

Урочище Мута как архив изменений природной среды (Национальный парк «Зов Тигра», Россия)

Н. Г. Разжигаева¹, Л. А. Ганзей¹, Л. М. Мохова¹, Т. Р. Макарова¹,
А. М. Паничев^{1,2}, Е. П. Кудрявцева¹, Х. А. Арсланов^{3*}

¹ Тихоокеанский институт географии ДВО РАН
г. Владивосток, 690022, Российская Федерация
e-mail: nadyar@tig.dvo.ru

² Дальневосточный федеральный университет
г. Владивосток, 690950, Российская Федерация
e-mail: sikhote@mail.ru

³ Санкт-Петербургский государственный университет
г. Санкт-Петербург, 199034, Российская Федерация
e-mail: arskanivkh@mail.ru

Аннотация

На основе комплексного изучения разреза торфяника в западной части урочища Мута восстановлено развитие ландшафтов среднегорья Южного Сихотэ-Алиня в районе Национального парка «Зов тигра» и выявлена реакция биотических компонентов на малоамплитудные разнонаправленные климатические изменения за последние 4,7 тыс. ¹⁴С л. н / 5,4 тыс. кал. л. н. Биостратиграфическое изучение включало диатомовый и спорово-пыльцевой анализы. Хронология палеогеографических событий основана на данных радиоуглеродного датирования и тефростратиграфии. В разрезе торфяника найден прослой маркирующего вулканического пепла В-Тm, образованного в результате кальдерообразующего извержения вулкана Байтоушань, произошедшего в зимний сезон 946–947 гг. н. э. Идентификация вулканического источника проведена на основе изучения макроэлементного состава вулканического стекла. Проведена корреляция похолоданий и потеплений, наиболее значимых в развитии ландшафтов, с данными по региону и глобальными палеоклиматическими событиями. Показано, что наряду с изменениями температуры довольно существенно менялась увлажненность. Установлена роль пожаров в развитии ландшафтов, определена хронология палеопожаров и установлены периоды их активизации, как правило, совпадающие со снижением увлажнения при похолоданиях. Данные спорово-пыльцевого анализа подтверждают, что антропогенная трансформация ландшафтов долины в верхнем течении р. Уссури произошла в XX веке.

Ключевые слова: ландшафты, хронология, климатические изменения, поздний голоцен, палеопожары, среднегорье, Сихотэ-Алинь

* Авторы: Разжигаева Надежда и Глебовна, д-р геогр. наук, гнс, Тихоокеанский институт географии (ТИГ) ДВО РАН, Владивосток, e-mail: nadyar@tig.dvo.ru; rgleb33@mail.ru; Ганзей Лариса Анатольевна, канд. геогр. наук, внс, ТИГ ДВО РАН, Владивосток, e-mail: lganzev@tig.dvo.ru; Мохова Людмила Михайловна, нс, ТИГ ДВО РАН, Владивосток, e-mail: ludmila-mokhova@list.ru; Макарова Татьяна Ростиславовна, канд. геогр. наук, снс, ТИГ ДВО РАН, Владивосток, e-mail: mctatiana@mai.ru; Паничев Александр Михайлович, д-р биол. наук, внс, ТИГ ДВО РАН, Владивосток, e-mail: sikhote@mail.ru; Кудрявцева Екатерина Петровна, снс, ТИГ ДВО РАН, проф. ДВФУ, Владивосток, e-mail: katya@tig.dvo.ru; Арсланов Хикмат Адиевич, д-р геогр. наук, гнс, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, e-mail: arskanivkh@mail.ru.

Введение. Урочище Мута́ является самым большим болотным массивом в пределах Южного Сихотэ-Алиня. Марь здесь занимает обширный уплощённый водораздел и бассейн р. Низменка (старое название р. Мута), отделяющий верховья р. Уссури от бассейна р. Милоградовка. Образование поверхности связано с перехватом, предположительно произошедшим в одно из похолоданий плейстоцена, когда в результате регрессивной эрозии р. Милоградовка перехватила притоки р. Уссури [1–3]. Такие перестройки речной сети были нередким явлением на Сихотэ-Алине в плио-плейстоцене: реки восточного макросклона, базис эрозии которых существенно менялся в трансгрессивно-регрессивные фазы, перехватывали притоки рек западного макросклона [3].

Марь входит в территорию Национального парка «Зов Тигра» [4; 5]. Перевод этой территории в 2007 г. в статус особо охраняемой природной (ООПТ) не случаен. Здесь на сравнительно небольшой площади представлены разнообразные горные и долинные ландшафты Сихотэ-Алиня, хорошо выражена высотная поясность, своеобразны флора и фауна. Марь окружена горными хребтами, включая г. Облачная, самую высокую вершину Южного Сихотэ-Алиня (1854 м), для которой выполнены детальные флористические исследования [6; 7], а также работы ландшафтной и ландшафтно-геохимической направленности [8; 9].

Целью настоящей работы является реконструкция развития биотических компонентов ландшафтов среднегорья в районе Национального парка «Зов тигра» и выявление их отклика на климатические изменения в позднем голоцене.

Краткая характеристика района исследований. В геологическом отношении территория урочища представляет собой одну из межгорных впадин, в которой в эоцене шло накопление углей [10; 11]. Буроугольное месторождение получило название «Березовское», промышленного значения не имеет. В междуречье рек Уссури, Низменка и руч. Прямой выделяется небольшой покров, сложенный вулканическими породами сандуганской свиты (андезито-базальты, андезиты, дациты), образованными около 15 млн л. н.* В плиоцене угленосные отложения были перекрыты мощной пачкой грубообломочного аллювия суйфунской свиты. Четвертичные отложения маломощные и представлены аллювиальными и склоновыми фациями [3; 11].

Урочище представляет собой уплощенную заболоченную поверхность, слабо наклоненную к западу-северо-западу вдоль русла р. Уссури (уклон 0.004 м/м), ограничивающей его с севера. Размеры мари 10 на 3 км, абс. высота 550–600 м. Центральную часть болотного массива дренирует р. Низменка 3-го порядка, впадающая в северо-западной части урочища в р. Уссури. В настоящее время главный водораздел, отделяющий бассейны рек Уссури и Милоградовка находится в 2–5 км от русла р. Уссури, огибая истоки р. Низменка [3]. Впадина окружена горными

* л. н. — лет назад

хребтами, в 12 км к северу находится г. Облачная. В 10 км к юго-западу от мари расположен хребет с максимальной высотой 1671 м (г. Сестра).

Для крупных вершин района выполнен подробный анализ высокогорной флоры [6]. Наиболее детально исследован растительный покров верхних поясов г. Облачной [8; 12; 13; 14]. После придания территории статуса ООПТ появились общее описание растительности национального парка [15] и предварительный список видов высших растений [7]. Несмотря на внушительное количество имеющихся публикаций, следует отметить, что нижние вертикальные пояса исследованы недостаточно.

На окружающих маревый ландшафт горах выражена высотная поясность: 1) кедрово-широколиственные леса — 530–550–800 м; 2) кедрово-елово-пихтовые (кедрово-елово-широколиственные) — 800–1000–1100 м; 3) елово-пихтовые — 1000–1100–1550 м; 4) каменноберезовые криволесья и стелющиеся леса (из кедрового стланика) — 1550–1700 м; 5) гольцовый пояс — комплекс стелющихся лесов и горных тундр — выше 1700 м [8].

По гипсометрическим отметкам марь находится в поясе кедрово-широколиственных лесов и представляет собой явление аazonальное, обусловленное, в первую очередь особенностями литогенной основы и микроклимата урочища. Растительность и флора урочища Мута более 80 лет привлекают внимание исследователей [7; 12; 16]. Большая часть урочища Мута покрыта низкосомкнутым лесом из лиственницы ольгинской (*Larix olgensis* A. Henry) с участием берёзы плосколистной (*Betula platyphylla* Sukacz.) и ольхи волосистой (*Alnus hirsuta* (Spach) Fisch. ex Rupr.). Лиственница ольгинская внесена в Красные книги Приморского края [17] и РФ [18]. И. К. Шишкин [16] относил этот вид к реликтам. Площадь лиственничников составляет около 5000 га, массив является одним их наиболее крупных на Сихотэ-Алине [16]. Долинные лиственничные леса, включая сообщества из лиственницы ольгинской, внесены в список редких растительных сообществ Приморья и Приамурья [19].

Подробное описание растительности болотного массива приведено в работах И. К. Шишкина [16] и П. П. Жудовой [12], которые не утратили своего значения до сих пор. Здесь были выделены ассоциации лесных лиственничных беломошников, красномошников и топей. На профиле, заложенном в центральной части болотного массива с севера на юг, установлено следующее распределение растительности: 1) вдоль р. Усури узкой полосой (до 80 м) тянется сухой березовый лес; 2) северный край болота (120–150 м) занят ассоциациями лесных лиственничных топей с осокой дернистой (*Carex cespitosa* L.), ближе к центру выделяются беломошники с преобладанием лиственницы ольгинской (*L. olgensis*), в подлеске — береза овальнолистная (*Betula ovalifolia* Rupr.) и вересковые кустарники: голубика обыкновенная (*Vaccinium uliginosum* L.), багульники болотный и подбел (*Ledum palustre* L., *L. hypoleucum* Kom.), травы представлены вейником Лангсдорфа (*Calamagrostis langsdorffii* (Link) Trin.) и осокой мелкой

(*Carex minuta* Franch.), на кочках встречается княженика (*Rubus arcticus* L.), из сфагновых мхов присутствуют *Sphagnum obtusum* Warnst., *S. subsecundum* Nees, *S. squarrosum* Crome, местами в обилии встречается бриевый мох *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr.; рельеф таких участков крупнокочковатый; 3) большие пространства мари занимают лесные лиственничные красномошники со слабокочковатой поверхностью, включающие лиственницу ольгинскую, березу овальнолиственную, голубику, багульник болотный и осоку мелкую с густым сфагновым покровом (*S. magellanicum* Brid. с участием *S. angustifolium* (C. E. O. Jensen ex Russow) C. E. O. Jensen, *S. obtusum*), из зелёных мхов встречен *Polytrichum commune* Hedw., местами в обилии растёт клюква мелкоплодная (*Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr.); 4) в южной части профиля выделяются лесные лиственничные топи, в древесном ярусе помимо лиственницы участвует берёза плосколистная, в подлеске — жимолость съедобная (*Lonicera caerulea* L.), багульник болотный, вейник Лангсдорфа и осоки со сфагновыми мхами (*S. girgensohnii* Russow) и *Aulacomnium palustre* (Hedw.) Schwägr.

Лесная растительность в долине р. Уссури сильно нарушена, здесь неоднократно проводились рубки и происходили пожары [20]. Основной причиной палов на мари является небрежное обращение с огнем, что отмечалось и ранее [16]. Урочище Мута часто посещается людьми для сбора голубики и клюквы. Пожар на мари прошел в 1924 г. [12], огонь затронул также северные склоны хребта, расположенного к югу от мари. Пожар, уничтоживший леса из ели корейской (*Picea koraiensis* Nakai) в верховьях Уссури в пределах рассматриваемого района, произошел в 1929 г. [21]. Крупный пожар на территории парка был в середине 1980-х годов, когда сильно выгорел лес в междуречье ручьев Сестринский и Светлый, в 6 км к юго-западу от мари [20]. По южному макросклону горного массива г. Облачной зафиксированы следы крупного пожара примерно конца XVIII в. [8]. Следы низовых пожаров на горном массиве Облачной (по пожарным шрамам на пнях, осмотренных на вырубках) датируются 1936, 1941, 1948 гг., но они не оказали существенного влияния на состав и структуру лесов. Если самый старый из выявленных пожаров можно рассматривать как климатически обусловленный, то пожары, возникшие в XX в., вероятно, связаны с деятельностью человека.

Долина р. Уссури в её верхнем течении стала заселяться в конце XIX в., осваивался в основном правый берег реки. До середины XX в. здесь существовали хутора Берёзовый и Победы, метеостанция Березняки; сейчас остались пос. Тополёвый и Ясное, расположенные, соответственно, в 20 и 17 км северозападнее урочища Мута. На месте заброшенных хуторов развиты разнотравные луга. Левый берег Уссури не освоен, а территория к югу от мари — верховья реки Милоградовки, не подвергалась антропогенному воздействию [22].

Масштабные рубки в районе будущего Национального парка проводились с 1970-х до начала 2000-х гг., в первую очередь вырубались кедр корейский, ели

аянская и корейская. Сплошные рубки на южных склонах горного массива Облачной начались в 1980 г. Были вырублены значительные массивы леса до высоты 900 м по ключам Соболиный, Победы, Гнилой. Рубками пройдены и северные склоны г. Сестра. Рубки продолжались до 2008 г. [4]. В производных лесах широкое распространение получила береза плосколистная.

Климат этой территории континентальный с чертами муссонности [23]. По данным метеостанции Березняки (абс. высота 507 м), которая располагалась в 6 км к северо-западу от урочища Мута, среднегодовая температура составляет $+0.4^{\circ}\text{C}$, самые низкие среднемесячные температуры (-21.3°C) отмечаются в январе, самый теплый месяц июль ($+18.1^{\circ}\text{C}$). Безморозный период продолжается не более 100 дней. Среднегодовое количество осадков 760 мм, 80 % из них выпадает в теплый период года. Дней со снежным покровом 152, высота его колеблется от 5 до 67 см. Зимой преобладают ветра северо-западного направления (до 70 %), летом возрастает повторяемость юго-восточных ветров (39%), часты штили (53%). Дней с туманами до 52.

Материалы и методы. Палеорекострукции проведены по разрезу торфяника в северо-западной части мари, расположенного между реками Усури и Низменка ($43^{\circ}34.812'$ с. ш., $134^{\circ}09.701'$ в. д., абс. высота 568 м) (Рис. 1). Отбор проб проведён с шагом 5 см.

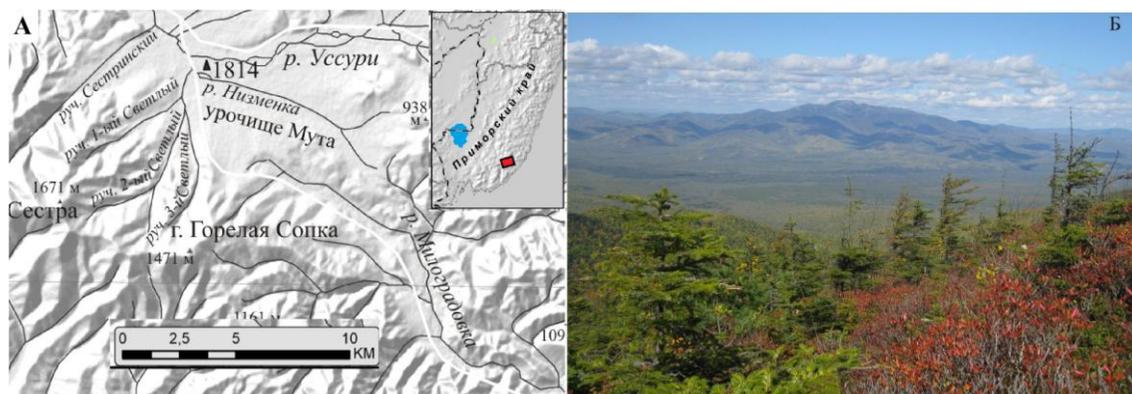


Рис. 1. Район работ и положение изученного разреза (А), общий вид урочища Мута с западного склона г. Горелая сопка (Б). Фото Ю. И. Берсенева.

Fig. 1. Study area and position of the section (A), panorama of the Muta area, photo was made from western slope of Gorelaya Sopka Mt. by Yu.I. Bersenev (B).

Биостратиграфическое изучение включало диатомовый анализ, выполненный по стандартной методике [24]. Определение диатомовых водорослей проводилось в постоянных препаратах под микроскопом «Axio Imager.A2» при увеличении $\times 1000$ с использованием атласов-определителей и литературных источников [25–29]. При определении эколого-географической характеристики и выявлении роли отдельных видов использовались также материалы предшественников [30–32]. Для оценки видового разнообразия палеосообществ диатомей вычислялся индекс Шеннона. На диаграмму вынесены

основные таксоны, позволяющие определить изменения экологических условий во время накопления отложений. При просмотре препаратов отмечалось присутствие мелких углей и сгоревших (обугленных) клеток растений с подсчётом в одном ряду. Обработка проб для спорово-пыльцевого анализа проводилась по методу Эрдмана с поднятием мацерата калий-кадмиевой тяжёлой жидкостью с удельным весом 2,2 г/см³ [33]. В составе СПК определялось соотношение трёх основных групп: пыльцы древесных пород и кустарников, пыльцы трав и кустарничков и спор. Расчёт содержаний отдельных таксонов сделан для каждой группы. Такой подход выбран для сопоставления полученных результатов с региональными данными, поскольку использован в большинстве работ по югу Дальнего Востока.

Названия сосудистых растений приведены в соответствии со сводкой [34-39], названия листостебельных мхов даны по работе [40].

Возраст определён на основе радиоуглеродного датирования и тефрохронологии. Радиоуглеродное датирование образцов торфа выполнено в лаборатории института наук о Земле СПбГУ. Образцы торфа предварительно были очищены от карбонатов и посторонних гуминовых кислот путём последовательной обработки 2% растворами HCl и NaOH. Калибровка радиоуглеродных дат в календарные сделана с помощью программы OxCal 4.2 с использованием калибровочной кривой IntCal13 (<https://c14.arch.ox.ac.uk>) [41]. Идентификация прослая вулканического пепла проведена на основе микронзондового анализа вулканического стекла (19 зёрен) в Радиевом институте им. В. Г. Хлопина, г. Санкт-Петербург. Рассчитанный возраст получен с учётом скоростей осадконакопления между датированными интервалами.

Результаты. Растительность исследованного участка. Разрез заложен в лиственничном низкосомкнутом багульниково-сфагновом лесу, что соответствует описанной И. К. Шишкиным [16] ассоциации *Laricetum paludosum* и группе ассоциаций лесных лиственничных беломошников с господством лиственницы ольгинской, берёзы овальнолистной и вересковых кустарников, выделенной П. П. Жудовой [12]. Лиственница не образует сомкнутого полога, её максимальная высота 20-22 м. Берёза плосколистная в составе первого яруса встречается единично. Древостой разновозрастный. Возраст древостоя по глазомерно оценивается в 300–350 лет. Средний диаметр 25–30 см, отмечаются единичные деревья лиственницы диаметром до 70–75 см. Второй ярус, состоящий только из лиственницы, высотой 10–12 м, так же не образует сомкнутого полога. Болотный массив периодически подвергается палам, о чём свидетельствует нагар на стволах лиственницы до высоты 3–3,5 м. Протяжённость этой ассоциации до 370–400 м. В подлеске выделяются 2 подъяруса: береза овальнолиственная и подрост ольхи волосистой достигают высоты 2–2,5 м с сомкнутостью 0,2–0,3. Второй подъярус подлеска сомкнутостью 0,9–1,0 и высотой до 1 м представлен багульником болотным (60%), кочками осоки мелкой (10–15 %), приуроченных к

микроразнообразиям рельефа, голубика и жимолость голубая занимают микроповышения (35–40%). Травяной покров развит слабо, с незначительным обилием отмечается таежное мелкотравье: майник двулистный (*Maianthemum bifolium* (L.) F.W. Schmidt), подмаренник северный (*Galium boreale* L.); осоки (*Carex disperma* Boott, *C. globularis* L., *C. loliacea* L.). На отмирающих осоковых кочках отмечаются княженика и брусника (*Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avror.). В моховом покрове (мощностью до 10 см) доминирует *Sphagnum squarrosum* при участии *S. girgensohnii*, *S. angustifolium* и *Alaicomnium palustre*. На мхах обычна клюква мелкоплодная. Лишайники отсутствуют.

Строение разреза, возраст торфа, скорости торфонакопления и наличие углей. Торфяная залежь в западной части болотного массива маломощная и не превышает 0,8 м. Под торфяником вскрывается темно-коричневая оторфованная глина, переходящая в серый суглинок. Нижняя часть торфяника (0,35–0,80 м) очень плотная, торф темно-коричневый, хорошо разложившийся с обилием остатков трав. Верхняя часть разреза (0,10–0,35 м) сложена желтовато-коричневым рыхлым сфагновым торфом. Очес (0–0,1 м) преимущественно состоит из сфагновых мхов.

Торфонакопление началось в позднем голоцене, в основании торфяника (инт. 0,75–0,80 м) получена ^{14}C -дата 3200 ± 80 л. н., 3430 ± 100 кал. л. н., ЛУ-7712. В средней части разреза обнаружен прослой вулканического пепла, представленный зеленовато-серым алевритом. Пепел включает трахитовое высококалийное вулканическое стекло (Рис. 2), которое по составу макрокомпонентов идентично пирокластике кальдерообразующего извержения влк. Байтоушань (Пектусан), расположенного на границе КНР и КНДР [42–45,]. Дистальной тефре присвоен индекс В-Тм по местоположению порта Томакомая (о. Хоккайдо, Япония), около которого впервые был найден и идентифицирован этот маркирующий пепловый прослой [47]. Это было одно из крупнейших эксплозивных событий планетарного масштаба за последние 2 тыс. лет. По летописным свидетельствам извержение произошло в зимний сезон 946–947 гг. нашей эры [48]. Возраст прослоя тефры, найденного в разрезе торфяника урочища Мута, подтверждается ^{14}C -датой 1070 ± 100 л. н., 1000 ± 120 кал. л. н., ЛУ-7711, полученной из нижележащего торфа (0,45–0,50 м). Вулканический пепел В-Тм найден и в разрезах торфяников Ларченкова болота (Шкотовское плато) [49], на побережье Южного и Восточного Приморья [50, 51] и в отложениях зал. Петра Великого [52].

Распределение радиоуглеродных дат и положение прослоя вулканического пепла позволили определить скорости торфонакопления: на начальном этапе формирования болота торф копился очень медленно (0,14 мм/год), в последнее тысячелетие, когда роль сфагновых мхов среди растений-торфообразователей стала ведущей, эта величина возросла до 0,35 мм/год. Временное разрешение реконструкций составляет от 405 до 140 лет.

В каждой пробе, за исключением кровли разреза, были обнаружены мелкие угли или обугленные клетки растений. Особенно высокое содержание обугленных частиц отмечено в интервалах 0,80–0,85 м; 0,70–0,75 м; 0,65–0,70 м; 0,45–0,55 м; 0,10–0,15 м. Пожары могли быть одной из причин сокращения мощности торфяной залежи в нижней части разреза [53].

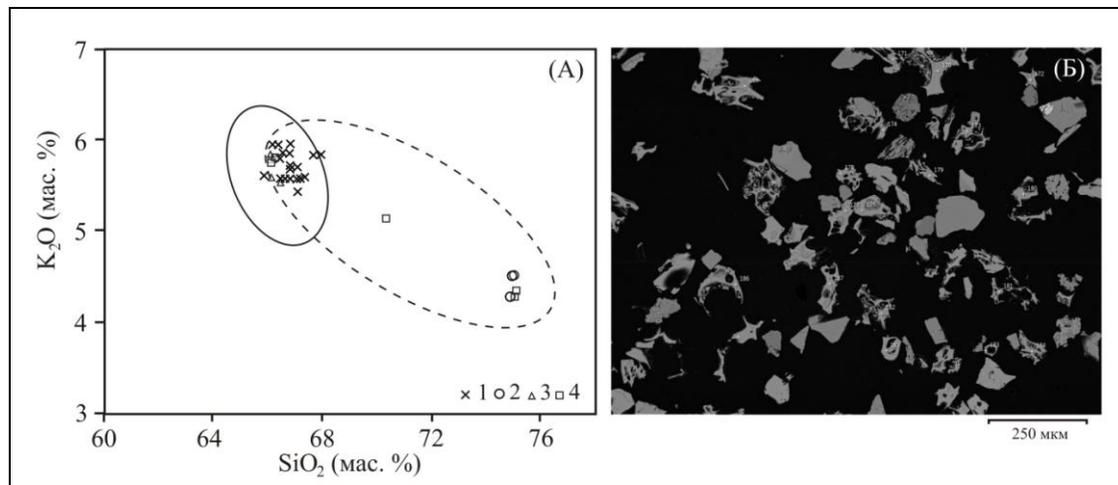


Рис. 2. Соотношение SiO_2 и K_2O в вулканическом стекле пепла В-Тм, найденного в разрезе торфяника болотного массива урочища Мута в сравнении с опубликованными данными [44] (А), фото тephры под электронным микроскопом (Б).

1 – вулканическое стекло из разреза 1814, урочище Мута; 2 – вулканическое стекло из пирокластических потоков риолитового состава в пределах постройки влк. Байтоушань; 3 – вулканическое стекло из пирокластических потоков трахитового состава в пределах постройки влк. Байтоушань, финальная фаза извержения; 4 – вулканическое стекло из дистальной зоны, данные по [44].

Fig. 2. Plot of $\text{K}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ variation showing composition of volcanic glass from peatbog section 1814 on the Muta area with the published data [44] for composition (A), SEM image of the tephra (B)
1 – volcanic glass from peatbog section 1814 on the Muta area; 2 – volcanic glass from rhyolitic pyroclastic fall deposits within Baitoushan Volcano, 2 – volcanic glass from trachytic pyroclastic fall deposits within Baitoushan Volcano, final phase of the eruption; 4 – volcanic glass from distal tephra, data by [44].

Диатомовый анализ. Осадки разреза характеризуются довольно бедным видовым и количественным содержанием диатомовых водорослей. Здесь обнаружено 57 видов и разновидностей (см. таблицу в Приложении), основное разнообразие диатомовых формируют виды обрастания (26), чуть меньше донных (23), слабо представлены планктонные (6). По географическому распространению преобладают космополиты (32), меньше бореальных видов (13) и арктических (6). По отношению к рН среды доминирующей группой являются ацидофилы и циркумнейтральные — по 20 видов, алкалифилов — 10, по отношению к солёности 28 видов — индифференты, 19 — галофобы и 3 — галофилы. В подстилающем суглинке диатомовые водоросли единичны. В разрезе торфяника выделено

9 комплексов диатомей. Учитывая низкие скорости осадконакопления на начальном этапе образования торфяника, авторы посчитали возможным в ряде случаев выделять комплексы по отдельным пробам, чтобы получить более детальную картину изменений озёрно-болотных обстановок (Рис. 3).

Комплекс 1 (инт. 0,80–0,85 м; 3555–3200 ¹⁴С л. н. / 3777–3430 кал. л. н.), выделенный из оторфованного суглинка, характеризует существование мелководного олиготрофно-дистрофного водоема. Здесь встречено 18 видов диатомей, индекс Шеннона 2,19. Ведущими являются обрастатели (до 70 %), по отношению к рН и минерализации существенно преобладают ацидофилы (до 70 %), а по отношению к солености галофобы (до 69 %). Доминирует, особенно частый в северных болотах и горных мелководных водоемах, космополит *Eunotia praerupta*, оптимальные значения рН для его развития 7,05. Субдоминантом является, широко распространенный в разнотипных водоемах, донный *Pinnularia viridis*. Из планктонных видов встречены единичные створки *Aulacoseira italica*.

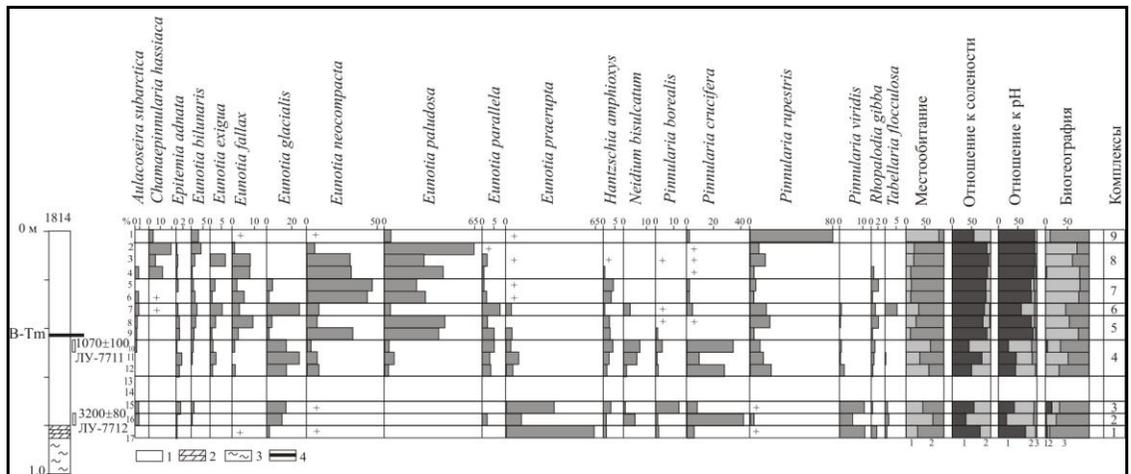


Рис. 3. Распределение диатомей в разрезе отложений 1814 урочища Мута. 1 – торф, 2 – оторфованная глина, 3 – суглинок, 4 – вулканический пепел.

Fig. 3. Diatom diagram of the peat bog section 1814, Muta area. 1 – peat, 2 – peaty clay, 3 – loam, 4 – volcanic ash.

Комплекс 2 (инт. 0,75–0,80 м; 3200–2845 ¹⁴С л. н. / 3430–3082 кал. л. н.) из основания торфяника характеризует существование более обводненного водоема. Число встреченных видов возросло до 23, индекс Шеннона 3,09. В составе диатомей ведущими становятся донные виды (68,8%), по отношению к рН и солености существенно преобладают циркумнейтральные виды (70%) и индифференты (61,7%). Доминируют, характерные для мелководных олиготрофных, в основном, северных и горных водоемов, донный *Pinnularia crucifera*, обрастатель *Eunotia glacialis*, здесь же появляются, населяющие преимущественно олиготрофно-дистрофные водоемы горных и северных районов, донный *Neidium bisulcatum* и обрастатель *Eunotia parallela*. В небольшом количестве присутствуют, поступающие с временными водотоками, планктонные *Aulacoseira*

subarctica, обрастатели *Cymbella aspera*, *Epithemia adnata* и другие виды, населяющие как стоячие, так и текучие воды. Из торфа получена ^{14}C -дата 3200 ± 80 л. н., 3430 ± 100 кал. л. н., ЛУ-7712.

Комплекс 3 (инт. 0,70–0,75 м; 2845–2490 ^{14}C л. н. / 3082–2735 кал. л. н.). Ведущими в составе диатомей, насчитывающих 22 вида (индекс Шеннона 3,09), с небольшим перевесом становятся обрастатели (до 56 %). Доминирует *Eunotia praerupta*, существенно возрастает доля донного *Pinnularia borealis* и увеличивается содержание *Hantzschia amphioxys*, способных переносить временные осушки, что может свидетельствовать о существовании засушливых периодов в это время. На сфагновых болотах *Pinnularia borealis* предпочитает более сухие местообитания [54]. Однако полного иссушения не было, в составе диатомей в небольшом количестве отмечаются обрастатели *Epithemia adnata*, *Cymbella cistula*, *Rhopalodia gibba*, донные *Craticula cuspidata*, *Diploneis ovalis* и планктонные *Aulacoseira distans*, *A. subarctica*, которые могли заноситься в водоем во время наводнений.

В торфе в интервале 0,60–0,70 м (2490–1780 ^{14}C л. н. / 2735–2040 кал. л. н.) отмечается низкое содержание диатомей разной экологической принадлежности. Наиболее часто встречаются *Pinnularia borealis*, *P. rupestris*, *Eunotia glacialis*, единично присутствуют *Eunotia fallax*, *E. paludosa*, *E. exigua*, *E. neocompacta*, часто населяющие гигрофильные мхи.

Комплекс 4 (инт. 0,45–0,60 м; 1780–940 ^{14}C л. н. / 2040–1000 кал. л. н.) имеет много общего с комплексом 2 и свидетельствует о существовании достаточно обводненного болота. Число видов возросло до 32, индекс Шеннона 3,26–3,69. Ведущими в составе диатомей являются, в основном, донные виды. Отличительной чертой этого комплекса является заметное участие (до 5%) обрастателей *Eunotia paludosa*, *E. neocompacta* и постоянное присутствие *Eunotia exigua*, *E. fallax*, что может указывать на прогрессирующее зарастание болота мхами. Из планктонных видов встречены *Aulacoseira distans*, *A. granulata*, *A. islandica*, *A. italica*, *A. subarctica* (в сумме до 2,8%), вероятно поступавшие на болото во время сильных паводков. По отношению к рН воды приблизительно в равных количествах содержатся ацидофилы и циркумнейтральные виды, а по отношению к солености галофобы и индифференты. Величина рН, оптимальная для развития доминирующих видов — 5,6–6,5. В верхней части интервала получена ^{14}C -дата 1070 ± 100 л. н., 1000 ± 120 кал. л. н., ЛУ-7711.

Комплекс 5 (инт. 0,35–0,45 м; 940–670 ^{14}C л. н. / 1000–715 кал. л. н.) характеризует развитие сфагнового болота. Видовое богатство снизилось до 23 видов (индекс Шеннона стал ниже 2,60–2,78). Ведущими в составе диатомей являются обрастатели (до 89%), среди которых доминируют *Eunotia paludosa*, *E. neocompacta*, способные обитать на гигрофильных мхах. На сфагновых болотах *Eunotia paludosa* обычно доминирует на относительно сухих местообитаниях [54]. По отношению к рН и солености абсолютное доминирование приобретают

ацидофилы (до 89%) и галофобы (до 87%). Вероятно, в последнее тысячелетие торфяник вышел из-под уровня грунтовых вод, и увеличилась роль атмосферного питания. В основании интервала обнаружен прослой маркирующего вулканического пепла В-Тм.

Комплекс 6 (инт. 0,30-0,35 м; 670-540 ^{14}C л. н./715-600 кал. л. н.). Число видов увеличилось до 28, индекс Шеннона — до 3,73. В составе диатомей в этом интервале значительно увеличивается содержание гидрофильных, характерных для мелководных олиготрофных, в основном, северных и горных водоемов, донных *Pinnularia rupestris*, *Neidium bisulcatum*, обрастателей *Eunotia glacialis*, *E. parallela*. Появляется временно планктонный, также часто населяющий водоемы холодных и горных регионов *Tabellaria flocculosa*. Некоторые авторы относят его к арктобореальным [32]. Этот вид типичный для дистрофных вод и предпочитает влажные участки [54]. Из планктонных видов найдены *Aulacoseira granulata*, *A. subarctica* (в сумме 1,2%). Подобные изменения в составе диатомей указывают, что на болоте стало больше полей открытой воды. Вероятно, условия стали более влажные и холодные.

Комплекс 7 (инт. 0,20–0,30 м; 540–270 ^{14}C л. н. / 600-270 кал. л. н.) по составу диатомей подобен комплексу 5 и характеризует существование мохового болота. Здесь обнаружено 26 видов, но поскольку есть ярко выраженный доминант *Eunotia neocompacta*, индекс Шеннона снизился до 2,61-2,63. Значения рН, вероятно, снизились до 5,6. Планктонные виды (*Aulacoseira granulata*, *A. italica*, *A. subarctica* в сумме до 1,9%), скорее всего, поступали на марь в наводнения. Комплекс 8 (инт. 0,05–0,20 м, 270-0 ^{14}C л. н. / 270-середина XX века кал. л. н.) включает 28 видов, индекс Шеннона / 2,01–2,70. Среди доминант на первое место выходит *Eunotia paludosa*, что может свидетельствовать о незначительном уменьшении увлажнения [54]. Отличительной чертой комплекса является практически полное исчезновение видов, характерных для проточных вод и появление в значительном количестве космополита *Chamaepinnularia hassiaca*, населяющего болотные мхи, мокрые скалы. Такие изменения в соотношении видов свидетельствуют о явной тенденции к более сухим условиям.

Комплекс 9 (инт. 0–0,05 м; конец XX – начало XXI века) представлен всего 10 видами диатомей, индекс Шеннона 1,32 (минимальный для разреза). Резко увеличивается доля участия *Pinnularia rupestris*, предпочитающего олиготрофные, богатые кислородом водоемы, особенно болота и торфяники. На сфагновых болотах этот вид становится доминантом на более обводненных участках, где пропорции *Eunotua paludosa* уменьшаются [54]. Об увеличении увлажнения свидетельствует и повышение доли *Eunotia bilunaris*, предпочитающего влажные участки сфагновых болот и низкие значения рН — рН 3,46 [54].

Спорово-пыльцевой анализ. В отложениях разреза обнаружено 19 таксонов древесных пород (AP), включая кустарниковую березу (*Betula* sect. *Fruticosae*) и ольховник (*Duschekia*). Большая часть таксонов характеризует растительность

окружающих горных склонов, долины и мари. Исключением является пыльца граба (*Carpinus cordata* Blume), которая занесена ветром с южных участков Приморья — северная граница его ареала расположена в 40–50 км к югу от урочища Мута в бассейнах рек, впадающих в Японское море, выше 500 м над уровнем моря граб не поднимается. В районе Национального парка в бассейне р. Уссури в настоящее время нет дуба (*Quercus mongolica* Fisch. ex Ledeb.). Присутствие его пыльцы в субрецентных спорово-пыльцевых спектрах связано с ветровым заносом из бассейна р. Милоградовка, где дуб монгольский является ландшафтным видом и поднимается до высот 600–650 м над уровнем моря, формируя пояс широколиственных лесов и по крутым склонам является содоминантом в кедрово-дубовых лесах. Отсутствие его в современной растительности на склонах в обрамлении мари не исключает его участие в палеоландшафтах в более теплых условиях, чем современные. Как и в других точках, содержание пыльцы лиственницы сильно занижено и не превышает 1 %, что связано с плохой сохранностью пыльцы в разрезах [55]. При оценке роли лиственницы в прошлом учитывалась рекомендация Р. Е. Гитерман [56, с. 21], что «даже незначительное содержание пыльцы лиственницы в спектре дает основание предполагать более значительное участие самой древесной породы в составе растительности». Следует оговорить интерпретацию пыльцы *Pinus s/g Haploxyton*, которая может принадлежать двум видам сосен: *Pinus koraiensis* Siebold et Zucc. (сосна кедровая корейская или кедр корейский) и *P. pumila* (Pall.) Regel (кедровый стланик). Поскольку коренных изменений растительности в позднем голоцене не происходило, мы должны ориентироваться на современное соотношение площадей, занятых этими видами на горных склонах, окружающих мари. И хотя площадь пояса кедрового стланика на г. Облачная довольно значительна [8], а также он присутствует на г. Сестра, по-видимому, большая часть пыльцы этого таксона принадлежит кедру корейскому. Об усилении заноса пыльцы кедрового стланика в район мари, а, следовательно, расширении пояса кедрового стланика, можно говорить при увеличении содержания пыльцы других растений, характерных для верхних поясов леса, в первую очередь березы каменной (*Betula* sect. *Costatae*) и ольховника (*Duschekia*). Вероятно, такие изменения могли происходить в похолодания.

В группу трав и кустарничков (NAP) входят 15 таксонов, все они представлены во флоре Национального парка [7]. В инт. 0,50–0,55 м найдено одно зерно, сходное по морфологическим признакам с пыльцой амброзии. В палиноспектрах наиболее представительны семейства, встречающиеся на мари, в меньшей степени спектры отражают травяной покров окружающих лесов. В спорах преобладают папоротники и сфагновые мхи при подчиненном участии плаунов. В небольшом количестве обнаружены споры рода *Osmunda*. Локальные пыльцевые зоны выделялись, в основном, по изменению соотношения древесных и кустарничков с учетом распределения других таксонов (Рис. 4).

В составе темнохвойных лесов стала доминировать ель. Лиственница на мари стала заметной в растительном покрове во второй половине рассматриваемого периода. На болоте с лиственничником преобладали осоковые ассоциации с участием розоцветных (Rosaceae) и лютиковых (Ranunculaceae). Как и в современных условиях, розоцветные, возможно, были представлены лабазником дланевидным (*Filipendula palmata* (Pall.) Maxim.), спиреей иволистной (*Spiraea salicifolia* L.), возможен занос пыльцы розоцветных со склонов: черемух — обыкновенной (*Padus avium* Mill.) и Маака (*P. maackii* (Rupr.) Kom. и рябин — похуашаньской (амурской) (*Sorbus pochuashanensis* (Hance) Hedl.) и бузинолистной (*S. sumbucifolia* Cham. et Schlecht.). Лютиковые могли быть широко представлены в травяном покрове хвойно-широколиственных лесов. Среди спор появились плауны. Вероятно, заболачивание поверхности в этой части мари началось в оптимум суббореала, когда климатические условия были теплее современных.

Палинозона 3 (инт. 0,60–0,80 м; 1780–3200 ¹⁴C л. н. / 1810–3430 кал. л. н.) отражает развитие растительности при снижении температурного фона и увлажнения во второй половине суббореала с постепенным сокращением доли широколиственных (от 16,3 до 10,6 %) и увеличении роли кедра корейского (с 25,5 до 43 %). В составе ельников, возможно, большую роль стала играть ель корейская, распространенная в долинах рек, повышается доля пыльцы *Picea* sect. *Euripicea*. Роль темнохвойных возросла около 2845–2135 ¹⁴C л. н. / 3025–2215 кал. л. н. (содержание пыльцы темнохвойных достигло 31,4%), что совпадает с похолоданием на границе суббореал-субатлантик. В торфе, образованном в этот временной интервал, в группе NAP среди представителей семейства Ericaceae отмечено много пыльцы грушанок, характерных для травяного яруса хвойно-широколиственных лесов и высокогорных ельников. В целом, в лесной растительности возрастает роль берез. Присутствие пыльцы ив свидетельствует об активном зарастании поймы реки. На начальном этапе в покрове кедрово-широколиственных лесов был распространен чистоустник (*Osmunda*). К концу этапа в подлеске лесов была широко представлена лещина. Сильно увеличивается содержание пыльцы полыни, характерной для травяного покрова сухих кедровников с дубом и дубняков. Возможен занос пыльцы полыни (полынь зайцеголовая — *Artemisia lagocephala* (Bess.) DC.) с верхних частей склонов, с каменистых осыпей. Появляется пыльца капустных, вероятно, ставших более распространенными по берегам рек и ручьев, сейчас обычны виды из родов резуха (*Arabis*), сердечник (*Cardamine*). Участие кустарниковой березы (*Betula* sect. *Froticosae* — 14 %) несколько возросло во время похолодания около 2590–2135 ¹⁴C л. н. / 2620–2215 кал. л. н., сопровождавшегося иссушением. На мари стал более развит кустарниковый ярус, представленный березой овальнолистной и вересковыми, обилие спор *Sphagnum* свидетельствует о развитии мохового покрова. Марь стала зарастать лиственницей. В этих же слоях появляется пыльца ольховника, группировки которого встречаются у

верхней границы леса на контакте березняков и кедрового стланика [8]. Можно предположить, что площадь зарослей ольховника, а возможно, и кедрового стланика, в похолодание расширялась. Присутствие пыльцы граба в верхней части горизонта, судя по положению его ареала, говорит об усилении ветров южных направлений в начале лета.

Палинозона 4 (инт. 0,40–0,60 м; 1780–800 ^{14}C л. н./1810–800 кал. л. н.) из торфа, в верхней части которого найден прослой вулканического пепла В-Тм, характеризует увеличение роли кедр корейского (*Pinus s/g Haploxylon*) до 67%. На абс. отметках около 500–600 м господствовали широколиственно-кедровые леса, в том числе и кедровники разнообразного состава. В современных «чистых» кедровниках, распространенных по пологим склонам и уплощенным участкам, травяной покров разрежен и состоит из осок и мелкотравья, включая грушанки, пыльца которых присутствует в палиноспектрах (до 23,6%). В сухих кедровниках с дубом в травостое могли присутствовать осоки, полынь, содержание пыльцы последней в группе NAP достигает 24,7%. В долине на надпойменных террасах, вероятно, были распространены влажные кедровники с ильмом, липой, орехом. В современных аналогах хорошо развит травяной покров из папоротников, с разнотравьем и осоками. Нижняя граница пояса елово-пихтовых лесов, возможно, смещалась вверх. Палиноспектры свидетельствуют, что в лесном покрове широко были представлены плауны. Изменение в соотношении пыльцы в группе NAP свидетельствует, что на болоте резко сократилась роль осок, стал более развит ярус вересковых кустарников и кустарничков, сократилось участие лютиковых, а на участках осыпей стало больше полыни.

Палинозона 5 (инт. 0,35–0,40 м; 800–670 ^{14}C л. н. / 800–700 кал. л. н.) отличается резким снижением доли пыльцы кедр корейского, увеличением содержания пыльцы темнохвойных (29,2 %) и широколиственных (в сумме 11,7 %). По-видимому, в конце малого оптимума голоцена условия стали более благоприятные для развития широколиственных лесов, в первую очередь дубовых, и белоберезовых лесов в соответствующих местообитаниях, возможно возникших на месте широколиственно-кедровых лесов. Снижение участия кедр корейского могло произойти после пожаров в предыдущий более сухой период. Более влажные условия были благоприятными для расширения зоны пихтово-еловых лесов (содержание пыльцы *Abies* и *Picea* в сумме 29 %). В долине наряду с ольховниками существовали ивняки. В пойме постоянно или периодически существовали участки, лишенные растительности (отмели, косы, низкий уровень поймы). Именно на таких местах и развиты ивняки. Об увеличении увлажнения свидетельствует резкое увеличение содержания пыльцы осок и сокращение роли вересковых.

Палинозона 6 (инт. 0,15–0,35 м; 670–130 ^{14}C л. н./700–150 кал. л. н.), выделенная из рыхлого сфагнового торфа, характеризует растительность, существовавшую в малый ледниковый период. Господствовали хвойные леса (в

сумме содержание пыльцы до 75%): доля пыльцы темнохвойных повысилась до 33,7%, несколько выросло содержание пыльцы кедра корейского (до 36,7%). Роль широколиственных сильно сократилась (содержание пыльцы в сумме составляет 3,8–7,4%), вероятно, верхняя граница пояса широколиственно-кедровых лесов стала ниже (□500 м). Дуб, существовавший по локальным участкам, в это время, видимо, исчез со склонов, окружающих марь. Ива и ольха были по-прежнему широко представлены в долинных лесах. На мари была распространена кустарниковая береза, вересковые кустарники и кустарнички. Появление пыльцы камнеломковых говорит о ее переносе с верхнего пояса и косвенно о широком развитии открытых скальных участков и курумов на горных склонах. Пыльца могла принадлежать и селезеночникам, обитающих по сырým участкам около рек и ручьев. В палиноспектрах обнаружено высокое содержание пыльцы полыни (до 25 %), по-видимому, она могла приноситься и с каменных россыпей и осыпей, которые сейчас занимают большие площади на территории парка [7]. Активизация склоновых процессов характерна при разномасштабных похолоданиях плейстоцена-голоцена [58]. По-видимому, грубообломочные образования на склонах во многом следы этих активных процессов в малый ледниковый период. В торфе этого возраста обнаружена пыльца маревых (*Chenopodiaceae*). Пыльца могла быть занесена с речных отмелей и сухих склонов, типичных местообитаний маревых естественной флоры данного района. В современных условиях в данном районе вероятно присутствие следующих видов маревых: *Chenopodium vacheli* Hook. et Arn., *Axyris amaranthoides* L. на речных отмелях; *Chenopodium hybridum* L., *C. bryonifolium* Bunge, *Teloxis aristata* (L.) Moq. на скалах, каменистых россыпях, сухих склонах, в осветлённых лесах.

Палинозона 7 (инт. 0,10–0,15 м; конец XIX – начало XX века) отражает широкое развитие кедровников, вероятно, в исторический этап, предшествовавший активному освоению территории, в первую очередь долины р. Усури. Найдена пыльца граба, что отвечает современной метеорологической ситуации — преобладанию ветров южных румбов в начале лета [23].

Палинозона 8 (инт. 0–0,10 м; с 1950-х гг.), выделенная из очёса, характеризует изменения в растительности, которые произошли в последние десятилетия. Существенно снизилось содержание пыльцы древесных (до 20 %), в составе AP резко повысилась доля пыльцы берез, что отвечает развитию вторичных, преимущественно березовых лесов на месте рубок и гарей на склонах и в долине. В палиноспектрах снижается содержание пыльцы кедра корейского (31 %) и темнохвойных, особенно в кровле торфяника (в сумме до 12 %), что полностью отражает предпочтения лесозаготовителей — в первую очередь вырубались кедр корейский, ель и пихта [20]. Одной из причин сокращения участия пыльцы ели может быть её усыхание [20]. Доля пыльцы широколиственных увеличивается до 6 %, но остается меньше, чем в предшествующие теплые фазы позднего голоцена. В настоящее время

широколиственные леса имеют ограниченное распространение на территории парка. Пыльца дуба, скорее всего, была занесена с бассейна р. Милоградовка.

Обсуждение. Роль климатических изменений. Малоамплитудным климатическим изменениям в среднем-позднем голоцене в последние годы уделяется большое внимание [59–62], поскольку это наиболее вероятные аналоги возможных будущих изменений природной среды при разнонаправленных климатических трендах. Составлены сводки в глобальном масштабе по проявлению холодных событий голоцена [62], выделены временные интервалы с нестабильными климатическими условиями [63]. Теплые эпизоды голоцена рассматриваются как возможные сценарии развития природной среды при глобальном потеплении [64–66], которое является основной тенденцией смены климатического режима последних десятилетий, в том числе и в Дальневосточном регионе [67]. Представляет большой интерес преломление событий глобального масштаба на региональном уровне, а для юга Дальнего Востока особенно важным является получение информации по реакции горных ландшафтов на малоамплитудные разнонаправленные климатические флуктуации, поскольку большая часть изученных разрезов, обеспеченных данными радиоуглеродного датирования, расположена на побережье [68].

Результаты комплексного изучения разреза торфяника показывают, что болотные геосистемы урочища Мута весьма чувствительны к изменениям природной среды, в первую очередь, климата. Это отчасти обусловлено высотным положением урочища, которое находится в поясе кедрово-широколиственных лесов, а также связано с особенностями гидрологического режима болота, развитие которого шло в пределах обширной уплощенной поверхности водораздела. В питании болотного массива главенствующую роль играли атмосферные осадки при подчиненном значении грунтовых вод.

Болотные обстановки получили широкое распространение в урочище в начале позднего голоцена (~3910 ¹⁴C л. н. / 4240 кал л. н.). Активизация болотообразовательного процесса в условиях теплого и влажного климата в это время отмечена на горных плато Южного Сихотэ-Алиня (Шкотовское, Сергеевское плато), на уплощенных поверхностях крупных оползней – район Солонцовских (Шандуйских) озер, расположенных в поясе темнохвойных лесов, в речных долинах и на побережье Японского моря [49; 69–72]. Возможно, в очаге заболачивания в центральной части урочища Мута, где мощность торфа, по оценке П. П. Жудовой [12], до 1,5 м, торфонакопление началось раньше. Вероятно, в среднем голоцене при более высокой водности рек [58; 73], большие участки водораздела попадали в зону эрозии.

В разрезе торфяника и подстилающих суглинках зафиксировано несколько холодных и теплых эпизодов позднего голоцена, которые оказали существенное влияние на динамику болотных и горных ландшафтов. Рассмотрим эффект похолоданий и потеплений на изменение биотических компонентов ландшафтов.

Одним из палеоклиматических событий второй половины голоцена было похолодание на границе среднего-позднего голоцена около 4700–4500 ^{14}C л. н. / 5410–5170 кал. л., имевшее глобальный характер [59; 74] и ярко проявившееся на материковой части юга Дальнего Востока [57; 75]. Как и в других районах Восточной Азии [62], здесь оно сопровождалось существенным снижением среднегодового количества атмосферных осадков (на 500 мм по сравнению с оптимумом голоцена или на 100 мм ниже современных значений), среднегодовые температуры на побережье были на 1–1,5 $^{\circ}\text{C}$ ниже современных [57]. В районе урочища Мута нижняя граница пояса хвойных лесов располагалась как минимум на 100–150 м ниже современной.

Похолодание на границе суббореал-субатлантик, сопоставляемое с глобальным холодным событием около 2800–2600 л. н., вызванным существенным снижением солнечной активности [59; 61; 62], не вызвало значительных изменений горных ландшафтов в пределах пояса кедрово-широколиственных лесов на высотах около 500 м. В целом, в лесной растительности сократилось участие широколиственных пород. Некоторое увеличение содержания пыльцы темнохвойных пород в торфе этого возраста свидетельствует о снижении нижней границы пояса пихтово-еловых лесов. По данным изучения торфяников Шкотовского плато существенные ландшафтные изменения — экспансия темнохвойных лесов на этом рубеже происходила на высотах около 700–750 м [49]. На болотном массиве урочища Мута около 2845–2490 ^{14}C л. н. / 3082–2735 кал. л. н. отмечена тенденция к осушению. В это время часты были пожары. Пирогенный фактор наряду с похолоданием мог быть причиной широкого развития кустарниковой березы на мари (около 2590–2135 ^{14}C л. н. / 2620–2215 кал. л. н.) и берёз с лещиной в лесах на горных склонах. На болотном массиве условия были особенно засушливыми около 2490–1780 ^{14}C л. н. / 2735–2040 кал. л. н., что в целом характерно и для других районов Сихотэ-Алиня [49; 57; 71; 72] и юга Дальнего Востока [75]. Учитывая экологический оптимум лиственницы ольгинской, которая является гигромезофитом и более теплолюбива по сравнению с другими дальневосточными лиственницами [76], можно предположить, что сумма активных температур была не меньше 1600 $^{\circ}\text{C}$, осадков выпадало не меньше 600 мм в год. В целом снижение количества атмосферных осадков во время этого холодного события характерно для муссонных областей Восточной Азии [61; 62].

Глобальное похолодание, выделяемое около 1750–1350 кал. л. н., характеризуется резкими и существенными отрицательными температурными аномалиями [62]. Это было одним из продолжительных холодных периодов позднего голоцена. В районе урочища Мута в лесной растительности резко увеличилась роль кедра корейского, на абс. отметках около 500–600 м господствовали широколиственно-кедровые леса. Нельзя исключать, что часть пыльцы *Pinus* s/g *Haploxylon* могла принадлежать и кедровому стланнику и, возможно, его пояс в это похолодание был более широко представлен выше верхней границы леса. Болото в это похолодание было более обводнено, по сравнению с предыдущим холодным

эпизодом, и активно зарастало мхами. Эпизодическое присутствие планктонных видов диатомей говорит о прохождении сильных наводнений. Следы сильных наводнений этого возраста в виде прослоев суглинков или разнотернистых песков в разрезах торфяников обнаружены на побережье бух. Кит. Возраст двух катастрофических событий определен около 1720 ± 60 л. н., 1640 ± 70 кал. л. н., ЛУ-8279; 1520 ± 60 л. н., 1430 ± 70 кал. л. н., ЛУ-7332 [71].

В малый ледниковый период, также имевший глобальное проявление, по разным оценкам, с 1200 по 1800 гг. н. э. [62] или 1300–1850 гг. н.э. [78], лесная растительность в обрамлении урочища претерпела довольно существенные изменения: расширился пояс темнохвойных лесов, большие площади на склонах гор стали занимать открытые пространства. Резко сократилась роль широколиственных, скорее всего, дуб исчез из этой части бассейна р. Уссури во время похолодания. По-видимому, активизировались склоновые процессы, широкое развитие получили курумы и осыпи. На болоте широкое распространение получили сфагновые мхи. Состав диатомей показывает, что более холодным было начало малого ледникового периода ($670\text{--}536$ ^{14}C л. н. / $715\text{--}600$ кал. л. н.), что совпадает с данными, полученными для Южного Сихотэ-Алиня [71; 72] и другим районам юга Дальнего Востока [79]. Для первой половины периода ($700\text{--}500$ кал. л. н.) в верховьях р. Уссури были характерны сильные наводнения.

Из потеплений позднего голоцена в районе урочища наиболее отчетливо проявился оптимум суббореала, одно из ярких событий глобального масштаба [59; 74]. В Приморье это потепление было близким по амплитуде к оптимуму голоцена, но более кратковременным, среднегодовая температура превышала современную на $2.5\text{--}3$ °C [57]. Для Япономорского региона этот период характеризуется активизацией летнего муссона [80; 81; 82], усилением циклонической активности, в том числе повторяемости экстремальных тропических и внетропических циклонов, приносящих ливневые осадки.

На изученном участке на рубеже около 3910 ^{14}C л. н. / 4240 кал. л. н. верхняя граница пояса кедрово-широколиственных лесов, по-видимому, располагалась выше современного положения, как минимум на $100\text{--}150$ м. Вероятно, в лесной растительности участвовал дуб. В составе долинных лесов также были широко представлены широколиственные (орех, ильм) и ольха. По данным, полученным для Шкотовского плато, полидоминантные широколиственные леса с участием кедра корейского, а затем кедрово-широколиственные были распространены на высотах более $700\text{--}750$ м [49]. В районе урочища Мута такая растительность без значительных изменений существовала до 3200 ^{14}C л. н./ 3430 кал. л. н. в условиях снижения температурного фона [57], что близко к времени начала одного из холодных событий позднего голоцена $3300\text{--}2500$ кал. л. н. [62].

Кратковременная теплая фаза в начале субатлантика, хорошо выделяющаяся на Шкотовском плато и побережье Восточного (бух. Кит) и Южного Приморья [49; 51; 83], в урочище Мута не проявилась.

В малый оптимум голоцена в горных ландшафтах широкое распространение имели кедровники. Увеличение роли кедра корейского среди лесной растительности отмечено и в других районах Приморья [71]. Увеличение роли широколиственных в лесной растительности зафиксировано в конце малого оптимума голоцена. На горных склонах, окружающих марь, были распространены дубовые и белоберёзовые леса в соответствующих местообитаниях. Увеличение роли широколиственных, в первую очередь дуба, в конце потепления (950-790 кал. л. н.) отмечено и на побережье Южного Приморья [51]. Для малого оптимума голоцена в верховьях р. Уссури были характерны сильные наводнения, о чём свидетельствует присутствие планктонных видов диатомей среди ассоциации, типичной для сфагновых болот.

Хронология палеопожаров. Неравномерное распределение углей и обугленных клеток растений в изученном разрезе торфяника позволило выделить периоды активизации палеопожаров. Частые пожары в урочище происходили около 3555–3200 ^{14}C л. н. / 3780–3430 кал. л. н.; 2845–2490 ^{14}C л. н. / 3080–2735 кал. л. н.; 2135–1780 ^{14}C л. н. / 2390–2040 кал. л. н.; 1425–940 ^{14}C л. н. / 1690–1000 кал. л. н. Время проявления палеопожаров хорошо совпадает с хронологией пирогенных событий по региону, приуроченных к относительно засушливым периодам и, как правило, к похолоданиям [84]. Так активизация пожаров на близко расположенных участках Сихотэ-Алиня происходила: на Сергеевском плато около 3380–3110 ^{14}C л. н. / 3670–3310 кал. л. н. 2550–2210 ^{14}C л. н. / 2620–2210 кал. л. н.; в 2140–1940 ^{14}C л. н. / 2130–1920 кал. л. н., 1640–1240 ^{14}C л. н. / 1600–1180 кал. л. н., 995–420 ^{14}C л. н. / 980–390 кал. л. н. (неопубликованные данные авторов); на побережье бух. Кит около 3370–3480 ^{14}C л. н. / 3660–3800 кал. л. н. и 3040–3150 ^{14}C л. н. / 3240–3380; около 1520±60 ^{14}C л. н. / 1430±70 кал. л. н. [77, 84]. В районе Шандуйских озер пожары проходили около 2870–2600 ^{14}C л. н. / 2960–2620 кал. л. н.; 2060–1530 ^{14}C л. н. / 1940–1280 кал. л. н.; 1800–1530 ^{14}C л. н. / 1610–1280 кал. л. н.; 740–610 ^{14}C л. н. / 770–690 кал. л. н. [72]. В долине р. Бикин выделяются следующие пирогенные события: в среднем течении — 3430–3625 ^{14}C л. н. / 3700–3965 кал. л. н.; около 2040±90 ^{14}C л. н. / 2020 ±110 кал. л. н., ЛУ-7342 (марь Диллалакчи); 2700–3510 ^{14}C л. н. / 2810 –3765 кал. л. н., 1915–2500 ^{14}C л. н. / 1936–2590 кал. л. н., 1720–1330 ^{14}C л. н. / 1720 –1280 кал. л. н.), 1085–1130 ^{14}C л. н. / 1010–1060 кал. л. н.; 950–995 ^{14}C л. н. / 870 –920 кал. л. н. (марь Красный Яр); в нижнем течении – 910–1340 ^{14}C л. н. / 880 –1260 кал. л. н. (марь Сахалин) [71, 84]. Следует отметить, что в отличие от других районов, следов средневековых пожаров в пределах урочища Мута не было обнаружено. Вероятно, их развитию препятствовало обводнение болота. Здесь не играл роли в возникновении пожаров и антропогенный фактор, поскольку суровые условия межгорной котловины в малый ледниковый период не были благоприятными для поселения людей. В верхней части разреза, скорее всего, фиксируется пожар 1924 г., о котором сообщала П. П. Жудова [12].

В 1946 г. на болоте Листвяги (урочище Мута) она обследовала обширную гарь, на которой древесный ярус был представлен березой плосколистной и ольхой пушистой [12, с. 135, 149]. Крупный пожар, прошедший на территории парка в середине 1980-х годов, когда выгорела значительная часть леса в междуречье ручьев Сестринский и Светлый [20], слабо затронул марь, в очесе (на глубине 0,05–0,10 м) найдены лишь редкие обугленные остатки растений.

Изучение разреза торфяника убедительно показало, что белоберёзовые леса, широко распространенные в верховьях р. Уссури, являются молодыми образованиями и возникли в результате хозяйственного освоения этого участка во второй половине XX века. Одним из факторов их возникновения были пожары антропогенной природы и вырубки кедра корейского и темнохвойных.

Выводы.

1. Урочище Мута является одним из информативных объектов для изучения реакции ландшафтов среднегорья Сихотэ-Алиня на малоамплитудные разнонаправленные климатические изменения. В последние 4,7 тыс. ^{14}C л. н. / 5,4 тыс. кал. л. н. локальная болотная растительность, долинские и горные ландшафты существенно менялись, и климат являлся основным фактором, определяющим их динамику.
2. Выделены похолодания и потепления, наиболее значимые в развитии биотических компонентов ландшафтов. Наряду с изменениями температуры довольно существенно менялась увлажненность. Активное заболачивание уплощенной поверхности урочища произошло в начале позднего голоцена в более теплых и влажных условиях по сравнению с современными. Выделены периоды, когда условия становились очень засушливыми, что, как правило, наблюдалось в похолодания.
3. Одним из факторов, определяющих изменение биотических компонентов, были пожары. Определен возраст палеопожаров, периоды их активизации, как правило, совпадают со снижением увлажнения в похолодания.
4. Результаты изучения торфяника подтверждают, что антропогенная трансформация ландшафтов долины в верхнем течении р. Уссури произошла в XX веке. Изменения, происходившие до освоения этого участка, имели природный характер.

Благодарности. Авторы благодарят Ю. И. Берсенева за помощь в организацию полевых работ, Н. П. Домра (ФНЦ Биоразнообразия ДВО РАН, г. Владивосток) за подготовку проб к спорово-пыльцевому анализу и Ю.Л. Крецера (Радиовый институт им. В. Г. Хлопина, г. Санкт-Петербург) за микронзондовый анализ вулканического стекла.

Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант 15-05-00171 и в рамках программы фундаментальных исследований ДВО РАН «Дальний Восток», проект 15–I–6–097.

Литература

1. Ганешин Г.С. О причинах речных перехватов в хребте Сихотэ-Алинь // Изв. ВГО. 1958. Т. 90. Вып. 4. С. 363–366.
2. Худяков Г.И., Денисов Е.П., Короткий А.М., Кулаков А.П., Никонова Р.И., Чернобровкина Е.И. Юг Дальнего Востока. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока. – М.: Наука, 1972. 423 с.
3. Короткий А.М. Перестройки речной сети в Приморье: причины, механизмы и влияние на геоморфологические процессы // Геоморфология. 2010. № 2. С. 78–91. ISSN 0435-4281
4. Берсенев Ю.И. История создания и становления национального парка. // Национальный парк «Зов тигра». – Владивосток: Дальнаука, 2014. С.8–12. ISBN 978-5-8044-1472-7
5. Берсенев Ю.И., Христофорова Н.К. Особо охраняемые природные территории Приморского края. – Владивосток: Изд. Дом Владивосток, 2016. 68 с. ISBN 978-5-7442-1594-1
6. Прокопенко С.В. Таксономический состав и анализ высокогорной флоры Южного Сихотэ-Алиня // Комаровские чтения. 2011. Вып. LVIII. Владивосток: Дальнаука, 2011. С. 31–131. ISSN 1997-1869
7. Прокопенко С.В., Кожевников А.Е. Сосудистые растения национального парка «Зов тигра» // Комаровские чтения. 2012. Вып. LIX. Владивосток: Дальнаука, 2012. С. 230–262. ISSN 1997-1869
8. Киселев А.Н., Кудрявцева Е.П. Высокогорная растительность южного Приморья. – М.: Наука. 1992. 117 с. ISBN 5-02-003822-9
9. Аржанова В.С., Елпатьевский П.В. Геохимия, функционирование и динамика горных геосистем Сихотэ-Алиня (юг Дальнего Востока России). – Владивосток: Дальнаука, 2005. 253 с. ISBN 5-8044-0561-6
10. Павлюткин Б.И., Петренко Т.И. Стратиграфия палеоген-неогеновых отложений Приморья. – Владивосток: Дальнаука, 2010. 164 с. ISBN 978-5-8044-1090-3
11. Берсенев Ю.И. Геологическое строение // Национальный парк «Зов тигра». – Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 13–19. ISBN 978-5-8044-1472-7
12. Жудова П.П. Растительность и флора Судзухинского государственного заповедника Приморского края // Труды Сихотэ-Алинского гос. заповедника. – Владивосток: Дальневост. кн. изд-во, 1967. Вып. 4. С. 3–245.
13. Пономаренко В.М. Верхняя граница леса на горе Облачной в Южном Сихотэ-Алине // Сообщ. ДВФ СО АН СССР. 1960. Вып. 13. С. 73–77.
14. Пономаренко В.М. О динамике верхней границы леса в горах Южного Сихотэ-Алиня // Изв. СО АН СССР. 1961. Вып. 5. С.100–109.
15. Коньков А.Ю. Флора и растительность // Национальный парк «Зов тигра». – Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 35–48. ISBN 978-5-8044-1472-7
16. Шишкин И.К. К познанию ольгинской лиственницы (*Larix olgensis* A. Henry) // Ботанический журнал СССР. 1933. Т. 18, № 3. С. 162–210.
17. Красная книга Приморского края: Растения. Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и грибов. / Отв. ред. А.Е. Кожевников. – Владивосток: АВК «Апельсин», 2008. 688 с. ISBN 978-5-98137-017-5
18. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы). / Отв. ред. Ю.П. Трутнев. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. 855 с. ISBN 978-5-87317-476-8
19. Крестов П.В., Верхолат В.П. Редкие растительные сообщества Приморья и Приамурья. – Владивосток: ДВО РАН, 2003. 203 с. ISBN 5-7442-1340-6
20. Берсенев Ю.И., Качур А.Н. Экологическое состояние территории национального парка // Национальный парк «Зов тигра». – Владивосток: Дальнаука, 2014. С.109–111. ISBN 978-5-8044-1472-7

21. Пономаренко В.М. К вопросу о возобновлении корейской ели в верхней части бассейна р. Улахе // Сообщ. ДВФ СО АН СССР. 1960. Вып. 13. С. 103–105.
22. Атлас лесов Приморского края. Карта «Особо охраняемые природные территории и территории со специальными ограничениями лесопользования. М 1: 500 000. / Отв. ред. С.М. Краснопеев, В.А. Розенберг. – Владивосток: ДВО РАН, 2005. С. 62–71. ISBN: 5-7442-1405-4
23. Скрыльник Г.П. Климат // Национальный парк «Зов тигра». – Владивосток: Дальнаука, 2014. С. 19–27. ISBN 978-5-8044-1472-7
24. Диатомовые водоросли СССР: (ископаемые и современные). / Отв. ред. З.И. Глезер, А.П. Жузе. – Л.: Наука, 1974. Т 1. 400 с.
25. Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С. Определитель пресноводных водорослей СССР. Диатомовый анализ. – М.: Изд-во Советская наука, 1951. Вып. 4. 619 с. ISBN 978-5-4458-6224-6
26. Krammer K. The genus *Pinnularia* // *Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats.* / Ed. H. Lange-Bertalot. – Ruggell: A.R.G. Cantner Verlag K.G., 2000. V. 1. 703 p. ISBN 13: 97839041444247
27. Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae.* – Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1986. 876 p. ISBN 3437304038
28. Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae. Teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae.* – Stuttgart, Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1991. 576 p. ISBN 3437305417
29. Krammer K., Lange-Bertalot H. *Bacillariophyceae. Teil 4: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema.* – Stuttgart, Jena: VEB Gustav Fischer Verlag, 1991. 437 p. ISBN 3437306642
30. Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей – индикаторов окружающей среды. – Тель-Авив: PiliesStudio, 2006. 498 с. ISBN 9657272181
31. Давыдова Н.Н. Диатомовые водоросли – индикаторы природных условий водоемов в голоцене. – Л.: Наука, 1985. 244 с.
32. Харитонов В.Г. Конспект флоры диатомовых водорослей (*Bacillariophyceae*) Северного Охотоморья. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2010. 189 с. ISBN 978-5-94729-117-9
33. Покровская И.М. Методика камеральных работ // Палеопалинология. / Отв. ред. И.М. Покровская. – Л.: Недра, 1966. Т. 1. С. 32–61.
34. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. / Отв. ред. С.С. Харкевич. Т.2. – Л.: Наука, 1987. 446 с.
35. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. / Отв. ред. С.С. Харкевич. Т. 3. – Л.: Наука, 1988. С. 173–403. ISBN 5-02-026591-8
36. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. / Отв. ред. С.С. Харкевич. Т. 4. – Л.: Наука, 1989. С. 1–24. ISBN 5-02-026577-2
37. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. / Отв. ред. С.С. Харкевич. Т. 5. – СПб: Наука, 1991. С. 119–166. ISBN 5-02-026706-6
38. Сосудистые растения советского Дальнего Востока. / Отв. ред. С.С. Харкевич. Т. 8. – СПб: Наука, 1996. 383 с. ISBN 5-02-026047-9
39. Флора российского Дальнего Востока: Дополнения и изменения к изданию «Сосудистые растения советского Дальнего Востока. Т. 1–8 (1985–1996) / Отв. ред. А.Е. Кожевников, Н.С. Пробатова. – Владивосток: Дальнаука, 2006. 456 с. ISBN 5-8044-0534-9.
40. Ignatov M.S., Afonina O.M., Ignatova E.A. et al. Check-list of mosses of East Europe and North Asia // *Arctoa*. 2006. V. 15. P. 1–130. ISSN 0131-1379
41. Bronk Ramsey C. Deposition models for chronological records // *Quaternary Science Reviews*. 2008. V. 2. № 1–2. P. 42–60. ISSN 0277-3791
42. Сахно В.Г. Вулкан Пектусан: хронология извержений, состав и эволюция магм на основе K-Ar датирования и изотопов $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ и $\delta^{18}\text{O}$ // ДАН. 2007. Т. 412. № 2. С. 226–233. ISSN 0869-5652

43. Сахно В.Г., Уткин И.В. Пеплы вулкана Чанбайшань в осадках Японского моря: идентификация по микро- и редкоземельным элементам и определения возраста их извержений // ДАН. 2009. Т. 428. № 5. С. 641–647. ISSN 0869-5652
44. 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. Clarifying the distal to proximal tephrochronology of the Millennium (B-Tm) eruption, Changbaishan Volcano, northeast China // Quaternary Geochronology. 2016. V. 33. P. 61–75. ISSN 1871-1014
45. Horn S., Schmincke H.-U. Volatile emission during the eruption of Baitoushan Volcano (China/North Korea) ca. 969 AD // Bull. Volcanol. 2000. V. 61. P. 537–555. ISSN 0258-8900
46. Oppenheimer C., Wacker L., Xu J., Galván J.D., Stoffel M., Guillet S., Corona C., Sigl M., Cosmo N.D., Hajdas I., Pan B., Breuker R., Schneider L., Esper J., Fei J. Hammond J.O.S., Büntgen U. Multi-proxy dating the “Millennium Eruption” of Changbaishan to late 946 CE // Quaternary Science Reviews. 2017. V. 158. P. 164–171. ISSN 0277-3791
47. Machida H. The stratigraphy, chronology and distribution of distal marker-tephras in and around Japan // Global and Planetary change. 1999. V. 21. P. 71–94. ISSN 0921-8181
48. Xu J., Pan B., Liu T., Hajdas I., Zhao B., Yu H., Liu R., Zhao P. Climate impact of the Millenium eruption of Chanbaishan volcano in China: insight from high-precision radiocarbon wiggle-match dating // Geophysical Research Letters. 2013. V. 40. № 1–6. P. 1–6. ISSN 1944-8007
49. 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. Развитие ландшафтов Шкотовского плато Сихотэ-Алиня в позднем голоцене // Известия РАН. Серия географическая. 2016. № 3. С. 65–80. ISSN 0373-2444
50. 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. Осадки исторических и палеоцунами на побережье Восточного Приморья // Тихоокеанская геология. 2015. № 1. С. 79–95. ISSN 0207-4028
51. 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. Развитие ландшафтов полуострова Муравьева-Амурского в среднем-позднем голоцене по данным изучения отложений побережья бухты Муравьиная (Южное Приморье) // Успехи современного естествознания. 2017. № 2. С. 110–122. ISSN 1681-7494
52. Акуличев В.А., Астахов А.С., Малахов М.И., Аксентов К.И., Карабцов А.А., Марьяш А.А., Алаторцев А.В. Первая находка тефры катастрофических извержений вулкана Байтоушань X в. н.э. в шельфовых отложениях Японского моря // ДАН. 2016. Т. 469. № 6. С. 734–738. ISSN 0869-5652
53. Копотева Т.А., Купцова В.А. Пирогенный фактор на маревых болотах Приамурья // Вестник Северо-Восточного научного центра ДВО РАН. 2011. № 3. С. 37–41. ISSN 1814-0998
54. Nováková J., Pouličková A. Moss diatom (Bacillariophyceae) flora of the Nature Reserve Adrspassko-Teplické Rocks (Czech Republic) // Czech Phycology. 2004. V. 4. P. 75–86. ISSN 1802-5439
55. Сладков А.Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. – М.: Наука, 1967. 270 с.
56. Гитерман Р.Е. Метод спорово-пыльцевого анализа // Частные методы изучения истории современных экосистем. / Отв. ред. В.Е. Соколов, Л.Г. Динесман. – М.: Наука, 1979. С. 7–24.
57. Короткий А.М., Гребенникова Т.А., Пушкарь В.С., Разжигаева Н.Г., Волков В.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Базарова В.Б., Макарова Т.Р. Климатические смены на территории юга Дальнего Востока в позднем плейстоцене-голоцене // Вестник ДВО РАН. 1997. № 3. С. 121–143. ISSN 0869-7698
58. Короткий А.М. Палеогеоморфологический анализ рельефа и осадков горных стран (на примере Дальнего Востока). – М.: Наука, 1983. 246 с.

59. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Известия РАН. Серия географическая. 2014. № 2. С. 5–20. ISSN 0373-2444
60. Arslanov Kh.A., Savelieva L.A., Klimanov V.A., Chernov S.B., Maksimov F.E., Tertychnaya T.V., Subetto D.A. New data on chronology of landscape paleoclimatic stages in Northwestern Russia during the Late Glacial and Holocene // Radiocarbon. 2001. V. 43. № 2B. P. 581–594. ISSN 0033-8222
61. Wanner H., Beer J., Bütikofer J., Crowley T.J., Cubasch U., Fluckiger J., Goosse H., Grosjean M., Joos F., Kaplan J.O., Kuttel M., Muller S.A., Prentice I.C., Solomina O., Stocker T.F., Tarasov P., Wagner M., Widmann M. Mid- to Late Holocene climate change: an overview // Quaternary Science Reviews. 2008. V. 27. P. 1791–1828. ISSN 0277-3791
62. Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S.P., Jetel M. Structure and origin of Holocene cold events // Quaternary Science Reviews. 2011. V. 30. P. 3109–3123. ISSN 0277-3791
63. Mayewski, P.A., Rohling, E.E., Stager, J.C., Karlén W., Maasch K.A., Meeker L.D., Meyerson E.A., Gasse F., van Kreveld S., Holmgren K., Lee-Thorp J., Rosqvist G., Rack F., Staubwasser M., Schneider R.R., Steig E.J. Holocene climate variability // Quaternary Research. 2004. V. 62. P. 243–255. ISSN 0033-5894
64. Величко А.А. Эволюционная география: проблемы и решения. – М.: ГЕОС, 2012. 563 с. ISBN 978-5-89118-587-6
65. Величко А.А., Борисова О.К. Палеоаналоги глобального потепления XXI столетия // ДАН. 2011. Т. 438. № 2. С. 258–262. ISSN 0869-5652
66. Климаты и ландшафты Северной Евразии в условиях глобального потепления. Ретроспективный анализ и сценарии. / Отв. ред. А.А. Величко. – М.: ГЕОС, 2010. 220 с. ISBN 978-5-89118-519-7.
67. Лобанов В.Б., Данченков М.А., Лучин Е.В., Мезенцева Л.И., Пономарев В.И., Соколов О.В., Трусенкова О.О., Устинова Е.И., Ушакова Р.Н., Хен Г.В. Раздел 5.4. Дальневосточные моря России // Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. / Отв. ред. В.В. Ясюкевич, В.А. Говоркова, И.А. Корнева, Т.В. Павлова, Е.Н. Попова. – М.: Росгидромет, 2014. С. 684–743. ISBN 978-5-904206-13-0
68. Короткий А.М. Палинологические характеристики и радиоуглеродные датировки верхнечетвертичных отложений Российского Дальнего Востока (низовья р. Амур, Приморье, о. Сахалин, Курильские острова) // Позднечетвертичные растительность и климаты Сибири и Российского Дальнего Востока (палинологическая и радиоуглеродная база данных). / Отв. ред. П.М. Андерсон, А.В. Ложкин. – Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2002. С. 257–369. ISBN 5-94729-020-0
69. Прозоров Ю.С., Попов А.А. Основные типы болот и заболоченных лесов Приморского края // Вопросы лесоводства и лесоведения. / Отв. ред. А.Б. Жуков. Вып. 1. – Красноярск: Красноярск. кн. изд-во, 1961. С. 146–162.
70. Короткий А.М., Лобанова Л.А. О скорости и условиях голоценового торфонакопления на Дальнем Востоке // Палеогеографический анализ и стратиграфия антропогена Дальнего Востока. / Отв. ред. В. С. Пушкар, А. М. Короткий. – Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1983. С. 109–119.
71. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Паничев А.М., Арсланов Х.А., Мохова Л.М., Копотева Т.А., Кудрявцева Е.П., Гребенникова Т.А., Макарова Т.Р., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю. Ретроспективный анализ изменчивости ландшафтов бассейна реки Бикин (среднее течение) // Biodiversity and Environment of Protected Areas. 2016. № 1 (8). С. 173–210. ISSN 2227-149X
72. Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Копотева Т.А., Мохова Л.М., Паничев А.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., Климин М.А. Изменения природной среды в позднем голоцене, зафиксированные в отложениях озера Изюбриные

- Солонцы, Сихотэ-Алинь // Сибирский экологический журнал. 2017. № 4. С. 512–527. ISSN 0869-8619
73. Короткий А.М., Макарова Т.Р. Палеогеографические и геоморфологические аспекты устойчивости геосистем в бассейнах горных рек. – Владивосток: Дальнаука, 2005. 293 с. ISBN 5-8044-0642-6
74. Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. – М.: Наука, 1977. 200 с.
75. Bazarova V.B., Mokhova L.M., Klimin M.A., Kopoteva T.A. Vegetation development and correlation of Holocene events in the Amur River basin, East Siberia, Russia // Quaternary International. 2011. V. 237. P. 83–92. ISSN 1040-6182
76. Урусов В.М., Лобанова И.И., Варченко Л.И. Хвойные Российского Дальнего Востока – ценные объекты изучения, охраны, разведения и использования. – Владивосток: Дальнаука, 2007. 440 с. ISBN 978-5-8044-0805-4
77. Разжигаетва Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А. Изменения ландшафтов побережья и горного обрамления бухты Кит (восточное Приморье) в среднем-позднем голоцене // География и природные ресурсы. 2016. № 3. С. 141–151. ISSN 0206-1619
78. Fagan B. The Little Ice Age. How climate made history 1300–1850. – New-York: Basic Books, 2000. 146 p. ISBN 00-048627
79. Базарова В.Б., Гребенникова Т.А., Орлова Л.А. Динамика природной среды бассейна Амура в малый ледниковый период // География и природные ресурсы. 2014. № 3. С. 124–132. ISSN 0206-1619
80. Sangheon Y. Holocene vegetation response to East Asian monsoonal; changes in South Korea // Climate Change – Geophysical Foundation and Ecological Effects / Ed. J. Blanco. – Rijeka: InTech, 2011. P. 157–178. ISBN 978-953-307-419-1
81. Stebich M., Rehfeld K., Schlütz F., Tarasov P.E., Liu J. Holocene vegetation and climate dynamic of NE China based on the pollen record from Sihailongwan Maar Lake // Quaternary Science Reviews. 2015. V. 124. P. 275–289. ISSN 0277-3791
82. Van Soelen E.E., Ohkouchi N., Suga H., Damsté J.S.S., Reichert G-J. A late Holocene molecular hydrogen isotope record of the East Asian Summer Monsoon in Southwest Japan // Quaternary Research. 2016. V. 86. № 3. P. 287–294. ISSN 0033-5894
83. Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Гвоздева И.Г., Попов А.Н., Кузьмин Я.В., Раков В.А., Горбаренко С.А. Голоцен побережья Юго-Западного Приморья // Научное обозрение. 2008. № 1. С. 8–27. ISSN 1815-4972
84. Базарова В.Б., Разжигаетва Н.Г., Ганзей Л.А., Копотева Т.А., Мохова Л.М., Паничев А.М., Климин М.А. Пирогенные события на юге Дальнего Востока в позднем плейстоцене-голоцене // География и природные ресурсы. 2017. № 4. С. 122–132. ISSN 0206-1619

Muta Area as a Natural Archive of the Environmental Changes (National Park «Zov Tigra», Russia)

N. G. Razjigaeva¹, L. A. Ganzey¹, L. M. Mokhova¹, T. R. Makarova¹, A. M. Panichev^{1,2}, E. P. Kudryavtseva¹, Kh. A. Arslanov³

¹ Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Vladivostok, 690022, Russian Federation; e-mail: nadyar@tig.dvo.ru

² Far East State University, Vladivostok, 690950, Russian Federation; e-mail: sikhote@mail.ru

³ St.-Petersburg State University, St.-Petersburg, 199034, Russian Federation
e-mail: arskanivkh@mail.ru

Abstract

Multi-proxy studies of peatbog section of western part of Muta area are the foundation for reconstructing changes in the South Sikhote-Alin landscapes located in the National Park «Zov Tigra» (Roar of the Tiger). Response of biotic components to climatic changes over 4,7 BP/5,4 cal ka was established. Biostratigraphical studies included diatom and pollen analysis. Chronology of paleogeographical events was based on radiocarbon dating results and tephrostratigraphy. In the peatbog section we found a layer of marker volcanic ash B-Tm from the calderaforming eruption of the Baitoushan Volcano, which took place in winter 946/947 AD. The tephra was identified based on macrocomponent composition of volcanic glass. Correlation of coolings and warmings, the most significant in the landscape development, with regional data and global paleoclimatic events were made. It is shown that along with the temperature changes the moisture content also changed quite significantly. The role of fires in the development of landscapes was established, the chronology of paleofires was determined and the periods of their activation were established, which, as a rule, coincide with decreasing humidity during cold phases. Pollen data confirm that the anthropogenic transformation of the valley landscapes in the upper reaches of the Ussuri River occurred in the XX century.

Key words: landscapes, chronology, climate changes, late Holocene, paleofires, middle mountains, Sikhote-Alin

References

1. Ganeshin G. S., 1958, O prichinakh rechnykh perekhvatov v khrebtse Sikhote-Alin' [About causes of river reconfigurations within Sikhote-Alin' Ridge], *Izvestiya Vsesoyuznogo Geograficheskogo Obshchestva*, vol. 90, no 4, pp. 363–366. (in Russ.).
2. Khudyakov G. I., Denisov E. P., Korotky A. M., Kulakov A. P., Nikonova R. I., Chernobrovkina E. I., 1972, *Yug Dal'nego Vostoka. Istoriya razvitiya rel'efa Sibiri i Dal'nego Vostoka* [South Far East. History of relief development of the Far East], 423 p., Nauka, Moscow. (in Russ.).
3. Korotky A. M., 2010, Reconfiguration of the river system in the Primorye: causes, mechanisms, influence on geomorphologic processes, *Geomorphology*, no 2, pp. 78–91. ISSN 0435-4281. (in Russ.).
4. Bersenev Yu. I., 2014, Istoriya sozdaniya i stanovleniya Natsional'nogo Parka [History of creation and formation of the national park] in *Natsional'nyy park «Zov tigra»* [National Park «Zov tigra»], pp. 8–12, Dal'nauka, Vladivostok. ISBN 978-5-8044-1472-7. (in Russ.).
5. Bersenev Ju. I., Khristoforova N. K., 2016, *Osobo okhranyaemye prirodnye territorii Primorskogo kraya* [Specially Protected Natural Territories of Primorskiy Krai], 68 p., Publ House Vladivostok, Vladivostok. ISBN 978-5-7442-1594-1. (in Russ.).
6. Prokopenko S. V., 2011, Taksonomicheskii sostav i analiz vysokogornoy flory Yuzhnogo Sikhote-Alinya [Taxonomical composition and analysis of the alpine flora of the Southern Sikhote-Alin Range], *Komarovskie chteniya*, vol. 58, pp. 31–131. ISSN 1997-1869. (in Russ.).

7. Prokopenko S. V., Kozhevnikov A. E., 2012, Sosudistye rasteniya natsional'nogo parka «Zov tigra» [Vascular plants of National park «Zov Tigra»], *Komarovskie chteniya*, vol. 59, pp. 230–262. ISSN 1997-1869. (in Russ.).
8. Kiselev A. N., Kudryavtseva E. P., 1992, *Vysokogornaya rastitel'nost' yuzhnogo Primor'ya* [High mountain vegetation of South Primorye], 117 p., Nauka, Moscow. ISBN 5-02-003822-9. (in Russ.).
9. Arzhanova V. S., Elpatyevsky P. V., 2005. *Geokhimiya, funktsionirovanie i dinamika gornyykh geosistem Sikhote-Alinya (yug Dal'nego Vostoka Rossii)* [Geochemistry, function and dynamic of the mountain systems of Sikhote-Alin (South Far East of the Russia)], 253 p., Dal'nauka, Vladivostok. ISBN 5-8044-0561-6. (in Russ.).
10. Pavlyutkin B. I., Petrenko T. I., 2010, *Stratigrafiya paleogen-neogenovykh otlozheniy Primor'ya* [Stratigraphy of Paleogene-Neogene deposits of the Primorye], 164 p., Dal'nauka, Vladivostok. ISBN 978-5-8044-1090-3. (in Russ.).
11. Bersenev Yu. I., 2014, Geologicheskoe stroenie [Geological structure] in *Natsional'nyy park «Zov tigra»* [National Park “Zov Tigra”], pp. 13–19, Dal'nauka, Vladivostok. ISBN 978-5-8044-1472-7. (in Russ.).
12. Zhudova P. P., 1967, Rastitel'nost' i flora Sudzukhinskogo gosudarstvennogo zapovednika Primorskogo kraya [Vegetation and flora of the Suzukhinsky state reserve of the Primorye Territory], *Trudy Sikhote-Alinskogo gosudarstvennogo zapovednika*, vol. 4, pp. 3–245, Dal'nevostochnoe knizhnoe izdatel'stvo, Vladivostok. (in Russ.).
13. Ponomarenko V. M., 1960, Verkhnyaya granitsa lesa na gore Oblachnoy v Yuzhnom Sikhote-Aline [Upper forest boundary on the Oblachnaya Mountain, South Sikhote-Alin], *Soobshcheniya Dal'nevostochnogo Filiala Akademii nauk SSSR*, vol. 13, pp. 73–77. (in Russ.).
14. Ponomarenko V. M., 1961, O dinamike verkhney granitsy lesa v gorakh Yuzhnogo Sikhote-Alinya [About dynamic of upper forest boundary in South Sikhote-Alin mountains], *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Akademii nauk SSSR*, vol. 5, pp. 100–109. (in Russ.).
15. Kon'kov A. Yu., 2014, Flora i rastitel'nost' [Flora and vegetation] in *Natsional'nyy park «Zov tigra»* [National Park “Zov Tigra”], pp. 35–48, Dal'nauka, Vladivostok. ISBN 978-5-8044-1472-7. (in Russ.).
16. Shishkin I. K., 1933, K poznaniyu ol'ginskoy listvennitsy (*Larix olgensis* A. Henry) [About investigation of Olginskaya larch (*Larix olgensis* A. Henry)], *Botanicheskiy zhurnal of USSR*, vol. 18, no. 3, pp. 162–210. (in Russ.).
17. Kozhevnikov A. E. (ed.), *Krasnaya kniga Primorskogo kraya: Rasteniya. Redkie i nakhodyashchiesya pod ugrozoy ischeznoveniya vidy rasteniy i gribov* [The Red Data Book of the Primorye Territory: Plants. Rare and endangered species of plants and fungi], 2008, 688 p., AVK «Apel'sin», Vladivostok. ISBN 978-5-98137-017-5. (in Russ.).
18. Trutnev Yu. P. (ed.), *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i griby)* [The Red Data Book of the Russian Federation (plants and mushrooms)], 2008, 855 p., Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, Moscow. ISBN 978-5-87317-476-8. (in Russ.).
19. Krestov P. V., Verkhohat V. P., 2003, Redkie rastitel'nye soobshchestva Primor'ya i Priamur'ya [Rare plant communities of the Amur region], 203 p., FEB RAS, Vladivostok. ISBN 5-7442-1340-6. (in Russ.).
20. Bersenev Yu. I., Kachur A. N., 2014, Ekologicheskoe sostoyanie territorii natsional'nogo parka [Ecological condition of the territory of the national park] in *Natsional'nyy park «Zov tigra»* [National Park “Zov Tigra”], pp. 109–111, Dal'nauka, Vladivostok. ISBN 978-5-8044-1472-7. (in Russ.).
21. Ponomarenko V. M., 1960, K voprosu o vobnovlenii koreyskoy eli v verkhney chasti basseyna r. Ulakhe, *Soobshcheniya Dal'nevostochnogo Filiala Akademii nauk SSSR*, vol. 13, pp. 103–105. (in Russ.).
22. Krasnopeev S. M., Rozenberg V. A. (eds.), *Atlas lesov Primorskogo kraya. Karta «Osobo okhranyaemye prirodnye territorii i territorii so spetsial'nymi ogranicheniyami lesopol'zovaniya. M 1: 500 000* [Atlas of forests in Primorskii Krai. Map «Map of specially protected natural areas and territories with special restrictions on forest management». Scale 1: 500 000], 2005, pp. 62–71, FEB RAS, Vladivostok. ISBN 5-7442-1405-4. (in Russ.).
23. Skrylnik G. P., 2014, Klimat [Climate] in *Natsional'nyy park «Zov tigra»* [National Park “Zov Tigra”], pp. 19–27, Dal'nauka, Vladivostok. ISBN 978-5-8044-1472-7. (in Russ.).

24. Glezer S. I., Jousè A. P. (eds.), *Diatomovye vodorosli SSSR: (iskopaemye i sovremennye)* [Diatoms of the USSR: (fossil and modern)], 1974, vol. 1, 400 p., Nauka, Leningrad. (in Russ.).
25. Zabelina M. M., Kiselev I. A., Proshkina-Lavrenko A. I., Sheshukova V. S., 1951, *Opredelitel' presnovodnykh vodorosley SSSR. Diatomovyy analiz* [Atlas of freshwater algae of the USSR. Diatom analysis], vol. 4, 619 p., Gosudarstvennoe izdatel'stvo «Sovetskaya nauka», Moscow. ISBN 978-5-4458-6224-6. (in Russ.).
26. Krammer K., 2000, The genus *Pinnularia*, in *Diatoms of Europe. Diatoms of the European inland waters and comparable habitats*, Lange-Bertalot H. (ed.), vol. 1, 703 p., A.R.G. Gantner Verlag K.G., Ruggell. ISBN 978-3-904144-24-7.
27. Krammer K., Lange-Bertalot H., 1986, *Bacillariophyceae, teil 1: Naviculaceae*, 876 p., VEB Gustav Fischer Verlag, Jena. ISBN 3437304038.
28. Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991, *Bacillariophyceae, teil 3: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*, 576 p. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena. ISBN 3437305417.
29. Krammer K., Lange-Bertalot H., 1991, *Bacillariophyceae, teil 4: Achnantheaceae. Kritische Ergänzungen zu Navicula (Lineolatae) und Gomphonema*, 437 p. Gustav Fischer Verlag, Stuttgart, Jena. ISBN 3437306642
30. Barinova S. S., Medvedeva L. A., Anisimova O. V., 2006, *Bioraznoobrazie vodorosley – indikatorov okruzhayushchey sredy* [Biodiversity of algae – indicators of environment], 498 p., PiliesStudio, Tel-Aviv. ISBN 9657272181. (in Russ.).
31. Davydova N. N., 1985, *Diatomovye vodorosli – indikatory prirodnykh usloviy vodoemov v golotsene* [Diatom algae – indicators of the natural conditions of reservoirs in the Holocene], 244 p., Nauka, Leningrad. (in Russ.).
32. Kharitonov V. G., 2010, *Konspekt flory diatomovykh vodorosley (Bacillariophyceae) Severnogo Okhotomor'ya* [Synopsis of diatom flora (Bacillariophyceae) of Northern Okhotsk Sea Region], 189 p., NESCFEB RAS, Magadan. ISBN 978-5-94729-117-9. (in Russ.).
33. Pokrovskaya I. M., 1966, *Metodika kameral'nykh rabot* [Technique of cameral works] in Pokrovskaya I. M. (ed.), *Paleopalinologiya* [Paleopalinology], vol. 1, pp. 32–61, Nedra, Leningrad. (in Russ.).
34. Kharkevich S. S. (ed.), *Sosudistye rasteniya sovetskogo Dal'nego Vostoka* [Vascular plants of the Soviet Far East], 1987, vol. 2, 446 p., Nauka, Leningrad, 1988. (in Russ.).
35. Kharkevich S. S. (ed.), *Sosudistye rasteniya sovetskogo Dal'nego Vostoka* [Vascular plants of the Soviet Far East], 1988, vol. 3, pp. 173–403, Nauka, Leningrad, ISBN 5-02-026591-8, 1989. (in Russ.).
36. Kharkevich S. S. (ed.), *Sosudistye rasteniya sovetskogo Dal'nego Vostoka* [Vascular plants of the Soviet Far East], 1989, vol. 4, pp. 1–24, Nauka, Leningrad, ISBN 5-02-026577-2, 1991. (in Russ.).
37. Kharkevich S. S. (ed.), *Sosudistye rasteniya sovetskogo Dal'nego Vostoka* [Vascular plants of the Soviet Far East], 1991, vol.5, pp. 119–166, Nauka, St.-Petersburg, ISBN 5-02-026706-6, 1996. (in Russ.).
38. Kharkevich S. S. (ed.), *Sosudistye rasteniya sovetskogo Dal'nego Vostoka* [Vascular plants of the Soviet Far East], 1996, vol. 8, 383 p., Nauka, St.-Petersburg, ISBN 5-02-026047-9. (in Russ.).
39. Kozhevnikov, A. E., Probatova N. S. (eds.), *Flora rossiyskogo Dal'nego Vostoka: Dopolneniya i izmeneniya k izdaniyu «Sosudistye rasteniya sovetskogo Dal'nego Vostoka* [Flora of the Russian Far East: Additions and changes to the publication "Vascular Plants of the Soviet Far East], 1985–1996, vol. 1–8, 456 p., Dal'nauka, Vladivostok, ISBN 5-8044-0534-9. (in Russ.).
40. Ignatov M. S., Afonina O. M., Ignatova E. A. et al., 2006, Check-list of mosses of East Europe and North Asia, *Arctoa*, vol. 15, pp. 1–130. ISSN 0131-1379.
41. Bronk Ramsey C., 2008, Deposition models for chronological records, *Quaternary Science Reviews*, vol. 2, no 1–2, pp. 42–60. ISSN 0277-3791.
42. Sakhno V. G., 2007, Chronology of eruptions, composition, and magmatic evolution of the Paektusan Volcano: evidence from K-Ar-dating and isotopes $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ and $\delta^{18}\text{O}$ data, *Doklady Earth Sciences*, vol. 412, no 1, pp. 22–28. ISSN 1028-334X. (in Russ.).
43. Sakhno V. G., Utkin I. V., 2009, Ashes of Chanbaishan Volcano in sediments of the Sea of Japan: identification from data on micro- and rare-earth elements and datings of their eruptions, *Doklady Earth Sciences*, vol. 429, no 1, pp. 1249–1255. ISSN 1028-334X. (in Russ.).

44. 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*, vol. 33, pp. 61–75. ISSN 1871-1014.
45. Horn S., Schmincke H.-U., 2000, Volatile emission during the eruption of Baitoushan Volcano (China/North Korea) ca. 969 AD, *Bulletin Volcanology.*, vol. 61, pp. 537–555. ISSN 0258-8900.
46. Oppenheimer C., Wacker L., Xu J., Galván J. D., Stoffel M., Guillet S., Corona C., Sigl M., Cosmo N. D., Hajdas I., Pan B., Breuker R., Schneider L., Esper J., Fei J., Hammond J. O. S., Büntgen U., 2017, Multi-proxy dating the “Millennium Eruption” of Changbaishan to late 946 CE, *Quaternary Science Reviews*, vol. 158, pp. 164–171. ISSN 0277-3791.
47. Machida H., 1999, The stratigraphy, chronology and distribution of distal marker-tephras in and around Japan, *Global and Planetary Change*, vol. 21, pp. 71–94. ISSN 0921-8181.
48. Xu J., Pan B., Liu T., Hajdas I., Zhao B., Yu H., Liu R., Zhao P., 2013, Climate impact of the Millenium eruption of Chanbaishan volcano in China: insight from high-precision radiocarbon wiggle-match dating, *Geophysical Research Letters*, vol. 40, no 1–6, pp. 1–6. ISSN 1944-8007.
49. Razzhigaeva N. G., Ganzey L. A., Mokhova L. M., Makarova T. P., Panichev A. M., Kudryavtseva E. P., Arslanov Kh. A., Maksimov F. E., Starikova A. A., 2016, Razvitie landshaftov Shkotovskogo plato Sihotje-Alinja v pozdnem golocene [The Development of Landscapes of the Shkotovo Plateau of Sikhote-Alin in the Late Holocene], *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, no 3, pp. 65–80. ISSN 0373-2444. (in Russ.).
50. Ganzey 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, Deposits of historical and paleotsunamis on the coast of Eastern Primorye. *Russian Journal of Pacific Geology*, vol. 9, no 1, pp. 64–79. ISSN 1819-7140. (in Russ.).
51. Lyashevskaya M. S., Makarova T. R., Razzhigaeva N. G., Ganzey L. A., Kudryavtseva E. P., Panichev A. M., Arslanov Kh. A., Maksimov F. E., Petrov A. Yu., 2017, Razvitie landshaftov poluostrova Murav'eva-Amurskogo v srednem-pozdnem golotsene po dannym izucheniya otlozheniy poberezh'ya bukhty Murav'inaya (Yuzhnoe Primor'e) [The development of the landscapes of the Murav'ev-Amursky Peninsula in the Middle Late Holocene according to the study of the deposits of the coast of the Muravyinaya Bay (Southern Primorye)], *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, no 2, pp. 110–122. ISSN 1681-7494. (in Russ.).
52. Akulichhev 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*, vol. 469, no 6, pp. 887–791. ISSN 1028-334X. (in Russ.).
53. Kopoteva T. A., Kuptsova V. A., 2011, Pirogennyj faktor na marevyh bolotah Priamur'ja [Fire in Waterlogged Open Larch Forests in the Amur R. Area], *Vestnik North-Eastern Scientific Centre FEB RAS*, no 3, pp. 37–41. ISSN 1814-0998. (in Russ.).
54. Nováková J., Pouličková A., 2004, Moss diatom (Bacillariophyceae) flora of the Nature Reserve Adrspassko-Teplice Rocks (Czech Republic), *Czech Phycology*, vol. 4, pp. 75–86. ISSN 1802-5439
55. Sladkov A. N., 1967, *Vvedenie v sporovo-pyl'tsevoy analiz* [Introduction to spore-pollen analysis], 270 p., Nauka, Moscow. (in Russ.).
56. Giterman R. E., 1979, Metod sporovo-pyl'tsevogo analiza [Method of spore-pollen analysis], in *Chastnye metody izucheniya istorii sovremennykh ekosistem* [Particular methods of studying the history of modern ecosystems], Sokolov V. E. (ed.), pp. 7–24, Nauka, Moscow. (in Russ.).
57. Korotkii A. M., Grebennikova T. A., Pushkar' V. S., Razjigaeva N. G., Volkov V. G., Ganzey L. A., Mokhova L. M., Bazarova V. B., Makarova T. R., 1997, Klimaticheskie smeny na territorii juga Dal'nego Vostoka v pozdnem plejstocene-golocene [Climatic changes of the territory of South Far East at Late Pleistocene-Holocene], *Bulletin of the Far East Branch Russian Academy of Science*, no. 3, pp. 121–143. ISSN 0869-7698. (in Russ.).

58. Korotky A. M., 1983, *Paleogeomorfologicheskiy analiz rel'efa i osadkov gornyykh stran (na primere Dal'nego Vostoka)* [Paleogeomorphological analysis of relief and deposits of mountain country (on the example of the Far East)], 246 p., Nauka, Moscow. (in Russ.).
59. Borisova O. K., 2014, Landshaftno-klimaticheskie izmeneniya v golotsene [Landscape and climate change in Holocene], *Izvestiya Rossiiskoi Akademii Nauk. Seriya Geograficheskaya*, no 2, pp. 5–20. ISSN 0373-2444. (in Russ.).
60. Arslanov Kh. A., Savelieva L. A., Klimanov V. A., Chernov S. B., Maksimov F. E., Tertychnaya T. V., Subetto D. A., 2001, New data on chronology of landscape paleoclimatic stages in Northwestern Russia during the Late Glacial and Holocene, *Radiocarbon*, vol. 43, no. 2B, pp. 581–594. ISSN 0033-8222.
61. Wanner H., Beer J., Bütikofer J., Crowley T. J., Cubasch U., Fluckiger J., Goosse H., Grosjean M., Joos F., Kaplan J.O., Kuttel M., Muller S. A., Prentice I. C., Solomina O., Stocker T. F., Tarasov P., Wagner M., Widmann M., 2008, Mid- to Late Holocene climate change: an overview, *Quaternary Science Reviews*, vol. 27, pp. 1791–1828. ISSN 0277-3791.
62. Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S. P., Jetel M., 2011, Structure and origin of Holocene cold events, *Quaternary Science Reviews*, vol. 30, pp. 3109–3123. ISSN 0277-3791.
63. Mayewski, P. A., Rohling, E. E., Stager, J. C., Karlén W., Maasch K. A., Meeker L. D., Meyerson E. A., Gasse F., van Kreveland S., Holmgren K., Lee-Thorp J., Rosqvist G., Rack F., Staubwasser M., Schneider R. R., Steig E. J., 2004, Holocene climate variability, *Quaternary Research*, vol. 62, pp. 243–255. ISSN 0033-5894.
64. Velichko A. A., 2012, *Evolutsionnaya geografiya: problemy i resheniya* [Evolutionary geography: problems and solutions], 563 p., GEOS, Moscow. ISBN 978-5-89118-587-6. (in Russ.).
65. Velichko A. A., Borisova O. K., 2011, Paleoanalogues of global warming in the 21st century, *Doklady Earth Sciences*, vol. 438, no 1, pp. 681–685. ISSN 1028-334X. (in Russ.).
66. Velichko A. A. (ed.), 2010, *Klimaty i landshafty Severnoy Evrazii v usloviyakh global'nogo potepleniya. Retrospektivnyy analiz i stsenariu* [Climates and Landscapes of Northern Eurasia at Global Warming Condition. Retrospective Analysis and Scenarios], 220 p., GEOS, Moscow. ISBN 978-5-89118-519-7. (in Russ.).
67. Lobanov V. B., Danchenkov M. A., Luchin E. V., Mezentsseva L. I., Ponomarev V. I., Sokolov O. V., Trusenkova O. O., Ustinova E. I., Ushakova R. N., Hen G. V., 2014, Razdel 5.4. Dal'nevostochnye morya Rossii [The Far Eastern seas of Russia] in *Vtoroy otsenochnyy doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiyskoy Federatsii* [Second Assessment Report of Roshydromet on Climate Change and its Consequences in the Territory of the Russian Federation], Yasuykevich V. V., Govorkova V.A., Korneva I.A., Pavlova T.V., Popova E.N. (eds.), pp. 684–743, Rosgidromet, Moscow. ISBN 978-5-904206-13-0. (in Russ.).
68. Korotky A. M., 2002, Palynological characteristics and radiocarbon data of Late Quaternary deposits of the Russian Far East (Lower Amur Valley, Primor'ye, Sakhalin Island, Kuril Islands) in *Late Quaternary Vegetation and Climate of Siberia and the Russian Far East (Palynological and Radiocarbon Database)*, Anderson A. P., Lozhkin A. V. (eds.), pp. 257–369, NESR FEB RAS, Magadan. ISBN 5-94729-020-0. (in Russ.).
69. Prozorov Ju. S., Popov A. A., 1961, Osnovnye tipy bolot i zabolochennykh lesov Primorskogo kraja [The main types of swamps and wetlands in Primorsky Krai] in *Voprosy lesovodstva i lesovedeniya*, Zhukov A. B. (ed.), vol. 1, pp. 146–162, Krasnoyarskoe knizhnoe izdatel'stvo, Krasnoyarsk. (in Russ.).
70. Korotky A. M., Lobanova L. A., 1983, O skorosti i usloviyakh golotsenovogo torfonakopleniya na Dal'nem Vostoke [Rates and environment of Holocene peat deposition in the Far East] in *Paleogeograficheskiy analiz i stratigrafiya antropogena Dal'nego Vostoka* [Paleogeographical Analysis and Stratigraphy of Anthropogene of Far East], Pushkar V. S., Korotky A. M. (eds.), pp. 109–119, DVNC AN SSSR, Vladivostok. (in Russ.).
71. Razzhigaeva N. G., Ganzey L. A., Panichev A. M., Arslanov Kh. A., Mokhova L. M., Kopoteva T. A., Kudryavtseva E. P., Grebennikova T. A., Makarova T. R., Maksimov F. E., Petrov A. Yu., 2016, Retrospektivnyy analiz izmenchivosti landshaftov basseyna reki Bikin (srednee techenie) [A

- retrospective analysis of landscape variability of Bikin River Basin (middle current)], *Biodiversity and Environment of Far East Reserves*, no 1, pp. 173–210. ISSN 2227-149X. (in Russ.).
72. Razzhigaeva N. G., Ganzey L. A., Grebennikova T. A., Kopoteva T. A., Mokhova L. M., Panichev A.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov K.H. A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Klimin M. A., 2017, Late Holocene environmental changes recorded in the deposits of the Lake Izyublirye Solontsy, Sikhote Alin, *Contemporary Problems of Ecology*, vol. 10, no 4, pp. 441–453. ISSN 1995-4255. (in Russ.).
73. Korotky A. M., Makarova T. R., 2005, *Paleogeograficheskie i geomorfologicheskie aspekty ustoychivosti geosistem v basseynakh gornyykh rek* [Paleogeographical and geomorphological aspects of the stability of geosystems in mountain rivers basins], 293 p., Dal'nauka, Vladivostok. ISBN 5-8044-0642-6. (in Russ.).
74. Khotinsky N. A., 1977, *Golotsen Severnoy Evrazii* [Holocene of Northern Eurasia], 200 p., Nauka, Moscow. (in Russ.).
75. Bazarova V. B., Mokhova L. M., Klimin M. A., Kopoteva T. A., 2011, Vegetation development and correlation of Holocene events in the Amur River basin, East Siberia, Russia, *Quaternary International*, vol. 237, pp. 83–92. ISSN 1040-6182.
76. Urusov V. M., Lobanova I. I., Varchenko L. I., 2007, *Khvoynye Rossiyskogo Dal'nego Vostoka – tsennyye ob"ekty izucheniya, okhrany, razvedeniya i ispol'zovaniya* [Conifers of Russian Far East – valuable object of the study, protection, breeding and use], 440 p., Dal'nauka, Vladivostok. ISBN 978-5-8044-0805-4. (in Russ.).
77. Razzhigaeva N. G., Ganzey L. A., Grebennikova T. A., Mokhova L. M., Kudryavtseva E. P., Arslanov K.H. A., Maksimov F. E., Starikova A. A., 2016, *Izmeneniya landshaftov poberezh'ya i gornogo obramleniya bukhty Kit (vostochnoe Primor'e) v srednem-pozdnem golotsene* [Changes of the landscapes of coasts and mountains surrounding Kit Bay (Primorye) in Middle–Late Holocene], *Geografiya i prirodnye resursy*, no 3, pp. 141–151. ISSN 0206-1619. (in Russ.).
78. Fagan B., 2000, *The Little Ice Age. How climate made history 1300-1850*. 146 p., Basic Books, New-York. ISBN 00-048627.
79. Bazarova V. B., Grebennikova T. A., Orlova L. A., 2014, Natural-environment dynamics within the Amur basin during the Neoglacial. *Geography and Natural Resources*, no 3, pp. 275–283. ISSN 1875-3728. (in Russ.).
80. Sangheon Y., 2011, Holocene vegetation response to East Asian monsoonal; changes in South Korea, in *Climate Change – Geophysical Foundations and Ecological Effects*, Blanco J., Kheradmand H. (eds.), pp. 157–178, InTech, Rijeka. ISBN 978-953-307-419-1.
81. Stebich M., Rehfeld K., Schlütz F., Tarasov P. E., Liu J., 2015, Holocene vegetation and climate dynamic of NE China based on the pollen record from Sihailongwan Maar Lake, *Quaternary Science Reviews*, vol. 124, pp. 275–289. ISSN 0277-3791.
82. Van Soelen E. E., Ohkouchi N., Suga H., Damsté J. S. S., Reichert G.-J., 2016, A late Holocene molecular hydrogen isotope record of the East Asian Summer Monsoon in Southwest Japan, *Quaternary Research*, vol. 86, no 3, pp. 287–294. ISSN 0033-5894.
83. Mikishin Ju. A., Petrenko T. I., Gvozdeva I. G., Popov A. N., Kuzmin Ya. V., Rakov V. A., Gorbarenko S. A., 2008, *Golocen poberezh'ya Jugo-Zapadnogo Primor'ya* [Holocene of the coast of South Western Primorye], *Nauchnoe obozrenie*, no 1, pp. 8–27. ISSN 1815-4972. (in Russ.).
84. Bazarova V. B., Razzhigaeva N. G., Ganzey L. A., Kopoteva T. A., Mokhova L. M., Panichev A. M., Klimin M. A., 2017, *Pirogenyye sobytiya na yuge Dal'nego Vostoka v pozdnem pleystotsenogolotsene* [Pyrogenic events in the south of the Far East in the late Pleistocene-Holocene], *Geografiya i prirodnye resursy*, no 4, pp. 122–132. (in Russ.).

Статья принята для публикации 6 марта 2018 г.

Приложение. Таблица. Систематический список диатомовых водорослей из разреза торфяника (1814) урочища Мута

Attachment. Table. Systematic list of diatoms from peatbog section 1814, Muta area

№	Таксон
	Класс Centrophyceae Порядок Aulacosirales R.M. Crawford Семейство Aulacosiraceae R.M. Crawford Род <i>Aulacoseira</i> Thwaites
1	<i>Aulacoseira distans</i> (Ehrenberg) Simonsen
2	<i>Aulacoseira granulata</i> (Ehrenberg) Simonsen
3	<i>Aulacoseira islandica</i> (Otto Müller) Simonsen
4	<i>Aulacoseira italica</i> (Ehrenberg) Simonsen
5	<i>Aulacoseira subarctica</i> (Otto Müller) E.Y. Haworth
	Класс Pennatophyceae Порядок Fragilariales P.C.Silva Семейство Fragilariaceae (Kützing) De Toni Род <i>Stauroforma</i> R.J.Flower, V.J.Jones & Round
6	<i>Stauroforma exiguiformis</i> (Lange-Bertalot) R.J.Flower, V.J.Jones & Round
	Порядок Tabellariales Round Семейство Tabellariaceae Kützing Род <i>Tabellaria</i> Ehrenberg ex Kützing
7	<i>Tabellaria flocculosa</i> (Roth) Kützing
	Порядок Eunotiales P.C.Silva Семейство Eunotiaceae Ehrenberg Род <i>Eunotia</i> Ehrenberg
8	<i>Eunotia bilunaris</i> (Ehrenberg) Schaarschmidt
9	<i>Eunotia diodon</i> Ehrenberg
10	<i>Eunotia exigua</i> (Brébisson ex Kützing) Rabenhorst
11	<i>Eunotia fallax</i> A. Cleve
12	<i>Eunotia flexuosa</i> (Brébisson ex Kützing) Kützing
13	<i>Eunotia formica</i> Ehrenberg
14	<i>Eunotia glacialis</i> F. Meister
15	<i>Eunotia incisa</i> W. Smith ex W.Gregory
16	<i>Eunotia meisteri</i> Hustedt
17	<i>Eunotia monodon</i> Ehrenberg
18	<i>Eunotia neocompacta</i> S. Mayama
19	<i>Eunotia paludosa</i> Grunow
20	<i>Eunotia paludosa</i> var. <i>trinacria</i> (Krasske) Nörpel & Alles
21	<i>Eunotia parallela</i> Ehrenberg
22	<i>Eunotia pectinalis</i> (Kützing) Rabenhorst
23	<i>Eunotia praerupta</i> Ehrenberg
24	<i>Eunotia septentrionalis</i> Østrup
	Порядок Cocconeidales E.J.Cox Семейство Achnanthaceae D.G.Mann Род <i>Psammothidium</i> Bukhtiyarova & Round
25	<i>Psammothidium helveticum</i> (Hustedt) Bukhtiyarova & Round
	Порядок Naviculales Bessey Семейство Naviculaceae Kützing Род <i>Caloneis</i> Cleve
26	<i>Caloneis silicula</i> (Ehrenberg) Cleve
	Род <i>Navicula</i> Bory
27	<i>Navicula amphibola</i> Cleve
	Семейство Naviculales incertae sedis Род <i>Chamaepinnularia</i> Lange-Bertalot & Krammer
28	<i>Chamaepinnularia hassiaca</i> (Krasske) Cantonati & Lange-Bertalot
	Семейство Diadesmidaceae D.G. Mann

BIOTA and ENVIRONMENT

№	Таксон
	Род <i>Luticola</i> D.G. Mann
29	<i>Luticola mutica</i> (Kützing) D.G.Mann
	Семейство Sellaphoraceae Mereschowsky Род <i>Sellaphora</i> Mereschowsky
30	<i>Sellaphora laevis</i> (Kützing) D.G.Mann
	Семейство Stauroneidaceae D.G.Mann Род <i>Craticula</i> Grunow
31	<i>Craticula cuspidata</i> (Kützing) D.G.Mann
	Род <i>Stauroneis</i> Ehrenberg
32	<i>Stauroneis phoenicenteron</i> (Nitzsch) Ehrenberg
	Семейство Diploneidaceae D.G.Mann Род <i>Diploneis</i> Ehrenberg
33	<i>Diploneis ovalis</i> (Hilse) Cleve
34	<i>Diploneis subconstricta</i> (A.Cleve) Cleve-Euler
	Семейство Pinnulariaceae D.G.Mann Род <i>Pinnularia</i> Ehrenberg
35	<i>Pinnularia borealis</i> Ehrenberg
36	<i>Pinnularia cardinaliculus</i> Cleve
37	<i>Pinnularia crucifera</i> Cleve-Euler
38	<i>Pinnularia divergens</i> W.Smith
39	<i>Pinnularia gibba</i> var. <i>linearis</i> Hustedt
40	<i>Pinnularia lundii</i> Hustedt
41	<i>Pinnularia microstauron</i> (Ehrenberg) Cleve
42	<i>Pinnularia nodosa</i> (Ehrenberg) W. Smith
43	<i>Pinnularia rupestris</i> Hantzsch
44	<i>Pinnularia subcapitata</i> W. Gregory
45	<i>Pinnularia viridis</i> (Nitzsch) Ehrenberg
	Семейство Neidiaceae Mereschowsky Род <i>Neidium</i> Pfitzer
46	<i>Neidium bisulcatum</i> (Lagerstedt) Cleve
	Семейство Cymbelleceae (Kützing) Grunow Род <i>Cymbella</i> Agardh
47	<i>Cymbella aspera</i> (Ehrenberg) Cleve
48	<i>Cymbella cistula</i> (Ehrenberg) O.Kirchner
	Семейство Gomphonemataceae Kützing Род <i>Encyonema</i> Kützing
49	<i>Encyonema perpusillum</i> (Cleve-Euler) D.G.Mann
50	<i>Encyonema silesiacum</i> (Bleisch) D.G.Mann
	Род <i>Geissleria</i> Lange-Bertalot & Metzeltin
51	<i>Geissleria ignota</i> (Krasske) Lange-Bertalot & Metzeltin
	Род <i>Gomphonema</i> Kützing
52	<i>Gomphonema acuminatum</i> Ehrenberg
53	<i>Gomphonema parvulum</i> (Kützing) Kützing
	Семейство Bacillariaceae Ehrenberg Род <i>Hantzschia</i> Grunow
54	<i>Hantzschia amphioxys</i> (Ehrenberg) Grunow
	Семейство Rhopalodiaceae (Karsten) Topachevs'kyj & Oksiyuk Род <i>Epithemia</i> Kützing
55	<i>Epithemia adnata</i> (Kützing) Brébisson
	Род <i>Rhopalodia</i> Otto Müller
56	<i>Rhopalodia gibba</i> (Ehrenberg) Otto Müller
	Семейство Surirellaceae Kützing Род <i>Stenopterobia</i> Brébisson ex Van Heurck
57	<i>Stenopterobia curvula</i> (W.Smith) Krammer