

УДК 551.89(571.63)

ЗАПИСЬ ИЗМЕНЕНИЙ УВЛАЖНЕНИЯ В РАЗРЕЗАХ ДОЛИННЫХ ТОРФЯНИКОВ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

© 2022 г. Н. Г. Разжигаева^a, * Т. А. Копотева^b, Т. Р. Макарова^a, Т. А. Гребенникова^a, М. С. Лящевская^a, Л. М. Мохова^a, Л. А. Ганзей^a, Е. П. Кудрявцева^a, А. М. Паничев^a, М. А. Климин^b, Х. А. Арсланов^c, Ф. Е. Максимов^c, А. Ю. Петров^c

^aТихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

^bИнститут водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия

^cСанкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: nadyar@tigdvo.ru

Поступила в редакцию 29.07.2020 г.

После доработки 08.04.2022 г.

Принята к публикации 22.04.2022 г.

Комплексное изучение разрезов марей в бассейне р. Большая Уссурка (юг Дальнего Востока) позволило выделить климатические изменения за 2900 лет. Реконструкции основаны на данных ботанического, диатомового и спорово-пыльцевого анализов и радиоуглеродного датирования. Наиболее существенно менялась увлажненность. Установлены периоды продолжительных засух, совпадавшие с ослаблением летнего муссона. Выделен длительный сухой период 2900–1360 л. н. Сухие условия не исключали паводков, обусловленных залповыми осадками, вызванными прохождением тайфунов или глубоких циклонов. Влажными были малый оптимум голоцена и малый ледниковый период, характеризовавшиеся усилением циклогенеза. Отмечены кратковременные флуктуации увлажнения: засухи были около 530–460 л. н., условия стали более влажными около 400 л. н. и особенно около 330–260 л. н. Определены возрастные рамки периодов с разной паводковой активностью и проявлением палеопожаров. Проведена корреляция событий с данными по региону и глобальными событиями. Установлена разная реакция горных и болотных ландшафтов на короткопериодные климатические изменения. В лесной растительности существенно менялась роль кедра корейского, распространение которого контролировалось изменением гидроклиматических условий. Оптимальные условия для развития кедровников были 780–530 л. н. Участие кедра корейского сокращалось в сухие фазы и после пожаров. В малый ледниковый период была наиболее изменчивой и растительность марей. В разрезах зафиксированы современные антропогенные изменения ландшафтов. Показано, что в условиях антропогенного пресса существенно возрос масштаб паводков.

Ключевые слова: климатические изменения, паводки, летний муссон, циклогенез, ландшафты, пожары, поздний голоцен

DOI: 10.31857/S2587556622040082

ВВЕДЕНИЕ

Важной характеристикой палеоклимата на юге Дальнего Востока является оценка изменения количества атмосферных осадков, связанного с интенсивностью летнего муссона и активностью внутритропического и тропического циклогенеза. За период инструментальных наблюдений факторы, контролирующие изменение атмосферных осадков, их связь с закономерностями атмосферной циркуляции хорошо изучены, сделан анализ трендов для разных временных масштабов (Пономарев и др., 2018). Распределение атмосферных осадков по сезонам во многом контролирует речной сток, закономерностям формирования которого уделяется большое внимание (Гарцман и др., 2015). В палеоаспекте проблема изменения увлаж-

ненности на юге Дальнего Востока является недостаточно изученной. Первые работы по изменению интенсивности летнего муссона в голоцене сделаны для Нижнего Приамурья (Базарова и др., 2018a) и о. Сахалин (Leire et al., 2015). Данные, полученные при изучении стратиграфии торфяников в горных районах и разнофациальных отложений в бассейнах рр. Бикин, Усури и Раздольная показали, что увлажненность за последние несколько тысяч лет менялась в широких пределах (Разжигаева и др., 2019b). На примере р. Бикин составлена первая геологическая летопись паводковой активности (Разжигаева и др., 2019a), получены первые данные по хронологии крупных паводков рек восточного макросклона Сихотэ-Алиня. Целью работы является выделе-

ние периодов с разной степенью увлажненности в бассейне р. Большая Уссурка, определение их хронологических границ и выявление реакции ландшафтов на эти изменения.

РАЙОН ИССЛЕДОВАНИЙ

Река Большая Уссурка берет начало на западном склоне Сихотэ-Алиня, впадает в р. Усури, длина составляет 440 км. В среднем и нижнем течении река выходит на Усури-Ханкайскую равнину, в крупные паводки русло разливается до 300 м. Питание бассейна преимущественно дождевое, сток талых вод достигает 18%, доля подземных вод до 10%. С апреля по сентябрь проходит до 96% годового стока. Максимальный подъем воды 6.3 м зафиксирован в 1950 г. (www.Primpogoda.ru).

Водоразделами, отделяющими водосборные бассейны нижнего течения рр. Большая Уссурка, Бикин и Усури, являются системы низкогорных хребтов (до 500 м). Поселок Глубинное расположено в бассейне р. Дальняя, долина которой лежит между хребтами с абсолютными отметками до 1390 м.

Климат континентальный с муссонными чертами. По данным метеостанции Дальнереченск, среднегодовая температура +2.2...+2.5°C, температура января –20.5°C, температура июля +21.2°C. Абсолютный максимум 36.8°C, минимум –42°C. Среднегодовое количество осадков 644 мм, в августе выпадает до 129 мм. Величина снежного покрова 25 см. Безморозный период длится 136–150 дней. Более суровые условия около пос. Глубинное, где среднегодовая температура –0.1°C, температура января –24.2°C, температура июля +20.3°C, разброс значений температур от –48 до +39°C. Осадков здесь выпадает 939 мм/год с максимумом в августе (173 мм). Величина снежного покрова 52 см. Безморозный период длится 120–142 дней (www.Primpogoda.ru).

Отроги Сихотэ-Алиня занимают кедрово-широколиственные леса с участием дуба, липы, ильма, клена, бархата, ясеня, маакии амурской, берез. В нижнем течении заметна роль вторичных дубовых лесов. Пояс темнохвойных лесов начинается с абсолютной высоты 600 м. Для долинных лесов характерны ильм, орех маньчжурский, тополь, осина. На пойме и речных террасах широко распространены луга и болота.

Модельным участком выбрана марь (4.7 × 2.5 км) около пос. Метеоритный. Здесь развит лес из лиственницы Каяндера (*Larix cajanderi*). Подлесок включает березу овальнолистную (*Betula ovalifolia*), багульник болотный (*Ledum palustre* – 70%), голубику (*Vaccinium uliginosum* – 25%) и хамедафне болотную (*Chamaedaphne calyculata*). Травяной покров представлен осоками болотной и Миддендофа (*Carex limosa*, *C. middendorffii*), ирисом

щетиным (*Iris setosa*). Среди мхов преобладают сфагнумы бурый (*Sphagnum fuscum*) – 50% и красноватый (*S. rubellum*) – 30%, отмечаются также сфагнум магелланский (*S. magellanicum*), политрихум сжатый (*Polytrichum strictum*), аулакомний болотный (*Aulacomnium palustre*) и плеврозий Шребера (*Pleurozium schreberi*). Встречается лишайник *Cetraria laevigata*. По моховому покрову стелется клюква мелкоплодная (*Oxycoccus microcarpus*). Данный участок относится к лесным болотам (Прозоров, Попов, 1961). Около пос. Глубинное развиты лесные болота, представленные низко сомкнутым лиственничным лесом с березой белой. Кустарниковый ярус включает багульник, голубику, много клюквы мелкоплодной, среди трав – осок. Хорошо выражен моховой покров с преобладанием *Sphagnum fallax*, *S. magellanicum*. В нижнем течении большие пространства занимают болота с вейниково-осоковыми ассоциациями. Крупным массивом является торфяник “Звериный” (8.6 × 4.8 км), где велась разработка торфа. Обследован участок на первой надпойменной террасе р. Наумовки. Здесь развито вейниковое болото с березой овальнолистной, спиреей иволистной, ивой коротконожкой, отмечаются *Sphagnum inundatum*, *S. squarrosum*, *Calliergonella cuspidata*. Все торфяники маломощные и подвержены сезонному промерзанию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Наиболее представительным является разрез “Метеоритный” (9117) (46°06.845' с.ш., 134°37.344' в.д., абс. высота 90 м), заложенный на террасе р. Шпальная-2 (рис. 1). Используются также данные по разрезам 12316 около пос. Глубинное (46°03.826' с.ш., 135°22.506' в.д., абс. высота 210 м) и 11115 в краевой части массива “Звериный” (45°48.781' с.ш., 134°36.843' в.д., абс. высота 117 м). Выполнены ботанический, диатомовый и спорово-пыльцевой анализы по стандартным методикам. В препаратах отмечалось наличие углей, зеленых водорослей, кладоцер и корненожек. Спорово-пыльцевая диаграмма построена в программе Tilia v. 2-0-41 (Grimm, 2004). Определена зольность торфа. Радиоуглеродное датирование проведено в ИНЗ СПбГУ (табл. 1). Калибровка радиоуглеродных дат сделана в программе OxCal 4.3 (Ramsey, 2017) с использованием калибровочной кривой “IntCal 13”. Хронология событий определялась путем интерполяции с учетом скоростей торфонакопления (рис. 2). Возрастные интервалы приведены в калиброванных значениях.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Возраст торфяников, скорости торфонакопления. Возраст торфяной залежи около пос. Метеоритный ~2880 л. н. (см. рис. 2). На начальном эта-

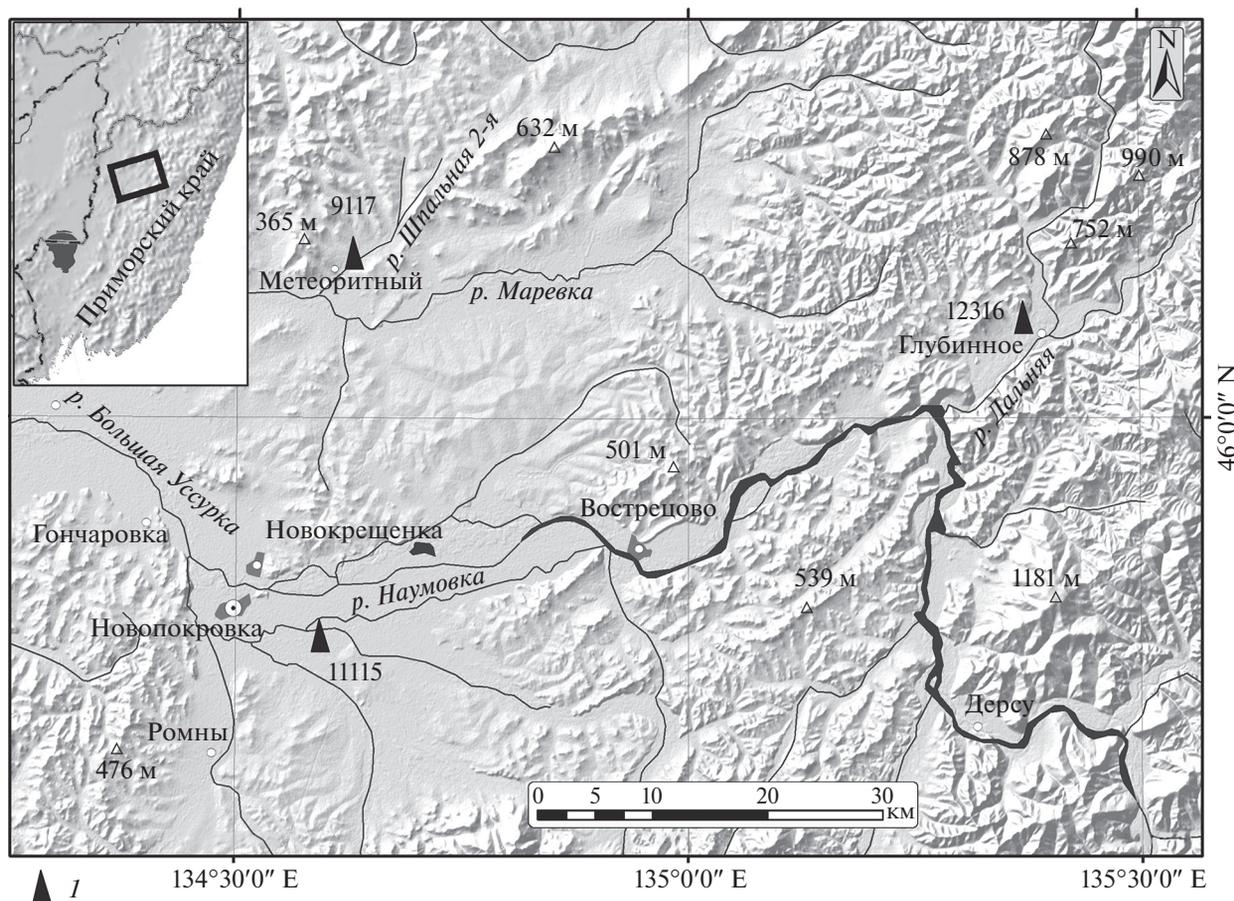


Рис. 1. Схема района работ. 1 – изученные разрезы: 9117 “Метеоритный”, 12316 “Глубинное”, 11115 “Звериный”.

пе торф накапливался медленно (0.23 мм/год), скорости увеличились ~1140 л. н. (0.42 мм/год) и особенно в последние 660 лет (0.76 мм/год). Временное разрешение реконструкций от 217 до 66 лет. Марь у пос. Глубинное образовалась ~1300 л. н., часть залежи была уничтожена в сильный пожар. Торф продолжал накапливаться во второй половине малого ледникового периода со скоростью ~0.9 мм/год. Временное разрешение реконструкций ~60 лет. Торфонакопление в обрамлении массива “Звериный” началось ~610 л. н. Скорости накопления составляли 0.52 мм/год, временное разрешение 102 года. В кровле выходит слой суглинка (8 см), отложенный, вероятно, во время тайфуна “Джуди” (1989 г.). Линзы суглинка (до 1 см) в дерне, скорее всего, следы паводка 2013 г.

Ботанический состав и зольность торфа. Около 2880–2670 л. н. на террасе р. Шпальная-2 шло заболачивание лиственнично-березового леса (см. рис. 2). В обилии росли багульники болотный и подбел, хамедафне, осоки, пушица. Моховой ярус был слабо развит (*Sphagnum magellanicum* и *S. cuspidatum*). Низинное болото развивалось (2670–1790 л. н.) в прохладных и относительно сухих условиях с частыми пожарами. Присутство-

вали зеленые мхи *Polytrichum strictum*, *P. commune* и *Aulacomnium palustre*. Среди кустарников преобладал багульник подбел. В травяном покрове было много осок, появился вейник. Количество терригенной примеси достигает 25%.

Около 1790 л. н. увлажненность мари начала увеличиваться, появились аир, тростник, клюква. В условиях похолодания и после серии пожаров распространение получила береза овальнолистная. Начал встречаться гипергидрофильный *Straminergon stramineum*, характерный для горных болот. Уровень грунтовых вод поднялся, условия стали слабо проточными. Древесный ярус постепенно деградировал. Зольность торфа снижается.

Развитие травяного болота с обилием пушицыстройной (*Eriophorum gracile*), осок, аира, рогоза, клюквы происходило ~1360–1020 л. н. в более теплых и влажных условиях. Была распространена *Carex schmidtii*, типичный компонент осоково-вейниковых кочкарников, выдерживающий затопление. Встречены раковинные амебы *Diffugia piriformis*, которые могли заноситься в паводки из водоемов со стоячей водой и обитать в мочажинах. Появление *Sphagnum fuscum* говорит о том,

Таблица 1. Список радиоуглеродных дат из разрезов торфяников в бассейне р. Большая Уссурка

| Лабораторный номер | Номер образца | Интервал, м | Материал | Радиоуглеродный возраст, лет | Калиброванный возраст, кал. лет |
|----------------------|---------------|-------------|------------------------|--|--|
| Разрез “Метеоритный” | | | | | |
| ЛУ-8847 | 12/9117 | 0.55–0.60 | Торф травяной | 710 ± 70 | 660 ± 60 |
| ЛУ-8848 | 16/9117 | 0.75–0.80 | Торф травяной | 1220 ± 90 | 1140 ± 90 |
| ЛУ-8849 | 20/9117 | 0.95–1.00 | Торф древесный | 2030 ± 100 | 2010 ± 130 |
| Разрез “Глубинное” | | | | | |
| ЛУ-8438 | 1/12316 | 0.25–0.30 | Торф травяной | $\delta^{14}\text{C} = 26.43 \pm 1.08\%$ | 1959–1959 гг. (12.5%); 1961–1962 гг. (8.0%); 1979–1982 гг. (74.9%) |
| ЛУ-8439 | 2/12316 | 0.40–0.45 | Торф осоковый | 180 ± 70 | 170 ± 110 (<200) |
| ЛУ-8440 | 3/12316 | 0.45–0.50 | Торф осоковый | 400 ± 80 | 420 ± 80 |
| ЛУ-8441 | 4/12316 | 0.50–0.55 | Отгорфованный суглинок | 1380 ± 60 | 1300 ± 60 |
| Разрез “Звериный” | | | | | |
| ЛУ-8029 | 1/11115 | 0.35–0.40 | Торф травяной | 630 ± 100 | 610 ± 70 |

что условия близки к переходной стадии. Частота пожаров сократилась.

Около 1020–660 л. н. большое развитие получил моховой ярус, представленный, в основном, *Sphagnum magellanicum*, вплоть до накопления магелланикового торфа (900–780 л. н.). Около 780 л. н. стал встречаться *S. fuscum*, типичный для олиготрофных болот. После сильных пожаров 1020–900 л. н. был распространен *Polytrichum commune*, в условиях большего обводнения – *Straminergon stramineum*. Наряду с осоками большую роль стали играть вейник, а с 780 л. н. манник. В обилии росли клюква, багульник, хамедафне. Появились диффлюгии, характерные для переходных торфов.

Около 660–590 л. н. существовало низинное травяное болото с осоками, вейником, ирисами, лобелией сидячелистной. Угнетенным стал кустарниковый ярус, представленный багульником. Болото зарастало лиственницей и березой ~590–460 л. н. В травяном ярусе было много вейника, встречался ирис. Росли типичные для лесных болот осока придатковая (*Carex appendiculata*), образующая крупные кочки, и вздутоносая (*C. rhynchophisa*), предпочитающая слабнокислый (рН 5.5–6.5) субстрат. Было много кустарниковой березы и хамедафне. Регулярно проходили пожары.

Увеличение обводнения и более холодные условия ~460–330 л. н. привели к накоплению комплексного торфа. Больше развитие получили мхи с доминированием *Sphagnum magellanicum*, в обилии росла клюква, появился клубнекамыш Ягара (*Bolboschoenus yagara*), характерный для мелководных водоемов. Марь вступила в переходную-низинную стадию развития.

Сильное обводнение ~330–260 л. н. привело к образованию сфагновой топи. Наряду со *Sphagnum magellanicum* получили распространение *S. jensenii* и *S. lindbergii*, характерные для сильно обводненных мест и сплавин верховых болот. Водный режим был застойный, о чем свидетельствует участие *Straminergon stramineum*. Было много голубики и хамедафне. В травяном покрове появился хвощ зимующий (*Equisetum hyemale*), который может обитать в небольших озерах. Встречены кладоцеры *Pleuroxus aduncus*, занесенные из близлежащего озера. Зольность торфа уменьшается.

С 260 л. н. марь вступила в переходную стадию. В моховом ярусе увеличивается доля *Sphagnum magellanicum*, сокращается участие *S. jensenii*. Хорошо был развит ярус из багульника, хамедафне, кустарниковой березы, стала распространена клюква. Травяной покров включал осоки шаровидную (*Carex globularis*), характерную для заболоченных лесов, и Миддендорфа, манник, тростник, вейник незамечаемый (*Calamagrostis neglecta*). Отмечено много микрофоссилий, характерных для мочажин верховых (*Hyalosphenia papilio*, *Callidina angusticollis*) и переходных (*Centropyxis aculeate*, *Diffugia*) болот. Очес представляет пирогенную смену мезотрофного болота. Зольность торфа минимальная для разреза.

Около пос. Глубинное накапливался осоковый торф (*Carex schmidtii*), в обилии рос вейник, в кустарниковом ярусе преобладала береза овалнолистная, среди мхов – *Sphagnum cuspidatum*, был развит редкостойный лиственничник. Условия были прохладные, увлажнение – резко переменным. Марь постоянно подвергалась воздействию пожаров. Последние 200 лет пожары стали

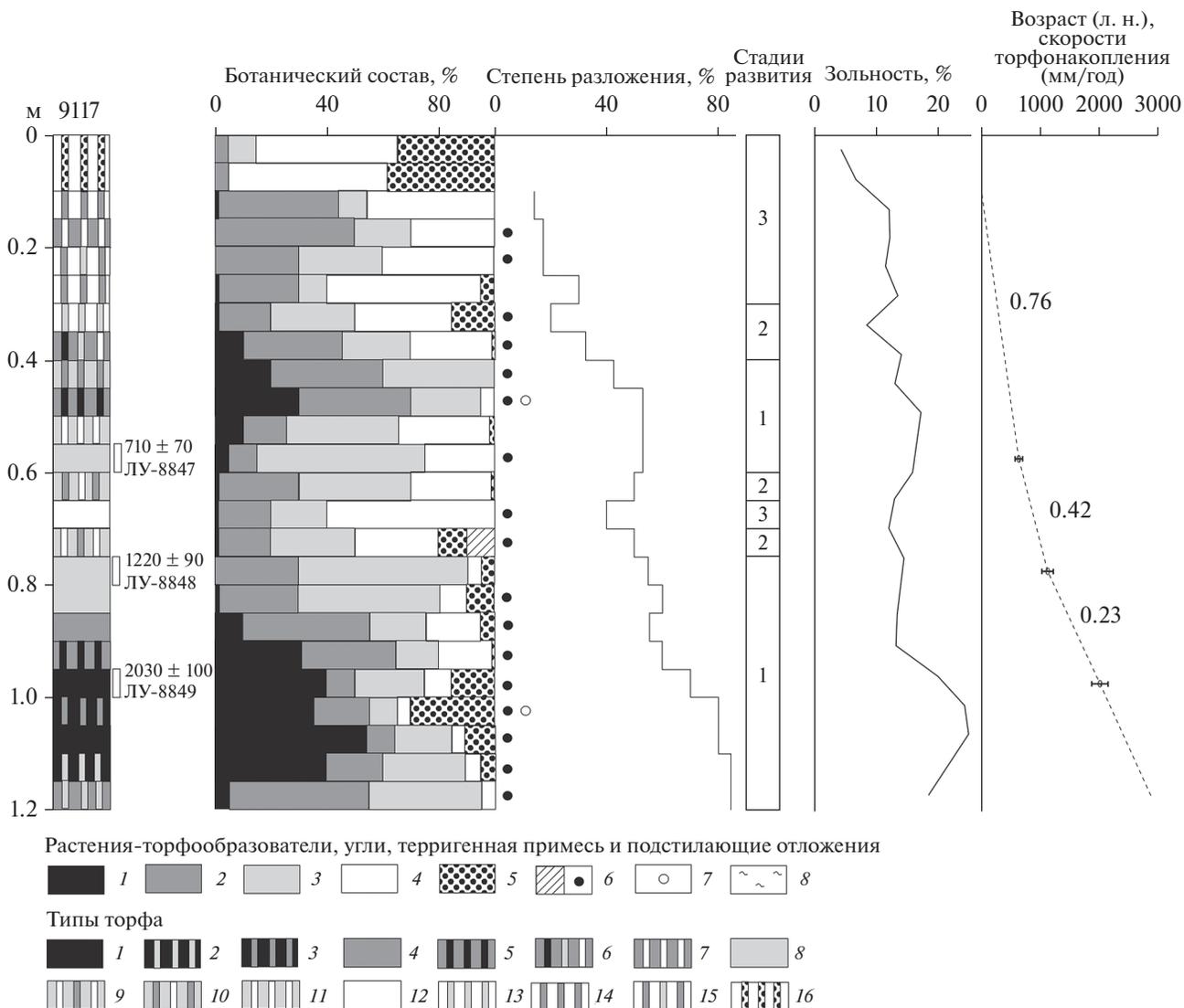


Рис. 2. Марь около пос. Метеоритный (бассейн р. Большая Уссурка): ботанический состав, степень разложения и зольность торфа, стадии развития мари, возрастная модель и скорости торфонакопления. Растения-торфообразователи, угли, терригенная примесь и подстилающие отложения: 1 – древесные, 2 – кустарники и кустарнички, 3 – травы, 4 – сфагновые мхи, 5 – зеленые мхи, 6 – угли, 7 – терригенные частицы; 8 – суглинок. Типы торфа: 1 – древесный, 2 – кустарниково-древесный, 3 – травяно-древесный, 4 – кустарниковый, 5 – древесно-кустарниковый, 6 – комплексный (древесно-травяно-сфагнуво-кустарниковый), 7 – сфагнуво-кустарничковый, 8 – травяной, 9 – кустарничково-сфагнуво-травяной, 10 – сфагнуво-кустарничково-травяной, 11 – сфагнуво-травяной, 12 – сфагновый (магелланикум-торф), 13 – травяно-сфагновый, 14 – кустарничково-сфагновый, 15 – травяно-кустарничково-сфагновый, 16 – политрихово-сфагновый. Стадии развития мари: 1 – низинная, 2 – переходно-низинная, 3 – переходная.

более редкими, наличие терригенной примеси говорит о частых затоплениях. Среди трав появились пушица Шейхера (*Eriophorum scheuchzeri*), ирис, кровохлебка мелкоцветковая (*Sanguisorba parviflora*), были распространены *Carex middendorffii*, *C. vesicaria*, *C. meyeriana*. В обилии встречены микроорганизмы, характерные для мочажин эвтрофных болот (*Hyalosphenia papilio*, *Arcella discoides*, *Nebela collearis*, *Ditrema flavum*, *Diffugia constricta*). Последние 30–40 лет питание стало более

бедным, развитие получил моховой ярус (*S. magellanicum*, *S. fallax*) и клюква.

Диатомеи. В торфянике “Метеоритный” обнаружено 29 донных, 26 видов обрастания, 6 планктонных и временно планктонных диатомей. Выделяется 9 комплексов, фиксирующих разную степень увлажнения (рис. 3).

2880–2230 л. н. Преобладают ацидофильные виды рода *Eunotia* (до 65%), большинство населяют гигрофильные мхи. Доминируют *E. compacta*,

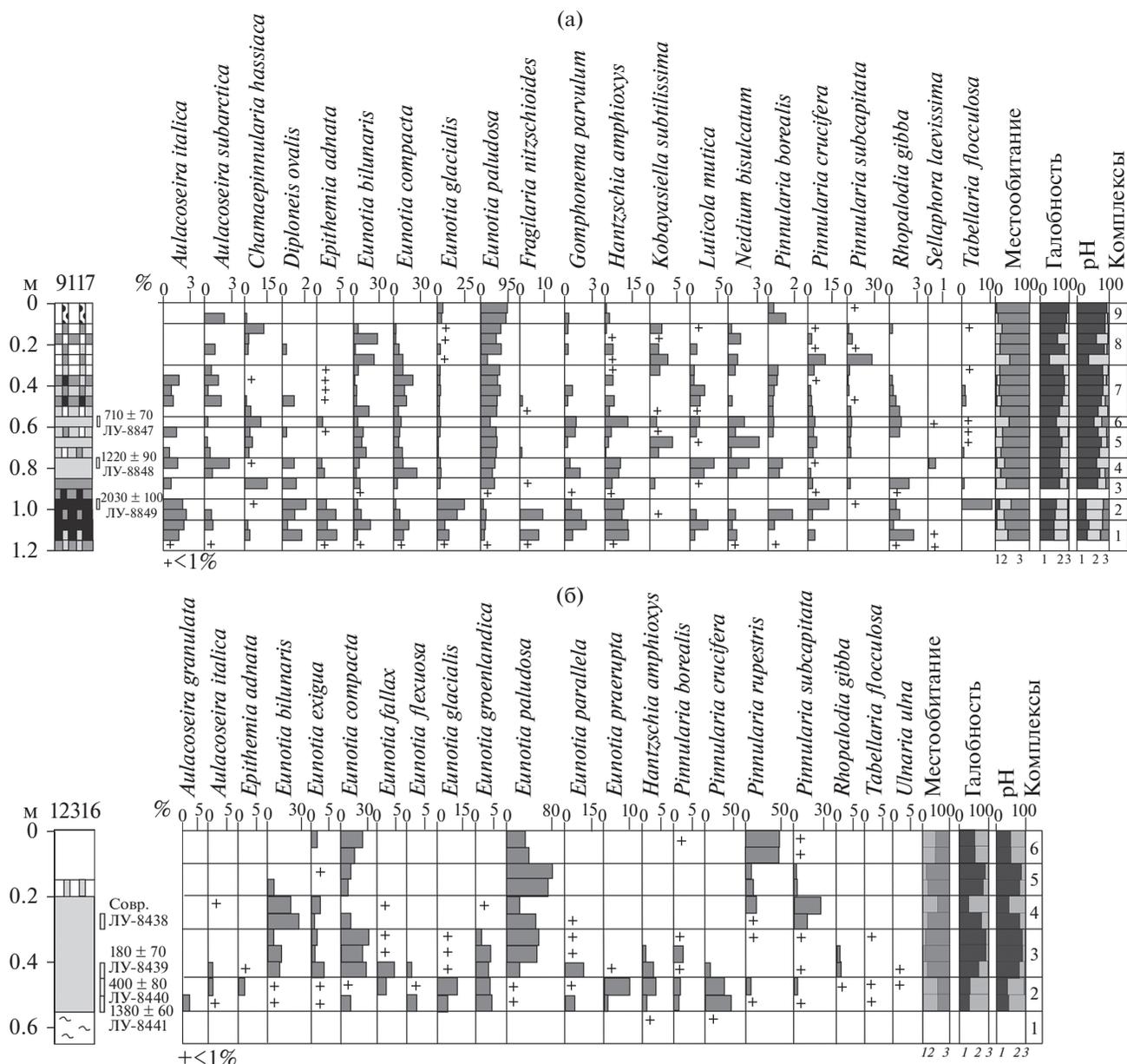


Рис. 3. Распределение диатомей в отложениях (а) разреза “Метеоритный” (9117) и (б) разреза “Глубинное” (12316). Экологические группы по местообитанию: 1 – планктонные, 2 – донные, 3 – обрастания; галобность: 1 – галофобы, 2 – индифференты, 3 – галофилы; рН: 1 – ацидофилы и ацидобионты, 2 – циркумнейтральные, 3 – алкаифилы и алкалибионты. Условные обозначения см. на рис. 2.

E. paludosa, толерантный к обезвоживанию (van Dam et al., 1994) и *E. glacialis*, типичный для холодных вод (Liu et al., 2011). Обилие почвенных *Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica* свидетельствует о длительных сухих сезонах. О затоплении мари в паводки говорит присутствие озерно-реофильных планктонных *Aulacoseira italica*, *A. subarctica*, обрастателей *Cymbella aspera*, *Epithemia adnata*, *Fragilaria nitzschioides* и др. (до 31%). В верхней части возрастает содержание *Eunotia bilunaris*,

обитающего в массе – в болотных водах, обогащенных органическим веществом (Liu et al., 2011).

2230–1790 л. н. Незначительно увеличилось увлажнение и снизились температуры. Обнаружены обычные для холодных регионов донный *Pinnularia crucifera* и временно планктонный ацидофил *Tabellaria flocculosa*. Содержание озерно-реофильных видов от подошвы к кровле слоя снижается от 25.6 до 14.4%, доля планктонных – от 4.1 до 2.2%.

1790–1360 л. н. Вспышку дает аэрофил *Chamaepinnularia hassiaca*, населяющий мхи и обитающий в сильно кислых условиях (Wetzel et al., 2013). Участие озерно-реофильных видов 7.7%, планктонных видов <1.7%.

1360–1020 л. н. Обилие *Hantzschia amphioxys* и *Luticola mutica* указывает на длительные сухие сезоны. Содержание озерно-реофильных диатомей достигает 14.1%, планктонных — 4.3%.

1020–660 л. н. Повышалась кислотность болотных вод: в доминанты входит гидрофильный *Eunotia bilunaris*, оптимально развивающийся при pH 5.45, присутствуют характерные для сильно кислых болот *Chamaepinnularia hassiaca*, *Pinnularia subcapitata* и развивающийся при pH 5.4 *Kobayasiella subtilissima* (Барина и др., 2006). Участие озерно-реофильных видов ≤6.8%, планктонных видов <2%.

660–590 л. н. Высокое содержание *Hantzschia amphioxys* и *Chamaepinnularia hassiaca* свидетельствует о низкой степени увлажнения. Доля озерно-реофильных диатомей — 8.8%, планктонных — <0.8%.

590–260 л. н. Вспышка *Eunotia bilunaris* и присутствие *Pinnularia subcapitata*, *P. crucifera* указывает на повышение увлажнения 590–530 л. н. Увеличение роли *Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica* показывает снижение увлажнения ~530–460 л. н. Выше вновь повышается участие *E. bilunaris*, *P. subcapitata*, *Kobayasiella subtilissima* и снижается доля почвенных видов, условия стали более влажными. Частые паводки зафиксированы ~530–460 и 400–340 л. н. — содержание озерно-реофильных диатомей достигает 8.4%, планктонных — 4.3%.

Последние 260 лет частая смена доминант обусловлена изменением увлажнения и кислотности. В нижней части доминируют *Pinnularia subcapitata*, *P. crucifera* и *Eunotia bilunaris*, увеличивается содержание *Kobayasiella subtilissima* и появляется характерный для сфагновых болот *E. parallela*. Условия были влажные, но влияние речных вод прекращалось. Выше по разрезу доминирует *E. paludosa*, обнаружены озерно-речные виды (2%). В интервале 0.15–0.20 м фиксируется увеличение кислотности, а в кровле растет содержание *Chamaepinnularia hassiaca*, практически исчезают озерно-реофильные виды. В очесе снижается видовое богатство (до 12 видов), планктонные виды присутствуют только в нижней части.

В торфянике “Глубинное” преобладают виды обростаний (29), обнаружено 20 донных и 3 планктонных. Выделено 5 комплексов, отражающих стадии развития мари (см. рис. 3).

1) Умеренно обводненное моховое болото (1380 ± 60 л. н., 1300 ± 60 кал. л. н., ЛУ-8441). Доминируют *Pinnularia crucifera*, обитающий при средних и пониженных значениях pH и минерализации, и *Eunotia paludosa*. Субдоминанты *Euno-*

tia parallela и *E. glacialis* характерны для холодных болотных вод и pH 4.7–9.7 (Liu et al., 2011). *Aulacoseira italica*, *A. granulata* (2.1%) указывают на незначительное влияние проточных вод. Доля арктобореальных видов 4.1%.

2) Обводненное болото (400 ± 80 л. н., 420 ± 80 кал. л. н., ЛУ-8440). Доминируют *Pinnularia crucifera*, *Eunotia glacialis* и *E. praerupta*, населяющие водоемы, а также увлажняемые места и мхи (van Dam et al., 1994). Субдоминанты *P. rupestris* и *P. subcapitata* характерны для олиготрофных водоемов, богатых кислородом. На влияние проточных вод указывают *Aulacoseira italica*, *Ulnaria ulna*, *Rhopalodia gibba*, *Epithemia adnata* и др. (7.5%). Содержание арктобореальных диатомей 3.8%.

3) Моховое болото при незначительном снижении увлажненности (180 ± 70 л. н., <200 кал. л. н., ЛУ-8439). Уменьшается содержание донных видов (до 10%). Доминируют обитатели моховых болот *Eunotia paludosa*, *E. compacta*, *E. bilunaris*, *E. parallela*. Доля арктобореальных видов увеличивается до 5.8%, появляются *E. naegelii*, *E. nymmanniana*, что свидетельствует о прохладных условиях. Содержание озерно-реофильных видов до 3.7%.

4) На мари появились поля открытой воды (вторая половина XX в.). Увеличилась доля донных видов (до 55%) и диатомей, развивающихся при pH близкой к нейтральной (до 54%) и средней степени минерализации (до 55%). Влияние проточных вод было незначительным.

5) Моховое болото в условиях низкой увлажненности. В очесе повышается участие гидрофильного донного *Pinnularia rupestris* — увеличилась обводненность болота. Влияние проточных вод незначительно — единично отмечен *Planothidium frequentissimum*.

Спорово-пыльцевой анализ. В разрезе “Метеоритный” выделено 6 палинозон и фаз развития растительности (рис. 4).

2880–1580 л. н. В низкогорье развиты кедрово-широколиственные и широколиственные леса (сумма пыльцы широколиственных до 41.6%) с преобладанием дуба монгольского и берез, с участием липы, кленов, в подлеске — с лещиной, калиной, бересклетом, лимонником и актинидией, в покрове — с папоротниками (*Polypodiaceae*, *Ophioglossum Botrychium lunaria*). На горях развивались белоберезняки. В долинных лесах были распространены ильм, орех, ольха, на косах — ивняки. Найдена пыльца лиственницы. Верхние уровни рельефа были заняты ельниками. На песчаных берегах рос хвойник. Пыльца бука, граба и сосны густоцветковой занесена ветром с юга. Пыльца трав и кустарничков и споры отвечают растительности мари. В долине большие площади занимали полынно-разнотравные группировки.

1580–780 л. н. Лесная растительность стала более сомкнутой, резко увеличилось участие кедра

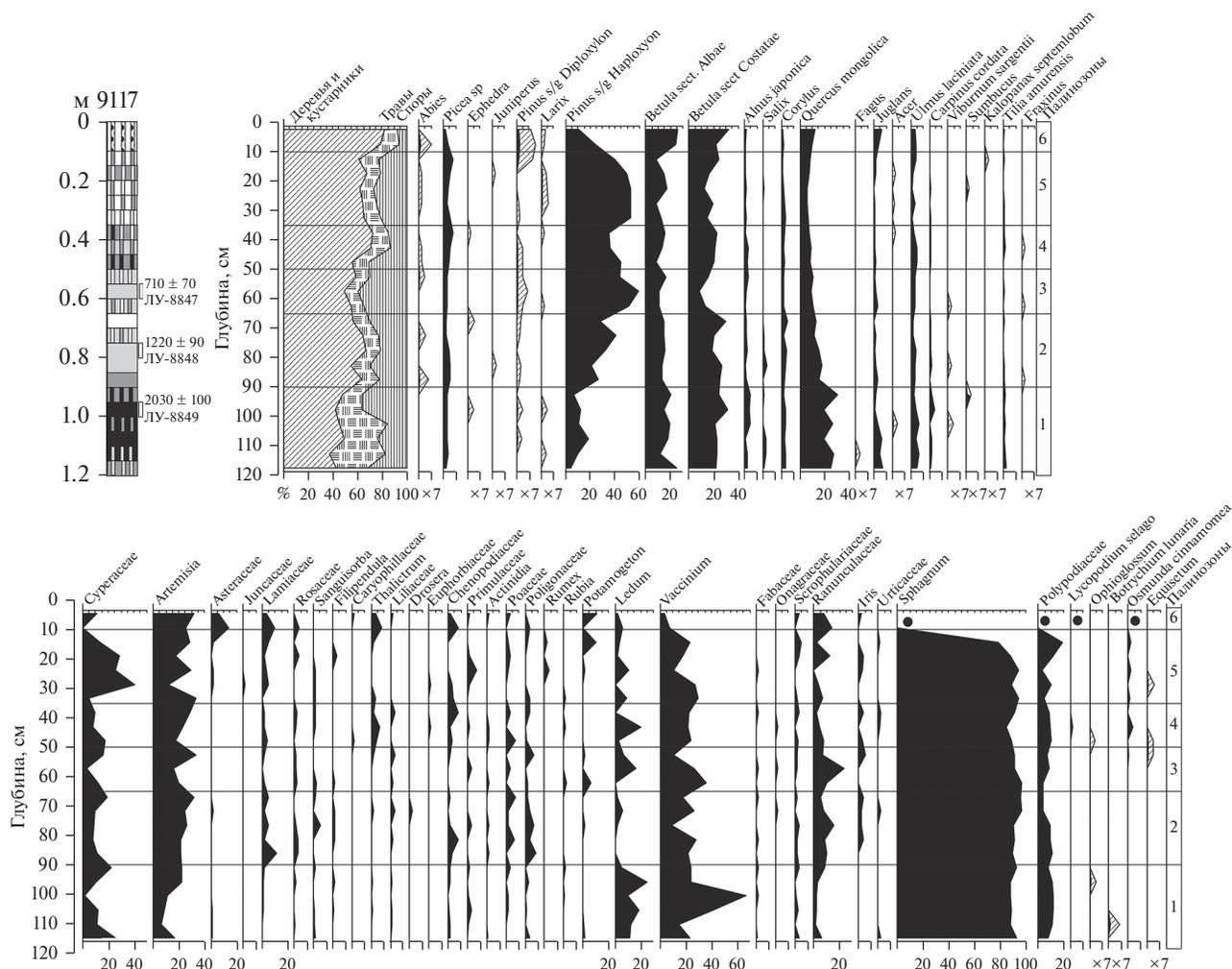


Рис. 4. Спорово-пыльцевая диаграмма отложений разреза “Метеоритный” (9117). Условные обозначения колонки см. на рис. 2.

корейского, особенно ~1020–900 л. н. Сократилась площадь белоберезняков. В темнохвойных лесах увеличилась роль пихты. На скалах рос можжевельник. Часть пыльцы трав отражает развитие группировок, предпочитающих увлажненные условия, часть — принесена с открытых пространств с юго-запада.

780–530 л. н. Резко возросло участие кедра корейского. Снизилось количество пыльцы широколиственных (<19.6%). В бассейне появились небольшие участки, занятые сосной густоцветковой. Уменьшилось содержание пыльцы полыни, маревых и других ксерофитных растений. Увеличивается доля пыльцы багульника, лютиковых. На мари были озера, о чем свидетельствует появление пыльцы рдеста.

530–330 л. н. Участие кедра корейского уменьшалось, роль березы возростала. В среднегорье расширился пояс темнохвойных лесов. Возможно, ель появилась и на низкогорных хребтах. На

прирусловых песчаных участках мог расти хвойник. Сокращение доли пыльцы осоковых и пик пыльцы багульника отражают изменение структуры растительности зарастающей мари. На открытых пространствах большее развитие получили ксерофитные группировки.

330–100 л. н. Более широко распространился кедр корейский, роль которого постепенно начала снижаться, что связано с освоением района и вырубками. Более активный занос пыльцы сосны густоцветковой зафиксирован в конце фазы. В естественных сообществах бассейна доля ее в конце XIX — начале XX вв. была ничтожна — обнаружены лишь единичные деревья (Будишев, 2016). На мари получили развитие озера с обилием рдеста.

Последние 100 лет. Зафиксировано резкое снижение содержания пыльцы кедра корейского, уничтоженного на больших пространствах. Рост доли пыльцы *Quercus* отвечает развитию вторичных дубняков.

Спорово-пыльцевые спектры из разреза “Звериний” позволяют выделить следующие фазы развития растительности:

Около 610 л. н. Палиноспектры из суглинка, образованного в паводок, отвечают развитию в долине еловых и кедрово-еловых лесов. Большая часть пыльцы принесена с верховий бассейна.

610–200 л. н. Развитие кедровых лесов с незначительным участием широколиственных (дуб, липа, лещина) и берез в долине и на отрогах. Минимум пыльцы широколиственных (1.2%) зафиксирован в торфе, образованном ~410–310 л. н. Роль берез и широколиственных несколько возросла ~310–200 л. н. На пойме и террасах были развиты осоковые и осоково-сфагновые болота. Среди трав, характерных для увлажненных местообитаний (осоковые, лютиковые, кровохлебка), отмечена пыльца полыни, поступавшая из ксерофитных группировок.

200–100 л. н. В долине были кедровые леса с примесью широколиственных, увеличились площади, занятые елово-пихтовыми лесами в горах. Ближайшие мари зарастали багульником.

Последние 100 лет. Резко сократилась роль кедра корейского. На марях увеличилось количество березы овальнелистной, как следствие послепожарных сукцессий (Копотева, Купцова, 2011). Палиноспектры в инт. 0–0.10 м отвечают развитию вторичных дубняков (*Quercus* — до 10.6%). Стало больше березы белой, компонента вторичных березняков на горях. В ближайших лесах много липы (*Tilia* — до 4%) — сейчас здесь расположена густая сеть пасек. Появилась пыльца жимолости, капустовых.

Палиноспектры из разреза “Глубинное” отражают развитие смешанных лесов с участием кедра корейского, ели, пихты с примесью берез с папоротниковым покровом. Характерно большее количество пыльцы темнохвойных, особенно ели, которая является одной из основных пород на хребтах. Во второй половине позднего голоцена и особенно в малом ледниковом периоде существенное развитие получала ель корейская (*Picea sect. Eurpicea* — до 27.8%). Роль кедра корейского (*Pinus s/g Haploxyton* — до 34.6%) увеличивалась около 1300 л. н. С конца малого ледникового периода роль кедра корейского снижалась, возможно, за счет рубок. Увеличилась роль берез. В последние 170 лет большее распространение получают дуб, ильм, орех. Около 1300 л. н. на террасе начал развиваться лиственничник с осоками и вересковыми кустарниками. В малый ледниковый период на мари начал формироваться покров из сфагновых мхов.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Несмотря на непродолжительный временной охват (~2900 лет), полученные результаты показывают, что ландшафты бассейна р. Большая Уссурка довольно существенно менялись и основным контролирующим фактором было изменение увлажнения (рис. 5).

Следует отметить, что данные биостратиграфических анализов по изменению увлажнения не всегда сопоставляются. Диатомовый комплекс представляет собой смесь видов — автохтонных, отражающих локальную ситуацию с резкой дифференциацией увлажнения по сезонам, и аллохтонных, перенесенных из других биотопов, количество которых в какой-то мере является показателем частоты наводнений. Более осредненную картину дает ботанический состав торфа, смены которого отражают многолетнюю перестройку болотных геосистем. И еще более генеральную картину развития ландшафтов бассейна можно восстановить по данным спорово-пыльцевого анализа. При интерпретации следует учитывать, что преобладающими направлениями ветра в нижнем течении являются западное и юго-западное, в результате чего шел перенос пыльцы, в том числе из ксерофитных кустарниково-травянистых группировок, развитых в долине и на открытых пространствах около р. Усури. На формирование палиноспектров оказывали влияние ветровой и водный занос пыльцы не только из низкогогорья, но и из более высоких поясов. При этом разрезы, отобранные в нижнем течении, расположены в 30 км от вершин высотой более 1000 м. В среднем течении хребты с таким абсолютными отметками находятся всего в 10 км от мари “Глубинное”, а ель встречается здесь в 4–5 км от мари на высоте около 500 м.

Данные о развитии мари около пос. Метеоритный позволяют выделить длительный сухой период 2900–1360 л. н. (см. рис. 5). Начало фазы совпадает с глобальным холодным событием (2800–2600 л. н.), которое в Азии сопровождалось усилением аридности (Борисова, 2014; Wanner et al., 2011). С 3740 до 1950 л. н. был ослаблен летний муссон, что нашло отражение в озерных записях северо-востока Китая (Chen et al., 2015; Li et al., 2011; Stebich et al., 2015). Во внутренних районах севера Китая на границе лесной и степной зон период интенсивных засух начался ~3600–3000 л. н., а особенно засушливые условия наблюдались 2970–1000 л. н. (Нао et al., 2014). Сухие условия в Нижнем Приамурье ~2570 кал. л. н. привели к формированию пограничного горизонта на верховых болотах (Базарова и др., 2018a). Тенденция к иссушению ~3100–2700 л. н. отмечена и для ряда болотных массивов Сихотэ-Алиня (Шкотовское, Сергиевское плато, ур. Мута, Шандуйские озера), особенно засушливые условия были

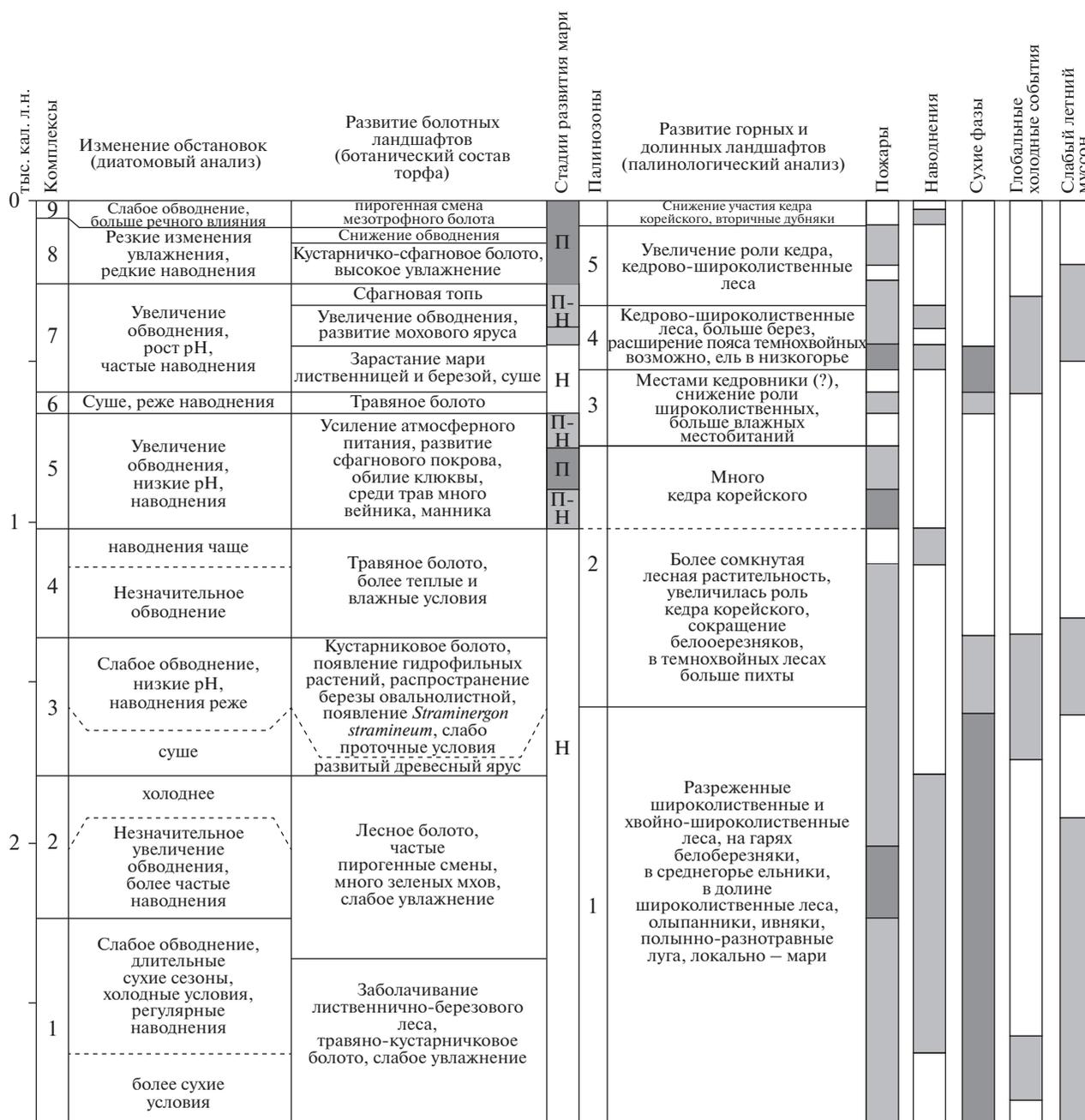


Рис. 5. Реконструкция палеогеографических условий в бассейне р. Большая Уссурка на основе данных по разрезу “Метеоритный” (9117), сопоставление с данными по глобальным холодным событиям (Wanner et al., 2011) и фазам ослабления летнего муссона (Базарова и др., 2018а; Chen et al., 2015; Li et al., 2011). Стадии развития мари: Н – низинная, П – переходная.

2700–2000 л. н. На Шуфанском плато длительная сухая фаза зафиксирована 3740–1075 л. н. (Razjigaeva et al., 2021). Снижение увлажнения отмечено и на Приханкайской равнине (Базарова и др., 2018б). В долине р. Раздольной на высокой пойме сформировалась хорошо выраженная палеопочва (Разжигаета и др., 2020). Окончание сухого периода в бассейне р. Большая Уссурка (см. рис. 5) близко по времени с глобальным холодным собы-

тием ~1750–1350 л. н. (Wanner et al., 2011) и фазой ослабления летнего муссона 1600–1300 л. н. (Li et al., 2011).

В условиях пониженного увлажнения около пос. Метеоритный существовало лесное болото с более сомкнутым по сравнению с современным древесным ярусом из лиственницы и березы белой. Марь подвергалась пожарам. Пирогенные смены приводили к широкому развитию багуль-

ника-подбела, пушицы и зеленых мхов *Polytrichum strictum*, *P. commune* и *Aulacomnium palustre* (Копотева, Купцова, 2011). Сильные пожары происходили ~2670–2010 л. н.

Длительный сухой период не был однородным. По данным диатомового анализа выделяется незначительное увеличение увлажнения ~2230–1790 л. н., начало которого отвечает теплому событию. Это подтверждает и увеличение содержания пыльцы широколиственных. Болотная растительность существенно не менялась. Влаголюбивые растения (айр, тростник, клюква), зеленый мох *Straminergon stramineum* появились на мари ~1790 л. н. и получили большее развитие с 1580 л. н. Древесный ярус стал более угнетенным, а кустарниковый получил большое развитие. Влажный период ~1510–1430 л. н. был выделен и в бассейне Нижнего Бикина (Разжигаева и др., 2019).

Состав диатомей ~1790–1580 л. н. отвечает сухим обстановкам. Вспышка развития аэрофила *Chamaepinnularia hassiaca*, характерного для высокогорных сфагновых болот в Монголии (абс. высота 1350 м) с температурой болотной воды 11–13°C и pH 5.5–5.6 (Куликовский, Дорофеюк, 2010), отвечает началу глобального холодного события 1750–1350 л. н. (Wanner et al., 2011). Около 1790 л. н. в условиях похолодания и после серии пожаров на мари стала распространена береза овалнолистная.

Сухие условия не исключали паводков, обусловленных залповыми осадками, вызванными прохождением тайфунов или глубоких циклонов. Информативным биоиндикатором паводков являются находки планктонных диатомей и реофилов на фоне преобладания видов, типичных для слабо увлажненных условий (*Hantzschia amphioxys*, *Luticola mutica*, *Pinnularia borealis*). Регулярные паводки проходили с 2670 л. н., а более частые ~2230–1790 л. н. в условиях незначительного потепления. Торф образованный ~2230–2010 л. н. содержит максимальное включение минеральной примеси. находка в этом же интервале большого количества углей свидетельствует, что увлажнение в течение года резко менялось, и были длительные засушливые сезоны. Одним из признаков усиления циклогенеза являются находки пыльцы бука, граба, принесенной с юга. Повторяемость наводнений снизилась ~1790–1360 л. н., что сопоставляется с глобальным холодным событием (Wanner et al., 2011). В бассейне Бикина ~2240–1490 л. н. сильных паводков не наблюдалось (Разжигаева и др., 2019).

Ландшафты низкогогорья в бассейне Большой Усурки были более инертными к короткопериодным климатическим изменениям в сухую фазу. Здесь были распространены разреженные широколиственные и кедрово-широколиственные леса с большим участием широколиственных по-

сравнению с современной растительностью, вероятно, сохранившихся с оптимума голоцена. Около 2010–1790 л. н. граница ареала граба сердцелистного, вероятно, смещалась на север (*Carpinus* – 3.9%).

Начало обводнения мари около пос. Метеоритный ~1360 л. н. фиксирует смену климатических условий с засушливых на более влажные (см. рис. 5). Близкие ¹⁴C-даты получены из основания торфяника “Глубинное” (см. табл. 1) и торфяной залежи на мари Сахалин в нижнем течении р. Бикин (1340 ± 40 л. н.; 1260 ± 40 кал. л. н., ЛУ-7566). Такие изменения хорошо совпадают с активизацией летнего муссона (Li et al., 2011). Для Японских островов усиление активности летнего муссона установлено ~1480–800 л. н. (van Soelen et al., 2016).

На мари около пос. Метеоритный в это время стали развиты кочкарники – среди торфообразующих растений в обилии появилась *Carex schmidtii*. Наличие биотопов с разным режимом увлажнения может объяснять сочетание биофоссилий, отражающих контрастные условия. Так, вид *Eunotia paludosa*, который хорошо переносит высыхание, мог в массе развиваться на кочках. Судя по увеличению содержания планктонных видов рода *Aulacoseira*, паводки стали чаще проходить ~1140 л. н. Близкие оценки (1260 л. н.) получены для бассейна Нижнего Бикина (Разжигаева и др., 2019).

Марь около пос. Метеоритный ~1020 л. н. превратилась в переходное кустарничково-сфагново-травяное болото с обилием клюквы. Это событие совпадает с началом малого оптимума голоцена, характеризовавшегося усилением циклогенеза и повторяемости тропических и внетропических циклонов, приносящих ливневые осадки (Разжигаева и др., 2019). Данные по югу Японских островов показывают, что ~1000 кал. л. н. увеличивалась частота прохождения и интенсивности палеотайфунов (Woodruff et al., 2009). Современным аналогом может служить сдвиг климатического режима на рубеже XX–XXI вв. в северо-западной Пацифике, который характеризуется увеличением меридионального переноса тепла и влаги, ростом интегрального содержания водяного пара в атмосфере, падением приземного атмосферного давления, усилением циклонической активности (Пономарев и др., 2018). Признаками сильных паводков в это время является присутствие озерно-реофильных диатомей в торфе (разрез “Метеоритный”). В бассейне р. Бикин частые сильные паводки происходили вплоть до 720 л. н. (Разжигаева и др., 2019). Повышение увлажнения не исключало прохождения пожаров в сухие сезоны. Крупные пожары, возможно, антропогенной природы на мари около пос. Метеоритный были ~1020–900 кал. л. н. В средние века долина была заселена, известно го-

родище XI в. около пос. Новопокровка (Хорев, 1978).

В малый ледниковый период отмечены кратковременные флуктуации увлажнения. Сухой период выделяется 660–590 л. н. Данные по торфянику “Звериный” также подтверждают снижение частоты паводков, торфонакопление здесь началось ~610 л. н. В бассейне р. Бикин похолодание и снижение увлажнения с отсутствием сильных паводков установлено ~725–645 л. н. (Разжигаета и др., 2019). Болото у пос. Метеоритный ~590–460 л. н. начало зарастать лиственницей и березой. Особенно длительные засухи были ~530–460 л. н. Более развитым стал и кустарниковый ярус. На мари был пожар. Вероятно, в этот период и выгорел торфяник “Глубинное”. В то же время увеличение зольности торфа (до 17.4%) и повышенное содержание озерно-реофильных диатомей говорит о прохождении сильных паводков. Снижение увлажнения и паводковой активности ~550–490 л. н. установлено для бассейна Бикина (Разжигаета и др., 2019). За счет сокращения атмосферных осадков ~480 л. н. понизился уровень оз. Ханка (Микишин и др., 2007). На северо-востоке Китая ~500 кал. л. н. отмечено снижение активности летнего муссона (Li et al., 2011).

Условия стали более влажными ~400 л. н. и особенно ~330–260 л. н., когда марь у пос. Метеоритный превратилась в сфагновую топь, и появились участки открытой воды. На Корейском п-ове выделяется близкий по возрасту интервал (1620–1670 гг.), когда часто шли дожди, вызывавшие паводки. Это связывают с более интенсивным летним муссоном (Katsuki et al., 2016).

В целом, малый ледниковый период в бассейне Большая Уссурка был влажным. Данные хорошо согласуются с результатами, полученными по региону. В условиях активизации паводков шло накопление пойменных суглинков в бассейнах рек Приханкайской равнины (Базарова и др., 2018б), Раздольная и Бикин (Разжигаета и др., 2019, 2020). В это время было максимально обводнено палеозеро Шуфанского плато (Razjigaeva et al., 2021). Частые наводнения отмечены на Корейском п-ове (Katsuki et al., 2016).

В условиях высокого антропогенного пресса паводковая активность в бассейне р. Большая Уссурка существенно возросла. Свидетельством может быть строение торфяника “Звериный”, где слой суглинков обнаружен только в кровле разреза. Можно предположить, что сильных наводнений, подобных паводку в тайфун “Джуди”, не было последние 610 лет.

В начале малого ледникового периода (780–530 л. н.) были оптимальные условия для развития кедровников. По-видимому, как и в настоящее время (Будзан и др., 2007), существовали влажные долинские кедровники с ясенем, а в низ-

когорье – разнокустарниковые с ребристой березой и лещинные с дубом и липой. В сухую фазу и после пожаров участие кедра сократилось, увеличилась роль берез. В долине появился хвойник. С 530 л. н. в горах большее распространение получила ель. В более влажных условиях ~330 л. н. кедр вновь стал распространен. Снижение его участия в современной растительности, зафиксированное в палиноспектрах, имеет антропогенную причину.

ВЫВОДЫ

Изучение торфяников бассейна р. Большая Уссурка показало, что в позднем голоцене климатические изменения были достаточно контрастными, особенно сильно изменялась увлажненность. Выделен период сильных засух (~2880–1360 л. н.), связанный с уменьшением интенсивности летнего муссона. Увлажнение увеличилось в малый оптимум голоцена. Влажным был и малый ледниковый период с кратковременным снижением увлажнения ~590–460 л. н. Выделены фазы с разной паводковой активностью, причем сильные наводнения проходили и в сухие периоды.

Климатические изменения приводили к существенным изменениям биотических компонентов ландшафтов. Наиболее чувствительными к изменениям природной среды были мари, особенно часто менявшие свой облик в малый ледниковый период. Горные ландшафты были более инерционными. Кедр корейский стал более распространен около 1580 л. н., в малый оптимум голоцена и малый ледниковый период. Одним из факторов изменения локальной растительности были пожары.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена в рамках государственных заданий ТИГ ДВО РАН № 122020900184-5 и ИВЭП ДВО РАН № 115040910002.

FUNDING

The work was carried out within the framework of state-ordered research themes of The Pacific Geographical Institute FEB RAS no. 122020900184-5 and the Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS no. 115040910002.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Базарова В.Б., Климин М.А., Копотева Т.А. Голоценовая динамика восточноазиатского муссона в Нижнем Приамурье (юг Дальнего Востока) // География и природные ресурсы. 2018а. № 3. С. 124–133.
- Базарова В.Б., Лящевская М.С., Макарова Т.Р., Орлова Л.А. Обстановки осадконакопления на поймах рек Приханкайской равнины в среднем-позднем

- голоцене (юг Дальнего Востока) // Тихоокеан. геол. 2018б. Т. 37. № 1. С. 94–105.
- Барина С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразии водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
- Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 2. С. 5–20.
- Будзан В.И., Будзан Д.В., Филиппов В.С. Динамика кедрово-широколиственных лесов Приморского края // Вестн. ДВО РАН. 2007. № 3. С. 60–64.
- Будищев А.Ф. Описание лесов южной части Приморской области // Леса Дальнего Востока глазами первопроходцев. СПб.: Изд-во Д.Ф. Львов, 2016. С. 25–384.
- Гарцман Б.И., Шамо В.В., Губарева Т.С. и др. Речные системы Дальнего Востока России: четверть века исследований. Владивосток: Дальнаука, 2015. 492 с.
- Коптева Т.А., Куцова В.А. Пирогенный фактор на маревых болотах Приамурья // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2011. № 3. С. 37–41.
- Куликовский М.С., Дорофеев Н.И. Новые для флоры Монголии диатомовые водоросли // Новости систематики низших растений. 2010. Т. 44. С. 69–81.
- Микишин Ю.А., Петренко Т.И., Попов А.Н., Орлова Л.А. Палеогеография озера Ханка в позднем голоцене // Науч. обозрение. 2007. № 2. С. 7–13.
- Пономарев В.И., Дмитриева Е.В., Шкорба С.П., Карнаухов А.А. Изменение планетарного климатического режима на рубеже XX–XXI веков // Вестн. МГТУ. 2018. Т. 21. № 1. С. 160–169.
- Прозоров Ю.С., Попов А.А. Основные типы болот и заболоченных лесов Приморского края // Вопр. лесоводства и лесоведения. 1961. Вып. 1. С. 146–162.
- Разжигайева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Коптева Т.А., Климин М.А., Паничев А.М., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю. Летопись речных паводков в предгорьях Сихотэ-Алиня за последние 2.2 тысячи лет // Изв. РАН. Сер. геогр. 2019. № 2. С. 85–99.
- Разжигайева Н.Г., Ганзей Л.А., Гребенникова Т.А., Корнюшенко Т.В., Ганзей К.С., Кудрявцева Е.П., Гридасова И.В., Клюев Н.А., Прокопец С.Д. Соотношение природных и антропогенных факторов в становлении ландшафтов бассейна реки Раздольная, Приморье // Изв. РАН. Сер. геогр. 2020. Т. 84. № 2. С. 246–258.
- Хорев В.А. Археологические памятники Приморского края. Владивосток: Дальневосточное кн. изд-во, 1978. 72 с.
- Chen R., Shen J., Li C., Zhang E., Sun W., Ji M. Mid- to late-Holocene East Asian summer monsoon variability recorded in lacustrine sediments from Jingpo Lake, Northeastern China // Holocene. 2015. Vol. 25. P. 454–468.
- Grimm E. Tilia software 2.0.2. Springfield: Illinois State Museum Research and Collection Center, 2004.
- Hao Q., Liu H., Yin Y., Wang H., Feng M. Varied responses of forest at its distribution margin to Holocene monsoon development in northern China // Palaeogeog., Palaeoclimat., Palaeoecol. 2014. Vol. 409. P. 239–248.
- Katsuki K., Yang D.Y., Seto K., Yasuhara M., Takata H., Otsuka M., Nakanishi T., Yoon Y., Um I.K., Cheung R.C.W., Khim B.K., Kashima K. Factors controlling typhoons and storm rain on the Korean Peninsula during the Little Ice Age // J. Paleolim. 2016. Vol. 55. P. 35–48.
- Leipe C., Nakagawa T., Gotanda K., Müller S., Tarasov P. Late Quaternary vegetation and climate dynamics at the northern limit of the East Asian summer monsoon and its regional and global-scale controls // Quat. Sci. Rev. 2015. Vol. 116. P. 57–71.
- Li C., Wu Ya., Hou X. Holocene vegetation and climate in Northeast China revealed from Jingbo Lake sediment // Quat. Int. 2011. Vol. 229. P. 67–73.
- Liu Y., Wang Q., Fu C. Taxonomy and distribution of diatoms in the genus Eunotia from the Da'erbin Lake and Surrounding Bogs in the Great Xing'an Mountains, China // Nova Hedwigia. 2011. Vol. 92. P. 205–232.
- Ramsey B.C. Methods for summarizing radiocarbon datasets // Radiocarbon. 2017. Vol. 59. P. 1809–1833.
- Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A. et al. Holocene mountain landscape development and monsoon variation in the southernmost Russian Far East // Boreas. 2021. Vol. 50. № 4. P. 1043–1058.
- Stebich M., Rehfeld K., Schlütz F. et al. Holocene vegetation and climate dynamic of NE China based on the pollen record from Sihailongwan Maar Lake // Quat. Sci. Rev. 2015. Vol. 124. P. 275–289.
- van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands // Neth. J. Aquatic Ecol. 1994. Vol. 28. P. 117–133.
- 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 // Quat. Res. 2016. Vol. 86. P. 287–294.
- Wanner H., Solomina O., Grosjean M. et al. Structure and origin of Holocene cold events // Quat. Sci. Rev. 2011. Vol. 30. P. 3109–3123.
- Wetzel C.E., Martinez-Carreras N., Hlubiková D., Hoffmann L., Pfister L., Ector L. New combinations and type analysis of Chamaepinnularia species (Bacillariophyceae) from aerial habitats // Cryptogamie Algologie. 2013. Vol. 34. P. 149–168.
- Woodruff J.D., Donnelly J.P., Okusu A. Exploring typhoon variability over the mid-to-late Holocene: evidence of extreme coastal flooding from Kamikoshiki, Japan // Quat. Sci. Rev. 2009. Vol. 29. P. 1774–1785.

Humidity Changes Record in Sections of Valley Peatbog in Far East's South

N. G. Razzhigaeva^{1, *}, T. A. Kopoteva², T. R. Makarova¹, T. A. Grebennikova¹, M. S. Lyashchevskaya¹, L. M. Mokhova¹, L. A. Ganzey¹, E. P. Kudryavtseva¹, A. M. Panichev¹, M. A. Klimin², Kh. A. Arslanov³, F. E. Maksimov³, and A. Yu. Petrov³

¹*Pacific Geographical Institute FEB RAS, Vladivostok, Russia*

²*Institute of Water and Ecological Problems FEB RAS, Khabarovsk, Russia*

³*St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia*

*e-mail: nadyar@tigdvo.ru

Multiproxy study of the sections of mires in the Bolshaya Ussurka River Basin allowed highlighting climate changes over the past 2900 years. Reconstructions are based on data on botanical, diatoms, and pollen analyses and radiocarbon dating. Moisture content changed most significantly. The periods of prolonged droughts, which coincided with the weakening of the summer monsoon, were established. A long dry period began about 2900 yr BP and continued up to 1360 yr BP. Dry conditions did not exclude floods caused by strong rainfall caused by the passage of typhoons or deep cyclones. The Medieval Warm Period and Little Ice Age were humid and characterized by increased cyclogenesis. Short-term fluctuations in humidity were noted: droughts were about 530–460 yr BP, conditions became more humid about 400 yr BP and especially about 330–260 yr BP. The age ranges of periods with different flood activity and fires are determined. Correlation of events with data on the regional and global events is carried out. A different response of mountain and bog landscapes to short-period climatic changes has been established. In forest vegetation, the role of Korean pine changed significantly, the distribution of which controlled by changes in hydroclimatic conditions. Optimum environments for Korean pine forests' development were 780–530 yr BP. Role of Korean pine decreased during dry phases and after fires. The most variable vegetation of the mires was during the Little Ice Age. Modern anthropogenic changes in landscapes are also recorded in the sections. Scale of floods has significantly increased under human impact.

Keywords: climatic changes, floods, summer monsoon, cyclogenesis, landscapes, fires, late Holocene

REFERENCES

- Bazarova V.B., Klimin M.A., Kopoteva T.A. Holocene dynamic of Eastern-Asia Monsoon in the Lower Amur area. *Geogr. Prir. Resur.*, 2018, vol. 39, no. 3, pp. 239–247. (In Russ.).
- Bazarova V.B., Lyashchevskaya M.S., Makarova T.R., Orlova L.A. Environments of the middle-late Holocene sedimentation in the river flood-plains of the Prikhanka Plain (south Far East). *Tikhookean. Geol.*, 2018, vol. 37, no. 1, pp. 94–105. (In Russ.).
- Barinova S.S., Medvedeva L.A., Anissimova O.V. *Bioraznoobrazie vodoroslei-indikatorov okruzhayushchei sredy* [Diversity of Algal Indicators in Environmental Assessment]. Tel Aviv: Pilies Studio, 2006. 498 p.
- Borisova O.K. Landscape-climatic changes in the Holocene. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2014, no. 2, pp. 5–20. (In Russ.).
- Budzan V.I., Budzan D.V., Filip'ev V.S. Dynamics of Korean pine-broadleaved forests in Primorsky Krai. *Vestn. DVO RAN*, 2007, no. 3, pp. 60–64. (In Russ.).
- Budishchev A.F. Description of the forests in the southern part of Primorsky region. In *Lesa Dal'nego Vostoka glazami pervoprokhodtsev* [Forest of Far East through the Eyes of Pioneers]. St. Petersburg: D.F. L'vov Publ., 2016, pp. 25–384. (In Russ.).
- Chen R., Shen J., Li C., Zhang E., Sun W., Ji M. Mid- to late-Holocene East Asian summer monsoon variability recorded in lacustrine sediments from Jingpo Lake, North-eastern China. *Holocene*, 2015, vol. 25, pp. 454–468.
- Gartsman B.I., Shamov V.V., Gubareva T.S. et al. *Rechnye sistemy Dal'nego Vostoka Rossii: chetvert' veka issledovaniy* [River Systems of Pacific Russia: A Quarter Century of Research]. Vladivostok: Dal'nauka Publ., 2015. 492 p.
- Grimm E. *Tilia software 2.0.2*. Springfield: Illinois State Museum Res. and Coll. Center, 2004.
- Hao Q., Liu H., Yin Yi, H., Feng M. Varied responses of forest at its distribution margin to Holocene monsoon development in northern China. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 2014, vol. 409, pp. 239–248.
- Katsuki K., Yang D.Y., Seto K., Yasuhara M., Takata H., Otsuka M., Nakanishi T., Yoon Y., Um I.K., Cheung R.C.W., Khim B.K., Kashima K. Factors controlling typhoons and storm rain on the Korean Peninsula during the Little Ice Age. *J. Paleolim.*, 2016, vol. 55, pp. 35–48.
- Khorev V.A. *Arkheologicheskie pamyatniki Primorskogo kraya* [Archaeological Sites of Primorsky Krai]. Vladivostok: Dal'nevost. Kn. Publ., 1978. 72 p.
- Kopoteva T.A., Kuptsova V. A. Fire in waterlogged open larch forests in the Amur River area. *Vestn. Severo-Vostochnogo Nauch. Tsentra DVO RAN*, 2011, no. 3, pp. 37–41. (In Russ.).
- Kulikovskii M.S., Dorofeyuk N.I. New diatoms for the Mongolian flora. *Novosti Sistematiki Nizshikh Rastenii*, 2010, vol. 44, pp. 69–81. (In Russ.).
- Leipe C., Nakagawa T., Gotanda K., Müller S., Tarasov P. Late Quaternary vegetation and climate dynamics at the northern limit of the East Asian summer monsoon

- and its regional and global-scale controls. *Quat. Sci. Rev.*, 2015, vol. 116, pp. 57–71.
- Li C., Wu Ya., Hou X. Holocene vegetation and climate in Northeast China revealed from Jingbo Lake sediment. *Quat. Int.*, 2011, vol. 229, pp. 67–73.
- Liu Y., Wang Q., Fu C. Taxonomy and distribution of diatoms in the genus *Eunotia* from the Da'erbin Lake and Surrounding Bogs in the Great Xing'an Mountains, China. *Nova Hedwigia*, 2011, vol. 92, pp. 205–232.
- Mikishin Yu.A., Petrenko T.I., Orlova L.A. Paleogeography of the Khanka Lake in late Holocene. *Nauchn. Obozr.*, 2007, no. 2, pp. 7–13. (In Russ.).
- Ponomarev, V.I., Dmitrieva, E.V., Shkorba, S.P., Karnaukhov A.A., 2018. Change of the global climate regime at the turn of the XX–XXI centuries. *Vestn. MGTU*, 2018, vol. 21, no. 1, pp. 160–167. (In Russ.).
- Prozorov Yu.S., Popov A.A. The main types of swamps and swampy forests of Primorsky krai. *Vopr. Lesovodstva i Lesovedeniya*, 1961, no. 1, pp. 146–162. (In Russ.).
- Ramsey B.C. Methods for summarizing radiocarbon datasets. *Radiocarbon*, 2017, vol. 59, pp. 1809–1833.
- Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Kopoteva T.A., Klimin M.A., Panichev A.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh. A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu. Paleoflood records within Sikhote-Alin foothills during last 2.2 ka. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2019, no. 2, pp. 85–99. (In Russ.).
- Razjigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kopoteva T.A., Kudryavtseva E.P., Belyanin P.S., Panichev A.M., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Sudin V.V., Klimin M.A., Korniyushenko T.V. Holocene mountain landscape development and monsoon variation in the southernmost Russian Far East. *Boreas*, 2021, vol. 50, no. 4, pp. 1043–1058.
- Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Korniyushenko T.V., Ganzey K.S., Kudryavtseva E.P., Gridasova I.V., Klyuev N.A., Prokopets S.D. Interaction of natural and anthropogenic factors in landscape development of Razdolnaya River basin, Primorye. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2020, vol. 84, no. 2, pp. 246–258. (In Russ.).
- Stebich M., Rehfeld K., Schlütz F. et al. Holocene vegetation and climate dynamic of NE China based on the pollen record from Sihailongwan Maar Lake. *Quat. Sci. Rev.*, 2015, vol. 124, pp. 275–289.
- van Dam H., Mertens A., Sinkeldam J. A coded checklist and ecological indicator values of freshwater diatoms from the Netherlands. *Neth. J. Aquatic Ecol.*, 1994, vol. 28, pp. 117–133.
- 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. *Quat. Res.*, 2016, vol. 86, pp. 287–294.
- Wanner H., Solomina O., Grosjean M. et al. Structure and origin of Holocene cold events. *Quat. Sci. Rev.*, 2011, vol. 30, pp. 3109–3123.
- Wetzel C.E., Martinez-Carreras N., Hlubiková D., Hoffmann L., Pfister L., Ector L. New combinations and type analysis of *Chamaepinnularia* species (Bacillariophyceae) from aerial habitats. *Cryptogamie Algologie*, 2013, vol. 34, pp. 149–168.
- Woodruff J.D., Donnelly J.P., Okusu A. Exploring typhoon variability over the mid-to-late Holocene: evidence of extreme coastal flooding from Kamikoshiki, Japan. *Quat. Sci. Rev.*, 2009, vol. 29, pp. 1774–1785.