растительном покрове на юге о. Уруп почти весь поздний голоцен. Количество их пыльцы постепенно снижается, особенно в прохладные и сухие фазы. Роль широколиственных возрастала в потепления приблизительно 2340–2260 и 1170–860 л. н. Широколиственные исчезли во время похолодания в малый ледниковый период. Судя по распределению пыльцы *Betula sect. Albae*, белая береза стала реже встречаться последние 3040 л. и выпала из растительности примерно 420 л. н. В первой половине позднего голоцена на побережье, вероятно, было много ольхи, что типично для ландшафтных изменений в малоамплитудные регрессии (Korotky et al., 2000). В настоящее время распространение ольхи волосистой ограничено Итурупом (Баркалов, 2009).

Нельзя исключать того, что в последние 3250 л. на острове могла быть ель, количество пыльцы *Picea* в отдельных пробах достигает 13%. Ветровой занос темнохвойных в современных условиях менее 1%. Резкое сокращение пыльцы *Picea* отмечено в последние 140 лет. Возможно, отдельные сохранившиеся крупные деревья и были отмечены на картах лесхоза (Урусов, Чипизубова, 2000).

Среди кустарниковых группировок на юге о. Уруп в позднем голоцене наиболее распространен был кедровый стланник. Этому отчасти могли способствовать длительное отсутствие сильных пеплопадов (7400–2130 л. н.) и более прохладные условия примерно 3250–2490 л. н. Ольховник появлялся в прохладные влажные периоды, максимальное количество пыльцы отвечает похолоданию около 2650 л. н. Начиная с 2490 л. н. в локальной растительности стал распространен плаунок плауновидный, характерный для болот в нижней части снежников и болот, погребенных шлаками (Баркалов, 2009). Появление в массе спор *Selaginella selaginoides* зафиксировано и в разрезах торфяников Центральных Курил (Razjigaeva et al., 2013), что обычно интерпретируется, как увеличение снежного покрова (Heusser, Igarashi, 1994). Возможно, какую-то роль играло и изменение субстрата – образование в торфянике многочисленных линз песка.

В малый ледниковый период (~ 600 л. н.) лесная растительность на крайнем юге деградировала, широко распространились верещатники. На болоте ярус вересковых кустарничков стал более развит в последнюю фазу иссушения.

Природные катастрофы: хронология и экологический эффект. Наибольшее воздействие на биотические компоненты ландшафтов оказало извержение на севере Итурупа примерно 2100–2300 л. н., на юге о. Уруп слой тефры СКг достигал 30 см. Резкое снижение пропорции пыльцы древесных свидетельствует о деградации лесной

растительности и кустарниковых группировок и большем распространении среди пионерных сообществ травянистых, вересковых кустарников и кустарничков и *Selaginella selaginoides*. Известно, что кедровый стланник менее устойчив к вулканическим пеплопадам, чем ольховник, и выпадение слоя тефры 20 см является критическим для его выживания (Гришин, 2012). На болоте на берегу бух. Осьма и в его обрамлении после выпадения тефры СКг в условиях хорошего дренажа несколько снизилось участие осоковых, зонтичных, лютиковых, гречишных и других семейств, предпочитающих увлажненные местообитания, увеличилась роль злаковых, сложноцветных. Возрастание среди диатомей количества ацидофилов и ацидобионтов (27.5 против 8.1%) свидетельствует о существенном снижении показателей pH болотных вод.

Наиболее сильное обводнение болота на берегу бух. Осьма наблюдалось после выпадения андезитового пепла Ur-2 в результате извержения одного из местных вулканов приблизительно 1030 л. н. Болотные воды становятся более минерализованными – падает содержание галофобов (с 32.1 до 15.7%), повысилось содержание индифферентов (с 35.7 до 45.8%) и галофилов (до 2.9%). Среди локальной растительности увеличивается участие осоковых.

Эффект имел и небольшой пеплопад риолитового состава, связанный с извержением влк. Тарумаи в 1739 г. Снизились показатели pH болотных вод: среди диатомей увеличилась пропорция ацидофилов и ацидобионтов (33.3 против 19%). Больше стало видов обрастаний (29.2 против 14.3%). Отмечена вспышка ацидофила *Eunotia praerupta* (до 29.2 против 4.8%), часто населяющего мхи и способного обитать при незначительном увлажнении (Krammer, Lange-Bertalot, 1991).

Изученный разрез торфяника зафиксировал проявление наиболее сильных цунами, произошедших за последние 3660 л. н. Корреляции с палеоцунами, восстановленными для Центральных Курил, в том числе для о. Симушир (MacInnes et al., 2009), не наблюдается. Вероятно, очаги цунамигенных землетрясений находились вблизи о. Уруп или южнее, и следы разновозрастных цунами следует искать на о. Итуруп. Одно из них, наиболее сильное, произошло перед крупным извержением на севере Итурупа примерно 2280 л. н. Высока вероятность парагенетической связи крупного сейсмического события с подвижками дна и мощного извержения с выбросом риолитовой тефры СКг. На о. Уруп горизонтальный заплеск превышал 400–500 м, вертикальный был более 5–10 м. Структурные характеристики цунамигенных песков свидетельствуют об активной эрозии аккумулятивных форм, которые были основным источником материала, переотложенного волнами цунами в озеро.

Прохождение цунами также оказывало экологическое воздействие на береговое озеро. Как правило, после инъекции морской воды возрастала щелочность воды в водоеме – содержание алкалифилов и алкалибионтов резко увеличивалось (до 49.6% после Ts3) вплоть до появления после Ts4 *Hyppodonta hungarica*. Поступление соленой воды приводило к резкому снижению пропорции галофобов (3.2 вместо 9.1% после Ts3). После Ts2 и Ts4 в водоеме в небольшом количестве появились мезогалобы *Prestauroneis integra* и *Craticula halophila*.

После прохождения Ts3, оставившего наиболее мощный слой песка, развивались такие виды, как *Reimeria sinuata*, *Staurosirella martyi*, *Gomphonema parvulum*, *Cymbella affinis*, *Cymbella cistula*. После прохождения Ts1, Ts3 резко понижалась роль доминанта *Stauroforma exiguiformis* вследствие увеличения pH воды. После прохождения Ts2 резко увеличилось присутствие *Staurosira venter* из-за повышения щелочности. После Ts4 в озере появились алкалифилы *Caloneis bacillum*, *Amphora lybica*. После Ts1 в воде сильно увеличилось содержание *Aulacoseira granulata* (47.3%), характерного для более глубоких водоемов, возможно, обводнение озера было связано с тем, что была замята протока.

Обновление субстрата влияло и на развитие локальной растительности побережья. В составе пионерных группировок на цунамигенных песках по обрамлению озера большую роль играли папоротники и плауны, больше стало злаковых. На песках Ts2 активно селились вересковые. Моховой покров сильно угнетался. Данные о широком развитии папоротников на цунамигенных песках были получены и для Приморья (Ганзей и др., 2015).

Изучение данного разреза показало, что после цунами, случившегося примерно 2300 л. н., терраса за дюнами в бух. Осьма не затоплялась цунами. Заплеск сильных цунами, произошедших в историческое время, как и в случае цунами 2006–2007 гг. (Левин и др., 2008б), мог маркироваться завалами древесины в русле ручья, пересекающего дюнную грядку. ^{14}C -дата 180 ± 40 л., < 300 л., ЛУ-6456 по древесине из нижней части наиболее удаленного от моря завала может отвечать цунами с заплесками до 12 м (Соловьев, 1978), произошедшими 29.06.1780 (вероятность 47.1%) или 8.09.1918 (вероятность 18.7%).

ВЫВОДЫ

1. Впервые для Южных Курил выделены малоамплитудные климатические изменения в позднем голоцене продолжительностью 140–430 л., которые определяли ход развития палеоозера на побережье бух. Осьма с чередованием стадий обводнения и обмеления на фоне общей тенденции к зарастанию. Увлажненность умень-

шалась при похолоданиях, наиболее длительное холодное событие было примерно 2840–2410 л. н. В это время в условиях регрессии была сформирована гряда береговых дюн, погребенная почва в дюнах образовалась в потепление около 2340–2260 л. н. Озеро полностью заросло и превратилось в болото приблизительно 2100 л. н.

2. Лесная растительность на юге о. Уруп в начале позднего голоцена была более разнообразна, чем в настоящее время. С оптимума голоцена здесь сохранялись древесные растения, в том числе широколиственные, распространение которых сейчас ограничено о. Итуруп и более южными островами. Среди кустарников более распространенным был кедровый стланник. Исчезновение широколиственных пород произошло в малый ледниковый период.

3. Установлено, что эта часть острова длительное время (7400–2100 л. н.) не была подвержена воздействию вулканических пеплопадов. Наибольшее воздействие на развитие ландшафтов оказало извержение на севере о. Итуруп, в результате южная часть о. Уруп была покрыта покровом тефры мощностью до 30 см. Экологические эффекты пеплопада одного из местных вулканов и транзитного пепла Та-а были менее значительными.

4. Озерные отложения включают прослой цунамигенных песков, отвечающих 4 наиболее крупным событиям за последние 3660 л. Сделано предположение, что очаги цунамигенных землетрясений находились вблизи о. Уруп или южнее. Ход эрозионно-аккумулятивных процессов во время разновозрастных события был близок, происходила активная эрозия наземных аккумулятивных форм. Экологическое воздействие на береговое озеро заключалось в изменении pH и образовании песчаных покровов, на которых начинали развиваться пионерные группировки. Одному из сильных исторических цунами отвечает наиболее удаленный от моря навал древесины в дюнной гряде, датированный радиоуглеродным методом.

Авторы благодарят Н. П. Домру (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН) за подготовку проб для спорово-пыльцевого анализа, Т. И. Коротееву (ИМГиГ ДВО РАН) за помощь в определении растений, Ю. Л. Крецера (Радиовый институт им. В. Г. Хлопина, г. Санкт-Петербург) за анализ вулканического стекла. Мы также благодарим рецензентов за советы и конструктивные замечания.

Работа выполнена по государственному заданию ТИГ ДВО РАН, ИМГиГ ДВО РАН и при финансовой поддержке программы «Приоритетные научные исследования в интересах комплексного развития Дальневосточного отделения РАН», проект 18-5-003. Финансирование экспедиций проводилось в рамках Курильского Биоконференциального Проекта (грант NSF ARC-0508109, руководитель Бен Фицхью) и грантов РФФИ.

ЛИТЕРАТУРА

- Баркалов В. Ю. Флора Курильских островов. Владивосток : Дальнаука, 2009. 468 с.
- Ганзей К. С. Сценарии изменения ландшафтного разнообразия под действием вулканизма // ДАН. 2015. Т. 461, № 3. С. 338–342.
- Ганзей Л. А., Разжигаева Н. Г., Нишимура Ю. и др. Осадки исторических и палеоцунами на побережье Восточного Приморья // Тихоокеан. геол. 2015. Т. 34, № 1. С. 80–96.
- Горшков Г. С. Вулканизм Курильской островной дуги. М. : Наука, 1967. 288 с.
- Гришин С. Ю. Кедровый стланник на острове Матуа (Курилы): факторы его выпадения из растительного покрова в VIII в. и пути появления в XIX в. // Изв. РГО. 2012. Т. 144. Вып. 4. С. 51–63.
- Диатомовые водоросли СССР. Ископаемые и современные / отв. ред. В. С. Шешукова-Порецкая. Л. : Наука, 1974. Т. 1. 400 с.
- Ковтунович П. Ю., Лебедев В. А., Чернышев И. В., Арутюнян Е. В. Хронология и эволюция магматизма острова Уруп (Курильский архипелаг) по данным К-Аг изотопного датирования и диатомового анализа // Тихоокеан. геол. 2004. Т. 23, № 6. С. 32–44.
- Короткий А. М., Разжигаева Н. Г., Гребенникова Т. А. и др. Осадконакопление и палеоландшафты позднего плейстоцена – голоцена бассейна р. Курилки (о. Итуруп, Курильские острова) // Там же. 2000. Т. 19, № 5. С. 61–77.
- Левин Б. В., Разжигаева Н. Г., Ганзей К. С. и др. Изменение ландшафтной структуры острова Матуа после извержения влк. Пик Сарычева 12–15 июня 2009 г. // ДАН. 2010. Т. 431, № 5. С. 692–695.
- Левин Б. В., Фицхью Б., Бурджиа Д. и др. Комплексная экспедиция на Средние Курильские острова в 2007 г. (II этап) // Вестник ДВО РАН. 2008а. № 3. С. 111–123.
- Левин Б. В., Кайстренко В. М., Рыбин А. В. и др. Проявления цунами 15.11.2006 г. на Центральных Курильских островах и результаты моделирования высот заплесков // ДАН. 2008б. Т. 419, № 1. С. 118–122.
- Лобанов В. Б., Данченков М. А., Лучин Е. В. и др. Раздел 5.4. Дальневосточные моря России // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М. : Росгидромет, 2014. С. 684–743.
- Лящевская М. С., Ганзей К. С. Развитие природной среды центральной части острова Итуруп в среднем – позднем голоцене (Курильские острова) // Вест. КРАУНЦ. 2011. № 1. С. 35–45.
- Научно-прикладной справочник по климату. Сер. 3. Многолетние данные. Вып. 34. Сахалинская область. Л. : Гидрометиздат, 1990. 351 с.
- Новейший и современный вулканизм на территории России / отв. ред. Н. П. Лавров. М. : Наука, 2005. 604 с.
- Покровская И. М. Методика камеральных работ // Палеопалинология. Л. : Недра, 1966. Т. 1. С. 32–61.
- Рыбин А. В., Чибисова М. В., Дегтерев А. В., Гурьянов В. Б. Вулканическая активность на Курильских островах в XXI в. // Вестник ДВО РАН. 2017. № 1. С. 51–61.
- Соловьев С. Л. Основные данные о цунами на Тихоокеанском побережье СССР, 1737–1976 гг. // Изучение цунами в открытом океане. М. : Наука, 1978. С. 61–128.
- Справочник по климату СССР. Вып. 34. Ч. 2. Л. : Гидрометеиздат, 1970. 200 с.
- Урусов В. М., Чипизубова М. Н. Растительность Курил. Вопросы динамики и происхождения. Владивосток : Дальнаука, 2000. 302 с.
- Anderson P. M., Lozhkin A. V., Solomatkina T. V. Modern pollen samples from lakes of the Kurile Islands // Изменения климата, природные катастрофы и становление ландшафтов юга Дальнего Востока в плейстоцене – голоцене / отв. ред. Н. Г. Разжигаева, Л. А. Ганзей. Владивосток : Дальнаука, 2008. С. 6–14.
- Anderson P. M., Minyuk P. S., Lozhkin A. V. et al. Multiproxy record of Holocene environmental changes from the northern Kuril Islands (Russian Far East) // J. of Paleolimnology. 2015. Vol. 54. P. 379–393.
- Blaauw M., Christen J. A. Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. 2011. Vol. 6, No. 3. P. 457–474.
- Bronk Ramsey C. Methods for summarizing radiocarbon datasets // Radiocarbon. 2017. Vol. 59, No. 2. P. 1809–1833.
- Cherepanova M. V., Lozhkin A. V., Anderson P. M. Diatoms from Kurile lake sediments as high-resolution data for Pleistocene paleogeographic reconstruction // Environment development of East Asia in Pleistocene-Holocene (boundaries, factors, stages of human mastering). Vladivostok : Dalnauka, 2009. P. 43–44.
- Fitzhugh B., Shubin V. O., Tezuka K. et al. Archaeology in the Kurile Islands: advances in the study of human paleobiogeography and Northwest Pacific prehistory // Arctic Anthropol. 2002. Vol. 39, No. 1–2. P. 69–94.
- Grimm E. Tilia Graph v. 2.0.2 software. Springfield : Illinois State Museum Research and Collection Center, 2004.
- Heusser C. J., Igarashi Y. Quaternary migration pattern of *Selaginella selaginoides* in the North Pacific // Arctic and Alpine Res. 1994. Vol. 26, No. 2. P. 187–192.
- Kawahata H., Ohshima H., Shimada C., Oba T. Terrestrial-oceanic environmental change in the southern Okhotsk sea during the Holocene // Quatern. Intl. 2003. Vol. 108. P. 67–76.
- Korotky A. M., Razjigaeva N. G., Grebennikova T. A. et al. Middle- and Late-Holocene environments and vegetation history of Kunashir Island, Kurile Islands, northwestern Pacific // Holocene. 2000. Vol. 10, No. 3. P. 311–331.
- Krammer K., Lange-Bertalot H. Bacillariophyceae. Jena : VEB Gustav Fischer Verlag. Teil 1. Naviculaceae. 1986. 876 p. Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. 1991. 576 p.
- Lozhkin A. V., Minyuk P. S., Cherepanova M. V. et al. Holocene environments of central Iturup Island, southern Kuril Archipelago, Russian Far East // Quatern. Res. 2017. Vol. 54. P. 379–393.
- MacInnes B. T., Pinegina T. K., Bourgeois J. et al. Field survey and geological effects of the 15 November 2006 Kuril tsunami in the middle Kuril Islands // Pure and Appl. Geophys. 2009. Vol. 166, No. 1/2. P. 3–36.
- Nakagawa M., Ishizuka Y., Hasegawa T. et al. Preliminary Report on Volcanological Research of KBP 2007–2008 Cruise by Japanese Volcanology group // KBP Report. 2008. 54 p.

Nazarova L., Grebennikova T. A., Razjigaeva N. G., et al. Reconstruction of Holocene environmental changes in Southern Kurils (North-Western Pacific) based on palaeolake sediment proxies from Shikotan Island // *Global and Plan. Change*. 2017. Vol. 159. P. 25–36.

Razjigaeva N. G., Ganzey L. A., Grebennikova T. A. et al. Holocene climatic changes and vegetation development in the Kuril Islands // *Quatern. Intl.* 2013. Vol. 290–291. P. 126–138.

Razjigaeva N. G., Matsumoto A., Nakagawa M. Age, source, and distribution of Holocene tephra in the southern Kurile Islands: Evaluation of Holocene eruptive ac-

tivities in the southern Kurile arc // *Quatern. Intl.* 2016. Vol. 397. P. 63–78.

Sakaguchi Y. Warm and cold stages in the past 7600 years in Japan and their global correlation // *Bull. Dep. Geogr. Univ. Tokyo*. 1983. Vol. 15. P. 1–31.

Steinhilber F., Beer J., Fröhlich C. Total solar irradiance during the Holocene // *Geophys. Res. Lett.* 2009. Vol. 36. L19704. DOI:10.1029/2009GL040142.

Wanner H., Solomina O., Grosjean M. et al. Structure and origin of Holocene cold events // *Quatern. Sci. Rev.* 2011. Vol. 30. P. 3109–3123.

Поступила в редакцию 04.03.2019 г.

Поступила с доработки 28.03.2019 г.

MANIFESTATION OF LATE HOLOCENE CLIMATIC CHANGES AND NATURAL HAZARDS ON THE SOUTH OF URUP ISLAND (Kuril Archipelago)

N. G. Razjigaeva¹, L. A. Ganzey¹, T. A. Grebennikova¹, N. I. Belyanina¹, K. S. Ganzey¹,
V. M. Kaistrenko², Kh. A. Arslanov³, F. E. Maksimov³, A. V. Rybin²

¹Pacific Geographical Institute, FEB RAS, Vladivostok

²Institute of Marine Geology and Geophysics, FEB RAS, Yuzhno-Sakhalinsk

³St. Petersburg State University, St. Petersburg

The Late Holocene landscape development has been reconstructed for the isle of Urup, located near the biogeographic border between the South and Central Kurils. The events were dated basing on radiocarbon dating and tephrostratigraphy data. At the beginning of the Late Holocene, in the south of the island there were birch forests with oak and other broad-leaved trees; meadows occupied large areas. In the cooling conditions of 3250 yrs. BP, the shrub pine became landscape-forming; from 2490 yrs. BP, *Selaginella selaginoides* appears in abundance. Broad-leaved trees disappeared in the Little Ice Age; heathland became widespread. 8 stages of development of the paleolake on the coast of Osma Bay were distinguished: waterings were associated with warm episodes (3660–3590; 3450–3180; 2960–2840; 2410–2260 yrs. BP); shallownings occurred in cooling with decreasing moisture (3590–3450; 3180–2960; 2840–2410; 2260–2150 yrs. BP). The formation of the dune ridge began in the longest Late Holocene cooling accompanied by minor regression. Stabilization of the dunes with the formation of buried soil occurred about 2340–2260 yrs. BP. The young generation of aeolian sands was formed in the Little Ice Age. The ecological effect of volcanic ash falls is determined. The greatest impact on the biotic components of landscapes came from the eruption that occurred in the north of Iturup about 2100–2300 yrs. BP. The age of 4 strongest tsunamis over the last 3660 yrs., associated with earthquakes, the sources of which were located near or to the south of Urup Island, has been determined. The environmental impact of seawater injections on the development of the coastal lake microflora has been determined.

Keywords: paleolake, paleolandscapes, climatic changes, natural hazards, chronology, Late Holocene, Kuril Islands.

REFERENCES

Anderson, P. M.; Lozhkin, A. V.; Solomatkina, T. V., 2008, Modern Pollen Samples from Lakes of the Kurile Islands, Eds. Razjigaeva N. G., Ganzey L. A., *Climatic Changes, Natural Catastrophes and Landscape Development of the South Far East at Pleistocene – Holocene*, Vladivostok, Dalnauka, 6–14.

Anderson, P. M.; Minyuk, P. S.; Lozhkin, A. V., et al., 2015, Multiproxy Record of Holocene Environmental Changes from the Northern Kuril Islands (Russian Far East), *J. Paleolimnol.*, 54, 379–393.

Applied Scientific Handbook on the Climate of the USSR, 1990, Ser. 3, Perennial Data, 34, Sakhalin District, Leningrad, Gidrometizdat [In Russian].

Barkalov, V. Yu., 2009, Flora of Kuril Islands, Vladivostok, Dalnauka [In Russian].

Blaauw, M.; Christen, J. A., 2011, Flexible Paleoclimate Age-Depth Models Using an Autoregressive Gamma Process, *Bayesian Analysis*, 6, 3, 457–474.

Bronk Ramsey C., 2017, Methods for Summarizing Radiocarbon Datasets, *Radiocarbon*, 59, 2, 1809–1833.

- Cherepanova, M. V.; Lozhkin, A. V.; Anderson, P. M., 2009, Diatoms from Kurile Lake Sediments as High-Resolution Data for Pleistocene Paleogeographic Reconstruction, *Environment Development of East Asia in Pleistocene-Holocene (Boundaries, Factors, Stages of Human Mastering)*, Vladivostok, Dalnauka, 43–44.
- Diatom Algae of USSR, Fossil and Modern, 1974, Ed. V. S. Sheshukova-Poretskaya, Leningrad, Nauka [In Russian].
- Fitzhugh, B.; Shubin, V. O.; Tezuka, K., et al., 2002, Archaeology in the Kurile Islands: Advances in the Study of Human Paleobiogeography and Northwest Pacific Prehistory, *Arctic Anthropol.*, 39, 1–2, 69–94.
- Ganzei, K. S., 2015, Scenarios of Landscape Diversity Changes in Response to Volcanic Activity, *Dokl. Earth Sci.*, 461, 1, 312–315.
- Ganzei, L. A.; Razjigaeva, N. G.; Grebennikova, T. A.; Nishimura Y.; Kaistrenko V. M.; Gorbunov A. O.; Arslanov K. A.; Chernov S. B.; Naumov Y. A., 2015, Deposits of Historical and Paleotsunamis on the Coast of Eastern Primorye, *Rus. J. Pac. Geol.*, 9, 1, 64–79.
- Gorshkov, G. S., 1967, Volcanism of the Kuril Island Arc, Moscow, Nauka [In Russian].
- Grimm, E., 2004, Tilia Graph v. 2.0.2 Software, Springfield, Illinois State Museum Research and Collection Center.
- Grishin, S. Yu., 2012, Dwarf Pine of the isle of Matua (Kurils): Factors of Its Fall out of Vegetation in the 8th Century and Ways It Appeared in the 19th Century, *Izv. RGO*, 144 (1), 51–63 [In Russian].
- Heusser, C. J.; Igarashi, Y., 1994, Quaternary Migration Pattern of Selaginella Selaginoides in the North Pacific, *Arctic and Alpine Res.*, 26, 2, 187–192.
- Kawahata, H.; Ohshima, H.; Shimada, C.; Oba, T., 2003, Terrestrial-Oceanic Environmental Change in the Southern Okhotsk Sea during the Holocene, *Quat. Intern.*, 108, 67–76.
- Korotky, A. M.; Razjigaeva, N. G.; Grebennikova, T. A., et al., 2000, Middle- and Late-Holocene Environments and Vegetation History of Kunashir Island, Kurile Islands, Northwestern Pacific, *Holocene*, 10, 3, 311–331.
- Korotky, A. M.; Razjigaeva, N. G.; Grebennikova, T. A., et al., 2000, Late Pleistocene – Holocene Sedimentation and Paleolandscapes of the Kurilka River Basin (Iturup Island, Kurils), *Rus. J. Pac. Geol.*, 19, 5, 61–77 [In Russian].
- Kovtunovich, P. Yu.; Lebedev, V. A.; Chernyshev I. V.; Arutyunyan Ye. V., 2004, Chronology and Evolution of Magmatism on Urup Island (Kuril Archipelago) from K-Ar Isotope Dating and Diatom Analysis, *Ibid.*, 23, 6, 32–44 [In Russian].
- Krammer, K.; Lange-Bertalot, H., 1986, Bacillariophyceae. Teil 1, Naviculaceae, Jena, VEB Gustav Fischer Verlag.
- Krammer, K.; Lange-Bertalot, H., 1991, Teil 3. Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae, Jena, FEB Gustav Fischer Verlag.
- Levin, B. V.; Fitzhugh, B.; Bourgeois, J., et al., 2008, The Complex Expedition to the Central Kuril Islands in 2007 (II Stage), *Bull. FEB RAS*, 3, 111–123 [In Russian].
- Levin, B. V.; Kaistrenko, V. M.; Rybin, A. V., et al., 2008, Manifestations of the Tsunami on November 15, 2006, on the Central Kuril Islands and Results of the Run-Up Heights Modeling, *Dokl. Earth Sci.*, 419, 3, 335–338, <https://elibrary.ru/item.asp?id=13574744>
- Levin, B. V.; Razzhigaeva, N. G.; Ganzei, K. S.; Rybin, A. V.; Degterev, A. V., et al., 2010, Change of Landscape Structure of Matua Island after the Sarichev Volcano Peal Eruption June 12–15, 2009, *Dokl. Earth Sci.*, 431, 2, 514–517, <https://elibrary.ru/item.asp?id=13574744>
- Lobanov, V. B.; Danchenkov, M. A.; Luchin, E. V., et al., 2014, Far East Seas of Russia, *Second Estimation Report on Climate Changes and Their Consequences on the Territory of the Russian Federation*, Moscow, Rosgidromet, 684–743 [In Russian].
- Lozhkin, A. V.; Minyuk, P. S.; Cherepanova, M. V., et al., 2017, Holocene Environments of Central Iturup Island, Southern Kuril Archipelago, Russian Far East, *Quatern. Res.*, 54, 379–393.
- Lyashchevskaya, M. S.; Ganzei, K. S., 2011, Holocene Environmental Evolution of the Central Part of Iturup Island, Kuril Archipelago, *Bull. KRAESC, Earth Sciences*, 1, 35–45 [In Russian].
- MacInnes, B. T.; Pinegina, T. K.; Bourgeois, J., et al., 2009, Field Survey and Geological Effects of the 15 November 2006 Kuril Tsunami in the Middle Kuril Islands, *Pure and Appl. Geophys.*, 166, 1/2, 3–36.
- Nakagawa, M.; Ishizuka, Y.; Hasegawa, T., et al., 2008, Preliminary Report on Volcanological Research of KBP 2007–2008 Cruise by Japanese Volcanology Group, *KBP Report*.
- Nazarova, L.; Grebennikova, T. A.; Razjigaeva, N. G., et al., 2017, Reconstruction of Holocene Environmental Changes in Southern Kurils (North-Western Pacific) Based on Palaeolake Sediment Proxies from Shikotan Island, *Global and Plan. Change*, 159, 25–36.
- Pokrovskaya, I. M. Methods of Chamber Works, *Paleopalynologiya*, Leningrad, Nedra, 1, 32–61 [In Russian].
- Razjigaeva, N. G.; Ganzei, L. A.; Grebennikova, T. A., et al., 2013, Holocene Climatic Changes and Vegetation Development in the Kuril Islands, *Quatern. Intl.*, 290–291, 126–138, DOI: 10.1016/j.quaint.2012.06.034.
- Razzhigaeva, N. G.; Matsumoto, A.; Nakagawa, M., 2016, Age, Source, and Distribution of Holocene Tephra in the Southern Kurile Islands: Evaluation of Holocene Eruptive Activities in the Southern Kurile Arc, *Ibid.*, 397, 63–78.
- Reference Book on Climate of the USSR, 1970, 34 (2), Leningrad, Gidrometeoizdat [In Russian].
- Rybin, A. V.; Chibisova, M. V.; Degterev, A. V.; Guryanov, V. B., 2017, Volcanic Activity in the Kuril Islands in the 21st Century, *Bull. FEB RAS*, 1, 51–61 [In Russian].
- Sakaguchi, Y., 1983, Warm and Cold Stages in the Past 7600 Years in Japan and Their Global Correlation, *Bull. Dep. Geogr. Univ. Tokyo*, 15, 1–31.
- Solovyov, S. L., 1978, Basic Data on the Tsunamis at the Pacific Coast of the USSR, *Study of Tsunamis in the Open Ocean*, Moscow, Nauka, 61–128 [In Russian].
- Steinhilber, F.; Beer, J.; Fröhlich, C., 2009, Total Solar Irradiance during the Holocene, *Geophys. Res. Lett.*, 36, 1–5, DOI: 10.1029/2009GL040142.
- Urusov, V. M.; Chipizubova, M. N., 2000, Vegetation of the Kuriles, Problems of Dynamic and Origin, Vladivostok, Dalnauka [In Russian].
- Wanner, H.; Solomina, O.; Grosjean, M., et al., 2011, Structure and Origin of Holocene Cold Events, *Quatern. Sci. Rev.*, 30, 3109–3123.
- Youngest and Modern Volcanism in Russia's Territory, 2005, Moscow, Nauka [In Russian].