

УДК 551.89(571.63)

ЛЕТОПИСЬ РЕЧНЫХ ПАВОДКОВ В ПРЕДГОРЬЯХ СИХОТЭ-АЛИНЯ ЗА ПОСЛЕДНИЕ 2.2 ТЫСЯЧИ ЛЕТ

© 2019 г. Н. Г. Разжигаева^{1,*}, Л. А. Ганзей¹, Т. А. Гребенникова¹,
Т. А. Копотева^{2,**}, М. А. Климин², А. М. Паничев¹, Е. П. Кудрявцева¹,
Х. А. Арсланов^{3,***}, Ф. Е. Максимов³, А. Ю. Петров³

¹Тихоокеанский институт географии ДВО РАН, Владивосток, Россия

²Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск, Россия

³Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

*e-mail: nadyar@tigdvo.ru

**e-mail: kopoteva@ivep.as.khb.ru

***e-mail: arslanovkh@mail.ru

Поступила в редакцию 23.10.2017 г.; после доработки 08.10.2018 г.; принята в печать 30.11.2018 г.

Периоды усиления частоты сильных паводков в позднем голоцене восстановлены на основе комплексного изучения разреза отложений палеоизлучины в нижнем течении р. Бикин, включающего торфяник, погребенный пойменными суглинками. Торфяник образовался на месте старицы и представляет собой переслаивание прослоев с разным содержанием минеральной примеси, приносимой во время сильных наводнений. Определены критерии выделения фаз обильного речного стока. Величина зольности торфа, биостратиграфические данные (диатомовый, ботанический анализы) и результаты радиоуглеродного датирования показали, что паводковая активность в предгорьях Сихотэ-Алиня за последние 2.24 тыс. лет существенно менялась. Наиболее сильные паводки происходили в малый оптимум голоцена и теплые фазы малого ледникового периода. Продолжительность периодов с сильными паводками изменялась от 70 до 200 лет. Синоптические ситуации, приводившие к ливневым осадкам, вероятно, были принципиально близки к современным. Частые паводки начались последние 210 лет в условиях тренда на потепление. Снижение паводковой активности, как правило, происходило в периоды похолодания. Установлено усиление пожаров в маловодные периоды. Проанализирована реакция болотных ландшафтов на прохождение сильных паводков и пожаров.

Ключевые слова: хронология паводков, болотные геосистемы, пожары, летний муссон, поздний голоцен, р. Бикин, Сихотэ-Алинь.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019285-99>

ВВЕДЕНИЕ

Прохождение экстремальных паводков в последние годы на юге Дальнего Востока [4, 7, 16, 18, 26] ставит вопрос, как менялся речной сток при климатических изменениях в последние сотни и тысячи лет. Восстановление динамики увлажненности и “плювиальных” событий является одной из наиболее трудных задач при палеоклиматических реконструкциях [19]. В долговременном масштабе в условиях муссонного климата увеличение количества атмосферных осадков связано с изменением климатического режима и, в первую очередь, атмосферной циркуляции [15, 16, 20, 26], изучение которой

является одним из приоритетных направлений эволюционной географии [6]. Для Российской части юга Дальнего Востока работы по динамике палеомуссона являются пионерными [2]. Учитывая, что все реки Приморского края имеют дождевое питание, и их паводочный режим во многом контролируется особенностями атмосферной циркуляции [7], одним из критериев оценки изменений увлажненности могут быть следы крупных паводков, запечатленные в разрезах органогенных отложений в виде прослоев суглинков.

Целью работы является реконструкция изменений интенсивности паводков в позднем го-

Таблица. Список радиоуглеродных дат из разреза торфяника 13516, нижнее течение р. Бикин

Номер образца	Интервал, м	Материал для датирования	¹⁴ C-возраст, лет	¹⁴ C-калиброванный возраст, cal. BP	Лабораторный номер
22/13516	0.90–0.93	Торф	200±60	(< 200) 180±110	ЛУ-8468
26/13516	1.07–1.12	Торф	280±50	350±90	ЛУ-8469
29/13516	1.18–1.23	Торф	600±60	600±40	ЛУ-8470
32/13516	1.31–1.34	Торф	710±60	650±50	ЛУ-8471
33/13516	1.34–1.38	Торф	760±70	710±70	ЛУ-8472
37/13516	1.49–1.54	Торф	1370±70	1280±70	ЛУ-8473
40/13516	1.64–1.69	Торф	1610±80	1510±90	ЛУ-8474
44/13516	1.78–1.83	Оторфованный суглинок	2270±50	2260±70	ЛУ-8475

лоцене в предгорьях Сихотэ-Алиня, где горные реки бассейна р. Уссури выходят на обширные равнинные пространства.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве объекта палеорекоконструкций выбран разрез торфяника (46°29.247' с.ш., 134°28.896' в.д.), расположенный в 17 км ниже по течению от пос. Верхний Перевал (рис. 1). На левом борту реки вскрыты отложения палеоизлучины, примыкающей к террасе высотой 5 м над зимней меженью. Опробование отложений проведено с шагом 2–5 см. Стратиграфическое изучение включало ботанический и диатомовый анализы, выполненные по стандартным методикам. Отмечалось наличие корненожек, ветвистых рачков, минеральной примеси и углей. Изучен состав диатомовых водорослей в наилках паводка 2016 г. Определялась также зольность торфа.

Радиоуглеродное датирование образцов торфа выполнено в Институте наук о Земле СПбГУ (таблица). Образцы были предварительно очищены от карбонатов и посторонних гуминовых кислот путем последовательной обработки образцов 2% растворами HCl и NaOH. Датирование образца оторфованного суглинка (ЛУ-8475) проводилось по вытяжке гуминовых кислот горячим 2% раствором NaOH. Калибровка радиоуглеродных дат сделана с помощью программы OxCal 4.2 с использованием калибровочной кривой “IntCal 13” (<https://c14.arch.ox.ac.uk>). По этой же программе построена возрастная модель (рис. 2), которая учитывает изменения возраста, связанные с короткопериодическими колебаниями содержания ¹⁴C в атмосфере [28]. При введении данных

учитывались изменения зольности торфа. При определении хронологии аллювиально-болотных обстановок использован калиброванный возраст по модели. По другим районам также приведены значения калиброванного возраста.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Нижнее течение р. Бикин при крайне малых уклонах (0.005 м/м) характеризуется многоуклонностью и активным меандрированием в полосе шириной до 3 км [3]. В районе исследований русло пересекает зону активного палеоантропогенного меандрирования, расположенную в междуречье Бикин-Алчан, с многочисленными палеоруслунами и палеостарицами, большей частью полностью заросшими (см. рис. 1). Поверхность сильно заболочена. Выделяются крупные палеоизлучины, которые рассматриваются как признак обильного речного стока [19]. С левого борта р. Бикин активно меандрируют р. Большая и Малая Сахалинка и небольшие притоки. Здесь к р. Бикин примыкает террасовидная поверхность, сложенная верхнеплейстоценовыми суглинками, подстилаемыми галечным аллювием, образованным в МИС 3 [23]. Терраса не имеет признаков палеоантропогенного меандрирования. На ней расположены мари и обширное минерогенное болото. Выделяются реликтовые излучины, примыкающие к основному руслу р. Бикин, рукавам или участкам современного меандрирования.

Участок, где расположен разрез, затоплялся во время осеннего паводка 2016 г., который является наиболее значительным за всю историю наблюдений [18]. В результате подъема воды на 1 м выше поверхности был образован слой

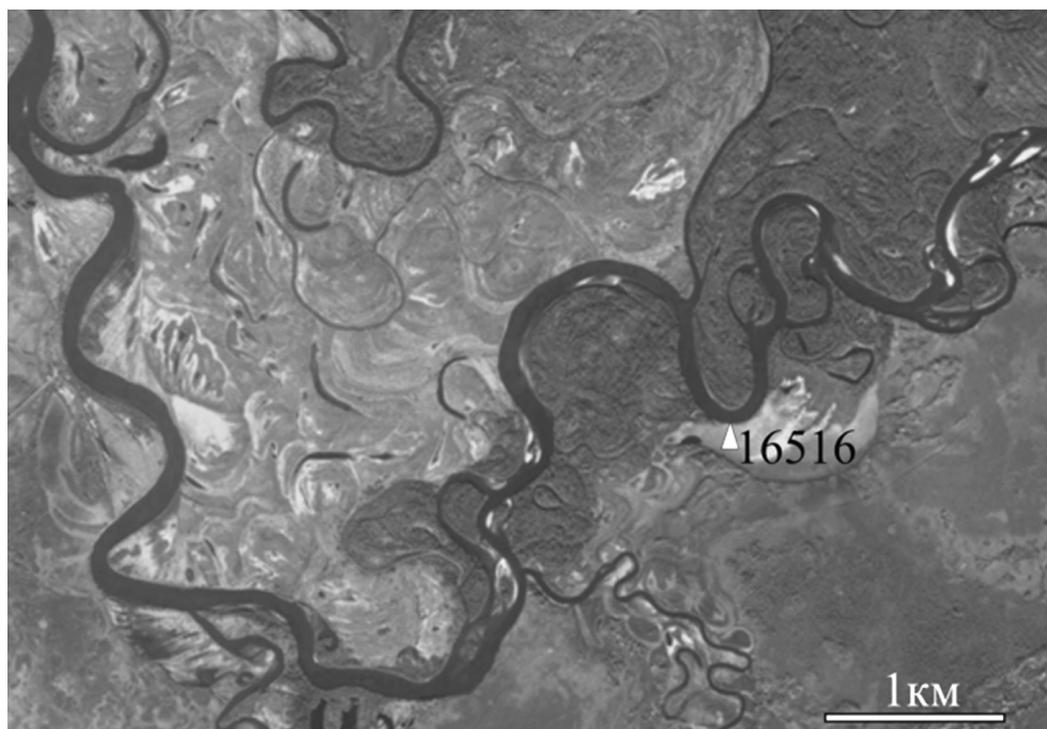
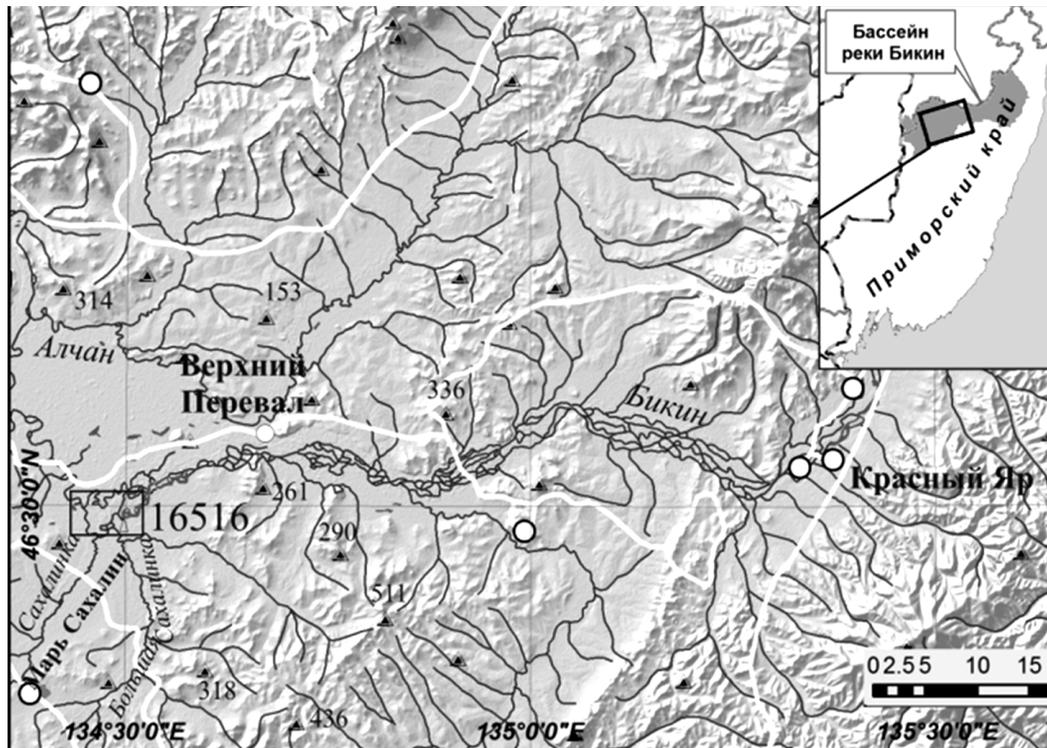


Рис. 1. Схема расположения района работ. Положение разреза 13516.

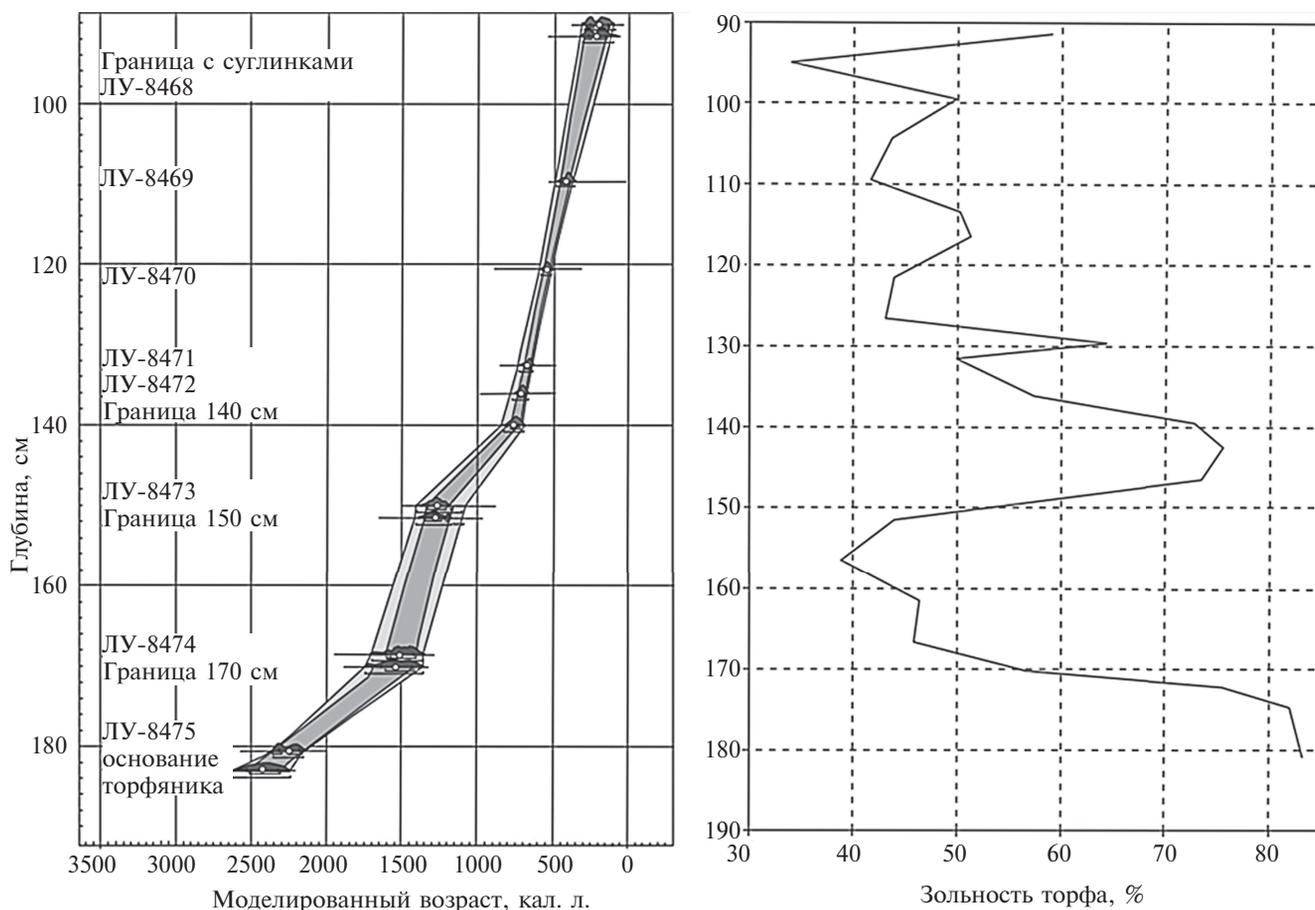


Рис. 2. Возрастная модель накопления отложений палеоизлучины в нижнем течении р. Бикин и зольность торфа (разрез 13516).

суглинка толщиной 2 см. На правом берегу реки на пойме подтопление было до 1.5 м, мощность слоя наилка достигает 10 см. Высота подъема уровня воды в нижнем течении р. Бикин оценивается до 4 м. Растительность представлена осоково-вейниковыми ассоциациями с березой овальнолистной (*Betula ovalifolia*). У обрыва развито сообщество с преобладанием полыни красочерешковой (*Artemisia rubripes*).

Строение разреза и зольность торфа.

Разрез заложен в пределах наиболее крупной палеоизлучины (шириной до 700 м) и вскрывает погребенный торфяник, который подстилается черной оторфованной глиной и серым комковатым неслоистым суглинком. Верхняя часть разреза сложена пойменными отложениями – коричневато-серыми суглинками с неясной горизонтально-волнистой слоистостью с многочисленными растительными остатками. Встречены тонкие (1–2 мм) прослои мелких углей.

Торф представлен переслаиванием слабо и сильно минерализованных разностей, вплоть

до оторфованных суглинков. Некоторые слои включают линзы и тонкие прослои серых суглинков (мощностью до 1 см). Зольность торфа меняется в широких пределах: в мало минерализованных прослоях от 33.9 до 49%, в органоминеральных слоях – до 75.5% (см. рис. 2). Залежь формировалась в условиях паводочного режима: выделяются слои, которые образованы при его ослаблении, и слои, в которые увеличивался привнос минерального материала вплоть до погребения растительного покрова.

Возрастная модель и скорости накопления отложений. Заблачивание участка началось $\sim 2240 \pm 70$ л.н., торфонакопление ~ 1570 л.н., а погребение торфяника пойменными суглинками произошло ~ 210 л.н. Возраст отложений в основании разреза оценивается ~ 3360 лет.

Скорости накопления осадков были крайне неравномерными: при заблачивании поверхности не выше 0.18 мм/год; увеличились на начальном этапе образования торфяника до 0.65 мм/год; несмотря на большое количество паводков и привнос минеральных примесей,

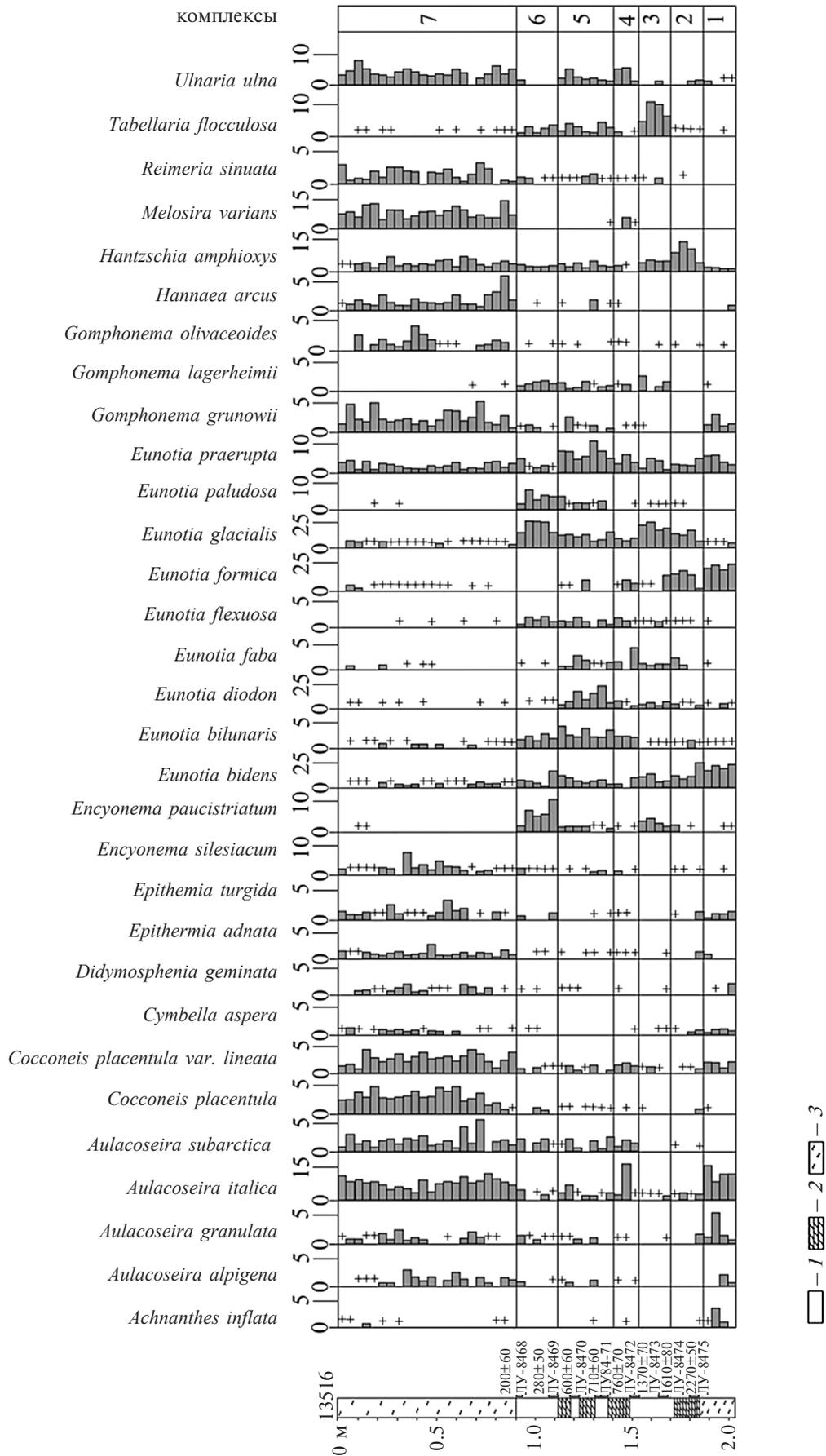


Рис. 3. Распределение диатомей в разрезе 13516 аллювиально-болотных отложений в нижнем течении р. Бикин. 1 – торф, 2 – сильно минерализованный торф и торфо-минеральные отложения, 3 – суглинок.

резко снизились в канун последнего тысячелетия – до 0.16 мм/год; наиболее высокими были в малый ледниковый период – 0.85–0.95 мм/год. Перекрывающие пойменные суглинки копились в пульсирующем режиме, за 210 лет их покров достиг мощности 90 см. Поступление минеральных примесей во время паводков приводило к снижению скорости торфонакопления, мощных слоев наилок не накапливалось. По-видимому, вода не стояла долго, интенсивной аккумуляции не происходило. Возрастная модель позволила определить возраст слоев с обилием минеральных частиц, образованных во время усиления паводков: 1260–720, 645–610, 490–420 и последние 210 лет.

Диатомовый анализ. В отложениях разреза было определено 298 таксонов диатомей. По местообитанию преобладают виды обрастных (145), меньше обнаружено донной флоры (137 форм), а планктонных и временно планктонных – 16 видов. По отношению к солонности преобладают олигогалобы, среди которых доминируют виды-индифференты (73%), галофобы составляют 18%, галофилы – 8%, мезогалобы – 1.4%. По отношению к pH первостепенное место занимают циркумнейтральные виды (40%), на втором месте алкалофилы (26%), ацидофилов – 24%. По географическому распространению существенно преобладают космополиты, группа бореальных видов насчитывает 25, арктобореаль-

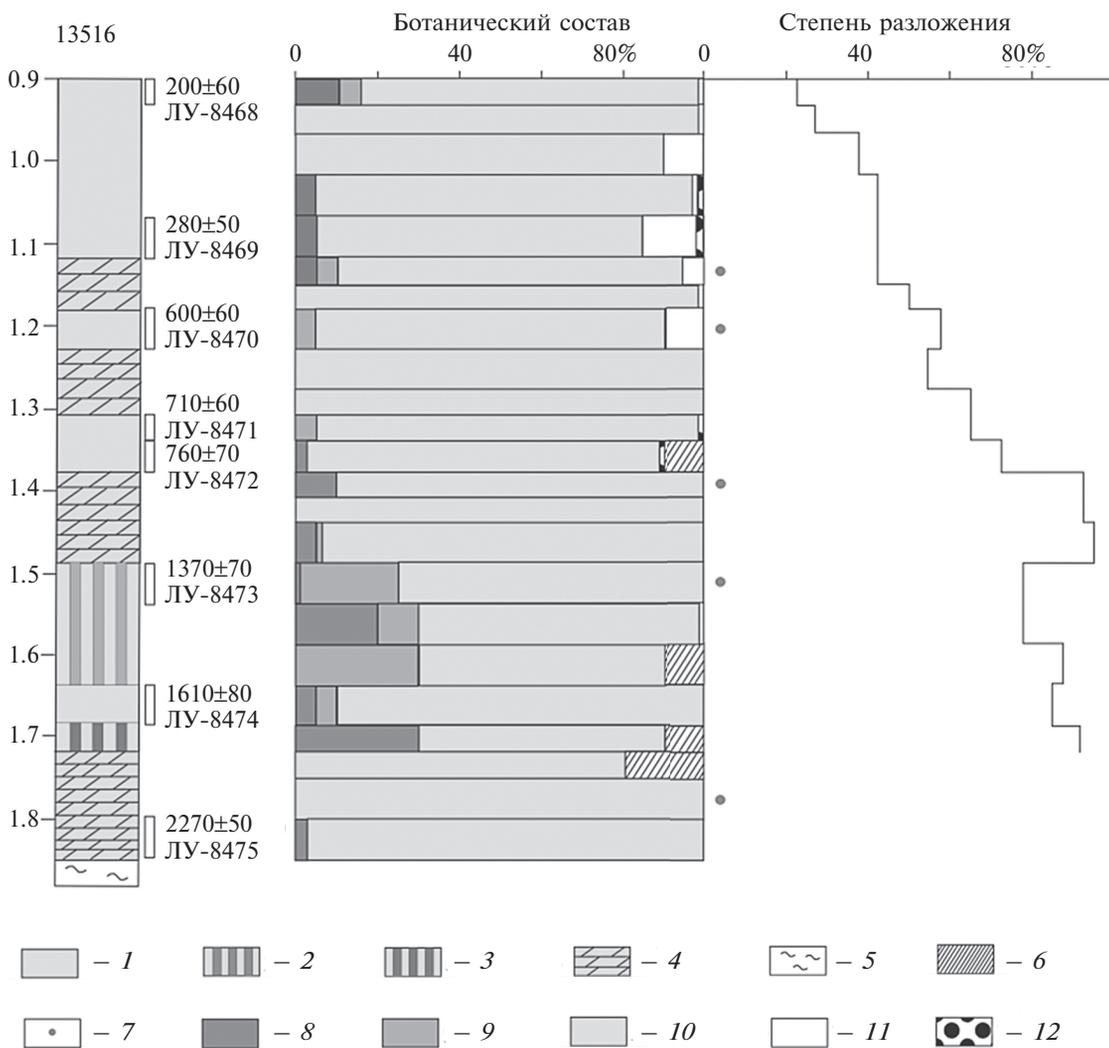


Рис. 4. Ботанический состав и степень разложения торфа, погребенный торфяник, разрез 13516, нижнее течение р. Бикин.

Типы торфа (1–4): 1 – травяной, 2 – кустарничково-травяной, 3 – древесно-травяной, 4 – сильно-минерализованный или торфо-минеральные отложения с обилием остатков трав; 5 – суглинки, 6 – угли, 7 – редкие угли; растения-торфообразователи (8–12): 8 – кустарничковая березка, 9 – багульник, 10 – травы, 11 – сфагновые мхи, 12 – зеленые мхи.

ных 33 вида. В разрезе выделено 7 комплексов диатомей (рис. 3).

Комплекс 1 (3360–2240 л.н.) отвечает условиям озера старичного типа, часто заливаемого речными водами. Ведущими являются виды обрастаний (до 76%), планктонных до 20%. Доминируют населяющие преимущественно стоячие воды заболоченных водоемов *Eunotia formica*, *E. bidens*, а также обычный для рек и озер планктонный *Aulacoseira italica*. Найдены типичные реофилы *Achnanthes inflata*, *Didymosphenia geminata*. Преобладают космополиты, доля арктобореальных видов $\leq 7.8\%$. По отношению к рН среды много ацидофилов (40.7%) и циркумнейтральных видов (48.7%). По отношению к галобности доминируют индифференты (до 64%).

Комплекс 2 (2240–1510 л.н.) фиксирует заболачивание старицы в условиях снижения речного влияния. Сокращается доля планктонных диатомей (2–6%) и видов, характерных для проточных вод. Более широкое распространение приобретают донные виды (до 38%), в основном, представители рода *Pinnularia* (*P. crucifera*, *P. acrosphaeriae*, *P. neomajor*, *P. borealis*, *P. eifelana* и др.), часто населяющие не только реки и озера, но и заболоченные места. В составе доминантов появляются *Eunotia glacialis* – обитатель болотных вод и *Hantzschia amphioxys*, характерный для разных биотопов, включая почвы. Возрастает роль ацидофилов (до 57.5%) и галофобов (до 48%). Доля арктобореальных диатомей – 4–10%.

Комплекс 3 (1510–1260 л.н.) характеризует стадию активного заболачивания старицы. Речное влияние оставалось незначительным (планктонных видов < 2%), по-видимому, снизились температуры: резко сократилось содержание космополитов *Eunotia formica*, *E. bidens*, их сменил *Tabellaria flocculosa*, арктобореальный вид [25], распространенный в северных и горных областях [8]. Заметно участие *Gomphonema lagerheimii*, *Eunotia faba*, *Encyonema paucistriatum*, населяющих водоемы северных регионов. Возросла доля ацидофилов (до 78%) и галофобов (до 71%).

Комплекс 4 (1260–720 л.н.) характеризует условия заболоченной поймы с прохождением частых паводков. Возросла доля видов олиготрофно-дистрофных болот: космополиты *Eunotia glacialis*, *E. praerupta*, более заметным становится участие *Eunotia bilunaris*, характерного для кислых болотных вод, богатых гуминовыми кислотами, что, по-видимому, указывает на теплые условия. Появляется *Eunotia formica*, который, скорее всего, перенесен из старицы. Наиболее сильные паводки фиксируются в инт. 1.41–1.44 м (948–760 л.н.), где обнаружено высокое содержание *Aulacoseira italica*, *Ulnaria*

ulna, *Melosira varians* и др. (в сумме $\geq 32.6\%$). Возрастает участие алкалофилов (до 25%) и индифферентов (до 62%).

Комплекс 5 (720–420 л.н.) фиксирует похолодание. Начало периода (720–680 л.н.) определено по появлению арктобореального *Gomphonema pseudotenellum*, предпочитающего мезотрофно-эвтрофные воды. Выше доминирует арктобореальный *Eunotia diodon*, характерный для олиготрофно-дистрофных вод. Содержание арктобореальных видов возрастает до 30%. Наиболее сильные паводки, судя по обилию *Aulacoseira alpigena*, *A. italica*, *A. subarctica*, *Reimeria sinuata*, *Ulnaria ulna*, *Didymosphenia geminata*, *Hannaea arcus* и др. (в сумме до 20%), происходили ~1260–720 л.н. (инт. 1.34–1.38 м), 645–610 л.н. (инт. 1.28–1.31 м), 490–455 л.н. (инт. 1.15–1.18 м). В инт. 1.31–1.38; 1.18–1.23 м их содержание $\leq 8\%$.

Комплекс 6 (420–220 л.н.) фиксирует снижение речного влияния на пойму. Уменьшается богатство и содержания видов, характерных для проточных вод. В инт. 0.97–1.02 м фиксируется период с небольшими паводками (~315–262 л.н.). В целом состав диатомей характерен для болот, доминирует *Eunotia glacialis*, субдоминантами являются арктобореальный *Encyonema paucistriatum* и часто населяющий слой мхов космополит *Eunotia paludosa*. Доля арктобореальных диатомей снижается (< 8.6%). Вместе с *Encyonema paucistriatum* более заметно участие арктобореальных *Gomphonema lagerheimii*, *Encyonema neogracile*, *Eunotia inflata*. Преобладают ацидофилы (до 70%) и галофобы (до 64%).

Комплекс 7 (последние 220 лет) отражает условия слабо заболоченной поймы, подверженной частым и сильным паводкам. Преобладают обрастатели (до 65%), донных видов до 29%, планктонных – до 33%. В числе доминант отмечены характерные для олиготрофно-мезотрофных вод планктонные *Aulacoseira italica* и *Melosira varians*. Значительного участия достигают циркумнейтральные виды и алкалофилы, доля ацидофилов $\leq 20\%$. По отношению к минерализации преобладают индифференты (до 70%). Участие арктобореальных диатомей 2–4%.

В наилке паводка 2016 г. доминируют виды обрастаний (51.4%) и донные (31.5%), содержание планктонных – 20%. Заметно снижение доли ацидофильных (до 10%), галофобных видов (до 13%), характерных для болот. Ведущими являются планктонные *Aulacoseira italica*, *Melosira varians*, донные *Navicula cryptocephala*, *Frustulia vulgaris* и обрастатели *Reimeria sinuata*, *Gomphonema clevei*, *Surirella angusta*, широко распространенные в текущих водах, присутствует типичный реофил *Achnanthes inflata*.

Близок и состав диатомовых в наилках на пойме. Здесь найдено 132 вида диатомей, наибольшим видовым богатством обладают роды *Gomphonema*, *Eunotia*, *Pinnularia*, *Aulacoseira*, *Nitzschia*, *Ulna*, *Navicula*, *Neidium*, *Diatoma*. Преобладают виды обрастаний (до 52 таксонов) и донные (до 40), планктонных и временно планктонных – 10 форм. Наиболее представительны алкалифилы (до 53%) и циркумнейтральные (до 41%), ацидофилов $\leq 10\%$. По отношению к солёности доминируют индифференты (до 75.4%). Большая часть встречаемых диатомей характеризуется как космополиты (до 94%). В заиленных песках найдены характерные для олиготрофно-мезотрофных стоячих и текучих вод планктонный *Melosira varians* (7.8%), обрастатели *Reimeria sinuata* (5.8%), *Cocconeis placentula* var. *lineata* (5.5%), олигосапробионт *Gomphonema olivaceoides* (6.7%) и предпочитающий мезотрофно-эвтрофные воды *Achnanthis minutissimum* (5.5%). Встречены (1–5%) планктонные *Aulacoseira italica*, обрастатели *Encyonema silesiacum*, *Fragilaria vaucheriae*, *Staurosira venter*, *Gomphonema grunowii* и донный *Luticola mutica*.

Ботанический состав торфа. Залежь сложена в основном низинным осоковым торфом (рис. 4). На начальном этапе 2240–1680 л.н. доминировали осоки – Мейера (*Carex meyeriana*), Шмидта (*C. schmidtii*) и вейник Ландсдорфа (*Calamagrostis landsdorffii*), типичные компоненты вейниково-осоковых кочкарников, выдерживающих затопление полыми водами. Около 1960 л.н. появляются осоки волосистоплодная (*C. lasiocarpa*) и пузыреватая (*C. vesicata*), характерные для заболоченных берегов рек и стариц, вейник исчезает. Возможно, условия стали суше, начались пожары, наиболее сильный был ~1680–1570 л.н. После серии пожаров ~1570–1510 л.н. болото стало активно зарастать березкой и багульником, хвощом и пушицей, что типично для послепожарных сукцессий на болотах Приамурья [12]. Начал накапливаться древесно-осоковый торф (инт. 1.64–1.69 м).

Во влажный период ~1510–1434 л.н. в сильно обводненных условиях накапливался торф, сформированный остатками камыша (*Schoenoplectus tabernaemontani*), ириса, осок и пушицы.

При снижении паводковой активности ~1434–1260 л.н. происходило накопление кустарниково-травяного торфа (инт. 1.49–1.64 м). Среди осок преобладала волосистоплодная, затем широкое распространение получили кочкообразующие – придатковая (*Carex appendiculata*), неморально-бореальный вид, и осока Мейера, что говорит об усилении периодического затопления поверхности. Появляются крупные терригенные частицы. После пожаров резко увеличилась роль

пушицы (до 65% остатков трав). Кустарниковый ярус был представлен багульником и березкой, особенно распространившейся ~1357–1280 л.н. в условиях похолодания и после сильного пожара. Тростник и единичные сфагновые мхи исчезли по мере затопления. Слои угля свидетельствуют о частом прохождении пожаров. После сильного пожара ~1434 л.н. на болоте более широко представлена пушица, багульник, кустарниковая березка.

В период прохождения частых паводков ~1260–720 л.н. с периодическим обновлением субстрата сформировался органоминеральный горизонт и торф с большой долей терригенной составляющей (инт. 1.38–1.49 м). Преобладали кочкообразующие осоки – придатковая и Мейера, типичные для условий нестабильного гидрологического режима и периодических затоплений. В небольшом количестве – вейник Ландсдорфа, тростник, пушица. Встречены раковинные амебы *Diffugia* sp. Наличие небольшого количества угольков говорит о периодическом обсыхании поверхности в сухие сезоны и прохождении пожаров (~760–720 л.н.).

Паводковая активность снизилась ~720–680 л.н., но наводнения были – осоковый торф в инт. 1.34–1.38 м включает крупные терригенные частицы. Возможно, уменьшилось количество атмосферных осадков, длительные сухие сезоны способствовали развитию сильных пожаров. Наиболее значительный пожар, оставивший слой углей до 1 см, произошел ~680 л.н. На болоте доминировала осока топяная (*Carex limosa*), циркумполярный, гигрофильный вид. Послепожарная сукцессия выражена в развитии пушицы (20% растительных остатков), появлении мха *Drepanocladus* sp. На болоте рос тростник (10%), появились редкие сфагновые мхи. В условиях аналогичного паводкового режима ~680–645 л.н. шло и формирование пушицево-осокового торфа (инт. 1.31–1.34 м), включающего крупные терригенные частицы.

Новый этап активизации паводков ~645–550 л.н. привел к образованию сильно минерализованного травяного торфа (инт. 1.23–1.31 м). В условиях обновления субстрата на болоте вновь распространение получили осоки, в основном – топяная, постепенно увеличивалась роль пушицы и тростника. Степень разложения растительных остатков в торфе падает. В осадках встречаются раковинные амебы *Diffugia* sp.

При снижении паводковой активности ~550–490 л.н., совпавшей с холодными фазами XV в. [10, 29], формировался осоковый торф (инт. 1.18–1.23 м). В составе растительности наряду с осокой топяной появилась осока Миддендорфа (*Carex middendorffii*), характерная для сфагновых болот и заболоченных тундр

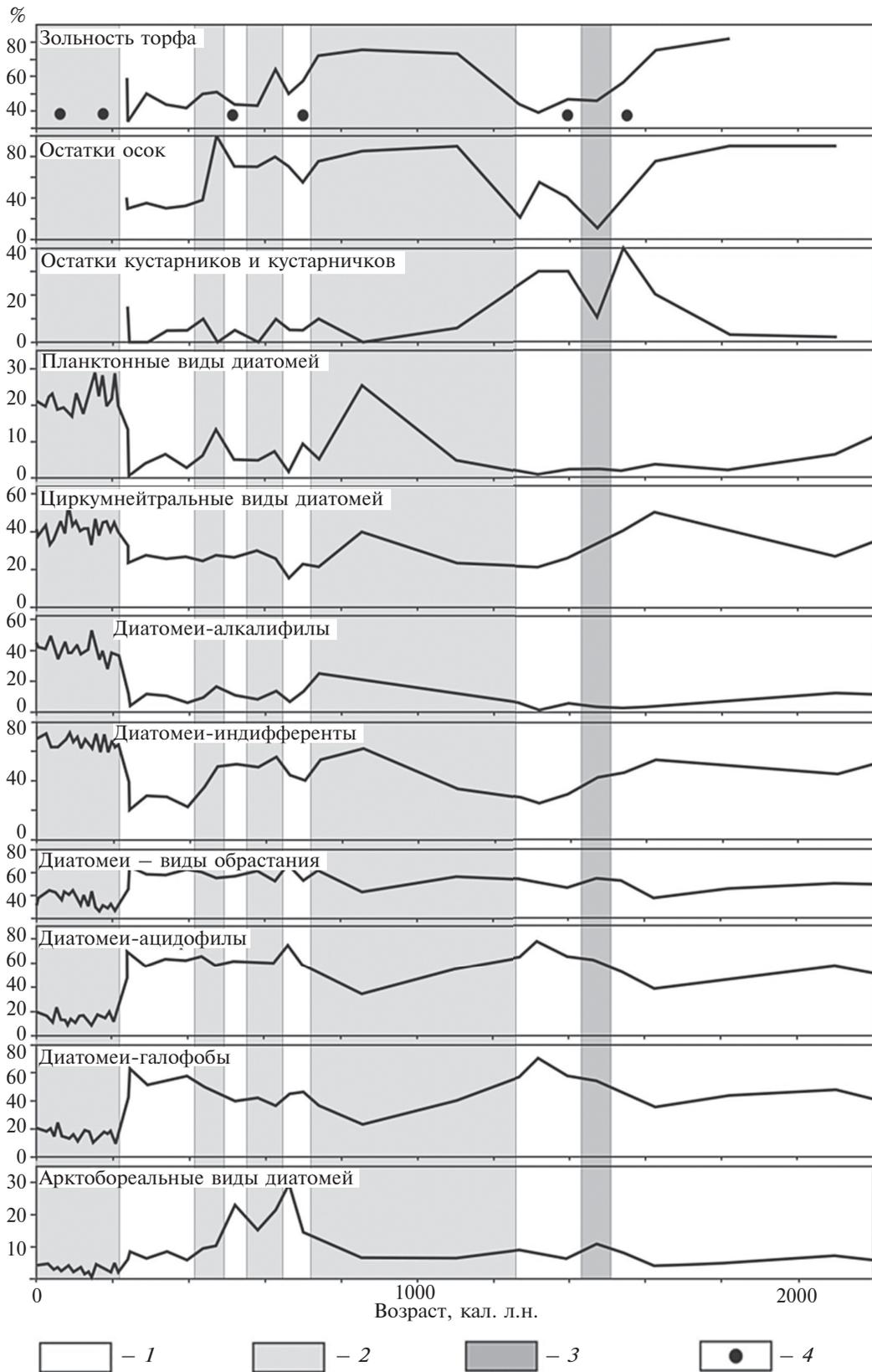


Рис. 5. Палеорекострукции периодов с сильными паводками в бассейне р. Бикин и изменение некоторых биотических компонентов во времени.

1 – периоды без сильных паводков, 2 – периоды с сильными паводками, 3 – влажно, но без сильных паводков, 4 – пожары.

Дальнего Востока. На болоте сформировался ярус, представленный сфагнумом оттопыренным (*Sphagnum squarrosum*) — широко распространенным видом сырых низинных болот таежной зоны и тундр [9]. В небольшом количестве встречались пушица и тростник, восстанавливался ярус багульника. В условиях снижения увлажненности ~500 л.н. на болоте прошел небольшой пожар, оставивший слой углей (до 2 мм).

Следующий этап усиления влияния паводков ~490–420 л.н. привел к деградации покрова сфагновых мхов и кустарников, растительность стала более однообразной. Сначала преобладали осоки, в конце этапа увеличилась роль пушицы, появилась кустарниковая березка, багульник — возможно, за счет палов в сухие сезоны, из трав — осока вздутоносая (*Carex rhynchophysa*).

Во время относительного падения паводковой активности ~420–220 л.н. на болоте были широко представлены пушицы с участием осоки вздутоносой и тростника. Восстановился моховой ярус, представленный гидрофильными видами сфагнов секции *Cuspidata* и *Sphagnum squarrosum*. При зарастании суглинистого субстрата единично встречались гидрофильные бриевые мхи. О влажных условиях в начале этапа говорят находки ветвистоусых рачков. Багульник и кустарниковая березка, появившиеся в начале этапа, деградировали при незначительном усилении речного влияния 315–262 л.н., в болотной растительности появились вейник и ирис. Единичные находки раковинной амебы *Arcella vulgaris* Ehrenberg, гидрофильного вида, часто обитающего в сфагновых водоемах [17], говорят об обводнении болота. В целом, появление эвтрофного *Sphagnum squarrosum* (420–262 л.н.) одновременно с увеличением количества бореальных видов — пушицы и осоки вздутоносой — может говорить о незначительном похолодании климата. Около 262–220 л.н. в составе растительности появляется манник длинноколосковый (*Glyceria spiculosa* (Fr. Schmidt) Roshev.) и пухонос дернистый (*Trichophorum cespitosum* (L.) C. Hartm.), типичный индикатор переходных болот. Пухоносо-пушициевые болота характерны для мягкого сырого климата. Условия были неблагоприятными для развития сфагновых мхов. Торф образовывался в условиях близкого залегания грунтовых вод.

Травяной торф в кровле торфяника (инт. 0.90–0.93 м) сложен пушицей, вейником, осоками и ирисом. Разреженный кустарниковый ярус был представлен багульником, кустарниковой березкой (стволики обуглены, т.е. шли палы). Последние 200 лет торфяник был погребен мощным слоем пойменных суглинков. Хорошо выраженные тонкие прослои углей на глубине 0.75 и 0.53 м оставили пожары, произошедшие в XIX в.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Геохронологические данные и стратиграфическое изучение торфяника показали, что паводковая активность в предгорьях Сихотэ-Алиня на севере Приморья за последние 2.2 тыс. лет существенно менялась. Критериями выделения фаз обильного речного стока, помимо геоморфологических признаков [19], являются: зольность торфа; среди диатомей — увеличение количества планктонных видов и реофилов, преобладание циркумнейтральных видов и алкалифилов по отношению к рН и индифферентов к минерализации; резкое увеличение роли трав, особенно осок, среди растений-торфообразователей в зоне затопления; снижение разнообразия болотной растительности после сильных паводков.

В отложениях, сформированных во время сильных паводков, обнаружены раковинные амебы рода *Diffflugia*, которые могли быть перенесены из реки. Признаками ослабления речного стока помимо снижения доли минеральных компонентов торфов служат рост количества донных форм диатомей и обрастателей, увеличение роли ацидофилов, характерных для болот, и галофобов, развитие кустарничков, кустарников и на определенной стадии развития болота — формирование мохового покрова, наличие углей, свидетельствующих о пожарах в условиях снижения обводненности болота. Последний признак не всегда выдерживается в условиях муссонного климата с резким контрастом режима увлажненности по сезонам. Но, в целом, сильные пожары проходили в периоды снижения паводковой активности. После пожаров в составе травяного яруса резко увеличивалась роль пушицы, багульника и кустарниковой березки — палеосукцессии имеют большое сходство с современными послепожарными изменениями на болотах Приамурья [12]. Временные рамки установленных смен и изменение состава отдельных биотических компонентов хорошо совпадают (рис. 5). Палеоизлучина, где расположен разрез, вероятно, образовалась в условиях обильного речного стока в среднем голоцене, когда были сформированы отложения русловых и пойменных фаций, залегающие в основании первой надпойменной террасы в среднем течении р. Бикин [21]. Признаки обилия речного стока и активная аккумуляция аллювия характерны для оптимальной фазы среднего голоцена Приморья [14]. Атлантическая фаза отличалась высоким увлажнением и в бассейне Нижнего Приамурья [27]. Для бассейна Среднего Амура также установлено более высокое количество среднегодовых атмосферных осадков по сравнению с современными значениями во второй половине среднего и начале позднего голоцена [11].

Старица, на месте которой образовался торфяник, существовала ~3360–2240 л.н. в условиях завершения теплой фазы и развития похолодания ~2.5–2.6 тыс. л.н., сопровождавшегося снижением увлажнения [5, 31]. Похолодание хорошо проявилось на юге Дальнего Востока [13], в том числе на Бикине [3, 21] и, в целом, в бассейне р. Амур [11, 27]. В среднем течении р. Бикин в это время не было отмечено сильных паводков [21].

Заболачивание старицы и смена терригенного осадконакопления на биогенное произошли ~2240 л.н. Этот рубеж характеризуется резким снижением увлажнения, зафиксированном в горных районах Приморья: на восточном макросклоне Сихотэ-Алиня (оз. Изюбринные Солонцы, Шандуйские озера) установлено резкое падение уровня грунтовых вод, зарастание озер, началось накопление древесного торфа (2270 л.н.) [24], на Шкотовском плато происходило зарастание Ларченкова болота кустарниками (2250–2050 л.н.) [22]. Снижение обводненности долины зафиксировано и в разрезах торфяников Среднего Бикина [21].

Развитие болота, образованного на месте старицы, шло в режиме чередования снижения или усиления паводковой активности. На начальном этапе развития болота (2240–1260 л.н.) сильных паводков не наблюдалось, хотя примесь аллювия в торфе в небольшом количестве встречается постоянно. Снижение частоты паводков ~1718–1060 л.н. отмечено и на Среднем Бикине [21]. Кратковременный период усиления увлажнения болота ~1510–1434 л.н., когда начал копиться торф с обилием остатков камыша, возможно, связан с повышением годового количества атмосферных осадков, но признаков сильных паводков в этот временной интервал нет.

Широкое развитие на болоте кустарникового яруса из багульника и березки (1570–1260 л.н.) близко по времени с одним из глобальных холодных событий позднего голоцена (1650–1450 л.н.), сопровождавшимся снижением увлажненности [31]. Разрастанию багульника и кустарниковой березки способствовали и пожары [12]. Усиление влияния пирогенного фактора на развитие ландшафтов в нижнем течении р. Бикин (1570–1357 л.н.) хорошо сопоставляется с частыми пожарами в среднем течении ~1718–1281 л.н. [21]. Усиление пожаров в маловодные годы – типичная современная ситуация на Дальнем Востоке [12, 20].

Наиболее длительный период с обильным речным стоком и паводками начался ~1260 л.н. Аналогичная ^{14}C -дата 1340 ± 40 л.н.; 1260 ± 40 кал. л.н., ЛУ-7566 получена в основании торфяника мари Сахалин, расположенного на более высокой поверхности [23]. Перерыв,

возможно, был связан с эрозией во время сильных паводков. Резкое падение скорости осадконакопления в торфянике на месте палеоизлучины во время накопления органоминеральных отложений и минерализованного торфа в этот временной интервал, возможно, также связано с перерывами в осадконакоплении и эрозией во время отдельных событий. Частые сильные паводки фиксируются до 720 л.н. Усиление активности летнего муссона в интервале 1.48–0.8 тыс. л.н. установлено для Японских островов [30].

В начале малого ледникового периода 720–645 л.н. сильных паводков не было. Свидетельством похолодания ~680 л.н. является резкое увеличение роли арктобореальных диатомей (см. рис. 5). Снижение увлажнения и отсутствие сильных наводнений для перехода от малого оптимума к малому ледниковому периоду установлены и для Среднего Бикина [21]. Снижение увлажнения в этот период отмечено и в континентальной части бассейна Амура [1]. В условиях дефицита осадков 720–680 л.н. в низовьях Бикина были сильные пожары. Около 770–690 л.н. пожары проходили и в районе Шандуйских озер [24].

Усиление частоты паводков ~645–550 л.н., вероятно, происходило в условиях относительно теплой второй половины XIV в. [10, 29]. Более тепловодные условия на болоте подтверждают данные диатомового анализа – ~610–550 л.н. снижается содержание арктобореальных диатомей (14.8%).

Временной интервал без сильных паводков (550–490 л.н.) совпадает с минимумом XV в. [10, 29]. Среди диатомей повышается количество арктобореальных видов (до 23%). Косвенным свидетельством холодных условий является и развитие покрова из сфагновых мхов, пострадавших в результате пожара в конце этой фазы. Хронологические рамки следующего этапа обильного стока с паводками (490–420 л.н.) совпадают с потеплениями конца XV – первой половины XVI вв. [10, 29]. В конце этапа на болоте был пожар. Последующий период без сильных паводков совпадает с заключительной холодной сухой фазой малого ледникового периода (420–220 л.н.). Для болота характерно развитие мхов. Следов пожаров не обнаружено.

Сильные наводнения начались ~220 л.н. в условиях тренда на потепление. Судя по мощности пойменных отложений, полностью перекрывших торфяник, их частота и масштаб превышали палеонаводнения позднего голоцена. Пожары стали типичным явлением в долине.

Наиболее вероятным аналогом этапа сильных паводков в малый оптимум голоцена являются изменения климатического режима в северной части Азиатско-Тихоокеанского региона в начале

XXI в., который характеризуется падением приземного атмосферного давления, усилением циклонической активности, в том числе повторяемости экстремальных тропических и внетропических циклонов, приносящих ливневые осадки [16, 20]. На рубеже XX–XXI вв. произошел сдвиг климатических условий, увеличился меридиональный перенос тепла и влаги, возросло интегральное содержание водяного пара в атмосфере, что вызвало обильные осадки в зоне контакта континент–океан и наводнения [20]. Рост числа экстремальных гидрологических событий отчетливо связан с ростом изменчивости притока тепла и влаги и нелинейным характером реакции речных бассейнов на эти колебания [7, 26]. Развитие Амурской депрессии в теплый сезон наряду с активизацией антициклона над Охотским морем и расширением зоны влияния тихоокеанского субтропического (гавайского) максимума при более высоком температурном фоне над Восточной Азией были одной из причин высокой повторяемости тайфунов восточных траекторий и экстремального наводнения на Амуре в 2013 г. [16]. В 2016 г. экстремальный паводок в Приморье произошел отчасти благодаря развитию малоподвижного антициклона над Охотским морем, который препятствовал продвижению на север–северо-восток насыщенных влагой циклонов, располагавшихся над Японским морем и Приморским краем [18]. Одной из причин наводнений на юге Дальнего Востока являлся высокий уровень грунтовых вод, сложившийся в предыдущие осенне-зимние сезоны [7].

Паводки в малый ледниковый период происходили при нестабильных климатических условиях в фазы потеплений и, вероятно, связаны с кратковременным усилением действия летнего муссона. Продолжительность периодов с сильными паводками изменялась от 70 до 200 лет. Длительность периодов снижения паводковой активности составляла 60–200 лет. Синоптические ситуации, приводившие к ливневым осадкам, возможно, были принципиально близки к современным, но проходили на фоне более низких температур.

Полученный палеогеографический материал не дает возможности детально оценить изменчивость стока за последние 220 лет, но следует отметить, что интенсивность паводков в эпоху освоения края возросла по сравнению с развитием природных процессов в последние 2240 лет.

ВЫВОДЫ

На основе комплекса литолого-фациальных и биостратиграфических признаков восстановлена геологическая летопись сильных паводков в предгорьях Сихотэ-Алиня и определены хро-

нологические рамки этапов речного стока за последние 2.24 тыс. лет.

Установлено, что наиболее сильные паводки происходили в малый оптимум голоцена и в теплые фазы малого ледникового периода. Выделены этапы с дефицитом атмосферных осадков, приуроченные к похолоданиям, при которых часто происходили пожары.

Выявлены реакция болотного массива на затопление территории и привнос большого количества минеральных компонентов, восстановлено развитие локальных ландшафтов при климатических изменениях в годы без сильных паводков и определены послепожарные палеосукцессии.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 15-05-00171, и гранта СПбГУ № 18.40.68.2017.

FUNDING

The work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (RFBR), grant no. 15-05-00171, and grant no. 18.40.68.2017 of St.-Petersburg State University.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 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.
2. Базарова В.Б., Климин М.А., Копотева Т.А. Голоценовая динамика восточноазиатского муссона в Нижнем Приамурье (юг Дальнего Востока) // География и природные ресурсы. 2018. № 3. С. 124–133.
3. Белянин П.С. Развитие геосистем бассейна реки Бикин (Дальний Восток) в среднем и позднем голоцене // География и природные ресурсы. 2013. № 1. С. 105–111.
4. Болгов М.В., Алексеевский Н.И., Гарцман Б.И., Георгиевский В.Ю., Дугина И.О., Ким В.И., Махинов А.Н., Шалыгин А.Л. Экстремальное наводнение в бассейне Амура в 2013 году: анализ формирования, оценки и рекомендации // География и природные ресурсы. 2015. № 3. С. 17–26.
5. Борисова О.К. Ландшафтно-климатические изменения в голоцене // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 2. С. 5–20.
6. Величко А.А. Эволюционная география: проблемы и решения. М.: ГЕОС, 2012. 563 с.
7. Гарцман Б.И., Шамов В.В., Губарева Т.С. и др. Речные системы Дальнего Востока России: чет-

- верть века исследований. Владивосток: Дальнаука, 2015. 492 с.
8. *Забелина М.М., Киселев И.А., Прошкина-Лавренко А.И., Шешукова В.С.* Диатомовые водоросли. Определитель пресноводных водорослей СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1951. Вып. 4. 620 с.
 9. *Зверев А.А., Бабешина Л.Г.* Оценка условий местообитаний сфагновых мхов Западно-Сибирской равнины по ведущим экологическим факторам: объекты, материалы и методические основы // Вестн. ТГУ. 2009. № 325. С. 167–173.
 10. *Клименко В.В.* Климат: непрочитанная глава истории. М.: Изд. Дом МЭИ, 2009. 408 с.
 11. *Клименко В.В., Климанов В.А., Кожаринов А.В.* Динамика растительности и климата Амура-Зейского междуречья в голоцене и прогноз их естественных изменений // Изв. РАН. Сер. геогр. 2000. № 2. С. 42–50.
 12. *Копотева Т.А., Купцова В.А.* Пирогенный фактор на маревых болотах Приамурья // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. 2011. № 3. С. 37–41.
 13. *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 // Вестн. ДВО РАН. 1997. № 3. С. 121–143.
 14. *Короткий А.М., Макарова Т.Р.* Палеогеографические и геоморфологические аспекты устойчивости геосистем в бассейнах горных рек. Владивосток: Дальнаука, 2005. 293 с.
 15. *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.* Дальневосточные моря России / Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Раздел 5.4. М.: Росгидромет, 2014. С. 684–743.
 16. *Мезенцева Л.И., Соколов О.В., Друзь Н.И.* Атмосферная циркуляция над Дальним Востоком в 2013 г. при экстремальном наводнении в бассейне Амура // Изв. ТИНРО. 2015. Т. 180. С. 261–272.
 17. *Митник Л.М., Баранюк А.В., Хазанова Е.С., Кулешов В.П., Митник М.Л.* Дождевой паводок 2016 г. в Приморском крае: мониторинг из космоса / Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. Тез. докл. 14-ой Всерос. открытой конф. (М., ноябрь 2016). М.: ИКИ РАН, 2016. 270 с.
 18. *Мокшин П.Ю., Животова Е.Н., Черевичко А.В.* Зоопланктон болотных водоемов в осенне-весенний период // Тр. ИБВВ РАН. 2017. Т. 79 (82). С. 119–125.
 19. *Панин А.В.* Палеогидрологические ритмы в умеренном поясе Северной Евразии в марках последних межледниково-ледниковых климатических циклов // Пути эволюционной географии. Матер. Всерос. науч. конф., посвященной памяти проф. А.А. Величко (М., ноябрь 2016) / ред. А.В. Панин, С.Н. Тимирева, Е.И. Куренкова, Ю.М. Кононов. М.: ИГ РАН, 2016. С. 227–231.
 20. *Пономарев В.И., Дмитриева Е.В., Шкорба С.П.* Особенности климатических режимов в северной части Азиатско-Тихоокеанского региона // Системы контроля окружающей среды. Севастополь: ИПТС, 2015. Вып. 1 (21). С. 67–72.
 21. *Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Паничев А.М., Гребенникова Т.А., Мохова Л.М., Копотева Т.А., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Старикова А.А., Закусин С.В.* Реакция ландшафтов западного макросклона Сихотэ-Алиня на климатические изменения в среднем-позднем голоцене // Геофизические процессы и биосфера. 2016. № 3. С. 35–66.
 22. *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 // Изв. РАН. Сер. геогр. 2016. № 3. С. 65–80.
 23. *Разжигаева Н.Г., Ганзей Л.А., Мохова Л.М., Макарова Т.Р., Паничев А.М., Копотева Т.А., Кудрявцева Е.П., Арсланов Х.А., Максимов Ф.Е., Петров А.Ю., Крупская В.В.* Развитие ландшафтов предгорий западного Сихотэ-Алиня (бассейн реки Бикин) // Изв. РАН. Сер. геогр. 2017. № 4. С. 97–111.
 24. *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 // Сиб. экол. журн. 2017. № 4. С. 512–527.
 25. *Харитонов В.Г.* Конспект флоры диатомовых водорослей (Bacillariophyceae) Северного Охотоморья. Магадан: СВНЦ ДВО РАН, 2010. 189 с.
 26. *Шамов В.В., Гарцман Б.И., Губарева Т.С., Макагонова М.А.* Исследования гидрологических последствий современных изменений климата в Дальневосточном регионе России // Вестн. ДВО. 2014. № 2. С. 15–23.
 27. *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 // Quat. Int. 2011. V. 237. P. 83–92.
 28. *Bronk Ramsey C.* Deposition models for chronological records // Quat. Sci. Rev. 2008. V. 2. № 1–2. P. 42–60.
 29. *Fagan B.* The Little Ice Age. How climate made history 1300–1850. NY: Basic Books, 2000. 146 p.
 30. *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. V. 86. № 3. P. 287–294.
 31. *Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S.P., Jetel M.* Structure and origin of Holocene cold events // Quat. Sci. Rev. 2011. V. 30. P. 3109–3123.

REFERENCES

1. Bazarova V.B., Grebennikova T.A., Orlova L.A. Natural-environment dynamics within the Amur basin during the Neoglacial. *Geography and Natural Resources*, 2014, vol. 35, no. 3, pp. 124–132.
2. Bazarova, V. B., Klimin, M. A., Kopoteva, T. A. (2018). Holocene Dynamics of the East-Asian Monsoon in the Lower Amur Area. *Geography and Natural Resources*, vol. 39, no. 3, pp. 124–133.
3. Belyanin P.S. Development of the geosystems of Bikin River (Far East) in middle and late Holocene. *Geografiya i Prirodnye Resursy*, 2013, no. 1, pp. 105–111. (In Russ.).
4. Bolgov M.V., Alekseevskii N.I., Gartsman B.I., Georgievskii V.Y., Shalygin A.L., Dugina I.O., Kim V.I., Makhinov A.N. The 2013 extreme flood within the Amur Basin: analysis of flood formation, assessments and recommendations. *Geography and Natural Resources*, 2015, vol. 36, no. 3, pp. 225–233.
5. Borisova O.K. Landscape and climate changes in Holocene. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2014, no. 2, pp. 5–20. (In Russ.).
6. Velichko A.A. *Evolutsionnaya geografiya: problemy i resheniya* [Evolutionary Geography: Problems and Solutions]. Moscow: GEOS Publ., 2012. 563 p.
7. 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: Dalnauka Publ., 2015. 492 p.
8. Zabelina M.M., Kiselev I.A., Proshkina-Lavrenko A.I., Sheshukova V.S. *Diatomovye vodorosli. Opredelitel' presnovodnykh vodoroslei SSSR* [Diatom Algae. Atlas of Freshwater Algae of the USSR]. Moscow: Akad. Nauk SSSR, 1951, vol. 4. 620 p.
9. Zverev A.A., Babeshina L.G. Estimation of conditions of habitat of Sphagnum mosses in West Siberiam plain: humidification factor. *Vestn. Tomskogo Gos. Univ.*, 2007, no. 325, pp. 167–173. (In Russ.).
10. Klimenko V.V. *Klimat: neprochitannaya glava istorii* [Climate: Unread Chapter of History]. Moscow: Izd. Dom MEI Publ., 2009. 408 p.
11. Klimenko V.V., Klimanov V.A., Kozharinov A.V. Dynamic of vegetation and climate of Amur-Zeya interfluve in Holocene and prognosis of their natural changes. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2000, no. 2, pp. 42–50. (In Russ.).
12. Kopoteva T.A., Kuptsova V.A. Fire in waterlogged open larch forests in the Amur R. Area. *Vestn. SVNTs DVO RAN*, 2011, no. 3, pp. 37–41. (In Russ.).
13. Korotky A.M., Grebennikova T.A., Pushkar V.S., Razzhigaeva N.G., Volkov V.G., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Bazarova V.B., Makarova T.R. Climatic changes of the territory of South Far East at Late Pleistocene-Holocene. *Vestn. DVO RAN*, 1997, no. 3, pp. 121–143. (In Russ.).
14. Korotky A.M., Makarova T.R. *Paleogeograficheskie i geomorfologicheskie aspekty ustoichivosti geosistem v basseinakh gornyykh rek* [Paleogeographical and Geomorphological Aspects of Geosystem Stability in Mountain Drainage Basins]. Vladivostok: Dalnauka Publ., 2005. 293 p.
15. Lobanov V.B., Danchenkov M.A., Luchin E.V., Mezentseva L.I., Ponomarev V.I., Sokolov O.B., Trusenkova O.O., Ustinova E.I., Ushakova R.N., Khen G.V. Far East Seas. In *Vtoroi otsenochnyi doklad Rosgidrometa ob izmeneniyakh klimata i ikh posledstviyakh na territorii Rossiiskoi Federatsii* [Second Estimation Report about Climate Change and its Impact on the Territory of Russian Federation]. Moscow: Rosgidromet, 2014, pp. 684–743. (In Russ.).
16. Mezentseva L.I., Sokolov O.V., Drus N.I. Atmosphere circulation over the Far East of Russia in 2013, during extreme flood in the Amur basin. *Isv. TINRO*, 2015, vol. 180, pp. 261–272. (In Russ.).
17. Mitnik L.M., Baranyuk A.V., Khazanova E.S., Kuleshov V.P., Mitnik M.L. Rain flood 2016 in Primorye: monitoring from space. In *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa* [Modern Problems of Remote Sensing]. Moscow: IKI RAN, 2016. 270 p. (In Russ.).
18. Mokshin P.Yu., Zhivotova E.N., Cherevichko A.V. Zooplankton of mire bodies in the autumn-spring season. *Trudy IBVV RAN*, 2017, vol. 79(82), pp. 119–125. (In Russ.).
19. Panin A.V. Palaeohydrological rhythms in the midlatitudes of Northern Eurasia during the last Interglacial-Glacial climatic cycles. In *Puti evolyutsionnoi geografii* [Ways of Evolutionary Geography]. Moscow: IG RAN, 2016, pp. 227–231. (In Russ.).
20. Ponomarev V.I., Dmitrieva E.V., Shkorba S.P. Features of climate regimes in the North Asian Pacific. *Sistemy Kontrolya Okruzhayushchei Sredy*, 2015, vol. 1, no. 21, pp. 67–72. (In Russ.).
21. Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Panichev A.M., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kopoteva T.A., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Starikova A.A., Zakusin S.V. Response of landscapes of Sikhote-Alin western slopes to middle-late Holocene climatic changes. *Geofizicheskie Protsesty i Biosfera*, 2016, no. 3, pp. 35–66. (In Russ.).
22. 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. The development of landscapes of the Shkotovo plateau of Sikhote-Alin in the late Holocene. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2016, no. 3, pp. 65–80. (In Russ.).
23. Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Mokhova L.M., Makarova T.P., Panichev A.M., Kopoteva T.A., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E., Petrov A.Yu., Krupskaya V.V. Stages of landscapes development of foothills of the Western Sikhote-Alin. *Izv. Akad. Nauk, Ser. Geogr.*, 2017, no. 4, pp. 97–111. (In Russ.).
24. Razzhigaeva N.G., Ganzey L.A., Grebennikova T.A., Mokhova L.M., Kopoteva T.A., Panichev A.M., Kudryavtseva E.P., Arslanov Kh.A., Maksimov F.E.,

- Petrov A.Yu., Klimin M.A. Environmental changes recorded in deposits of the Izyubrine Solontsi Lake, Sikhote-Alin. *Contemp. Probl. Ecol.*, 2017, vol. 10, no. 4, pp. 512–527.
25. Kharitonov V.G. *Konspekt flory diatomovykh vodoroslei (Bacillariophyceae) Severnogo Okhotomor'ya* [Synopsis of Diatom Flora (Bacillariophyceae) of Northern Okhotsk Sea Region]. Magadan: SVNTsDVO RAN, 2010. 189 p.
26. Shamov V.V., Gartsman B.I., Gubareva T.S. Studies of hydrological response to current climate change at the Russian Far East. *Vestn. DVO RAN*, 2014, no. 2, pp. 15–23. (In Russ.).
27. 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. *Quat. Int.*, 2011, vol. 237, no. 1–2, pp. 83–92.
28. Ramsey C.B. Deposition models for chronological records. *Quat. Sci. Rev.*, 2008, vol. 2, no. 1–2, pp. 42–60.
29. Fagan B. *The Little Ice Age. How climate made history 1300–1850.* New-York: Basic Books, 2000. 146 p.
30. 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, no. 3, pp. 287–294.
31. Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S.P., Jetel M. Structure and origin of Holocene cold events. *Quat. Sci. Rev.*, 2011, vol. 30, no. 21–22, pp. 3109–3123.

Paleoflood Records within Sikhote-Alin Foothills During Last 2.2 ka

N. G. Razzhigaeva^{1, *}, L. A. Ganzey¹, T. A. Grebennikova¹, T. A. Kopoteva^{2, **},
M. A. Klimin², A. M. Panichev^{1, 3}, E. P. Kudryavtseva¹, Kh. A. Arslanov^{4, ***},
F. E. Maksimov⁴, and A. Yu. Petrov⁴

¹*Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Vladivostok, Russia*

²*Institute of Aquatic and Ecological Problems, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia*

³*Far East Federal University, Vladivostok, Russia*

⁴*Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia*

*e-mail: nadyar@tigdvo.ru

**e-mail: kopoteva@ivep.as.khb.ru,

***e-mail: arslanovkh@mail.ru

Received October 23, 2017; revised October 08, 2018; accepted November 30, 2018

The periods of intensification of the frequency of severe floods in Late Holocene were reconstructed on the basis of a multi-proxy study of the section of paleo-bend deposits in the lower reaches of the Bikin River, which includes a peat bog, buried by floodplain loam. The peat bog was formed on the place of flood lake and is represented by interlayering of the layers with a different contents of mineral components, which brought during heavy floods. The criteria for the allocation of phases of abundant river flow were defined. Peat ash content, biostratigraphic data (diatom, botanical analyzes) and radiocarbon dates of the peat bog showed that the flood activity in the foothills of the Sikhote-Alin changed significantly over the last 2.24 ka. The most severe floods occurred in the Medieval Warm Period and warm phases of the Little Ice Age. Duration of periods with strong floods varied from 70 to 200 years. Synoptic situations leading to heavy rainfall were probably similar to modern ones. Strong floods began last 210 yr in the conditions of a trend for warming. Reduction of flood activity, as a rule, occurred in cooling. The intensification of fires took place in drier periods. The response of swamp landscapes to the passage of severe floods and fires has been established.

Keywords: flood chronology, swamp geosystems, fires, summer monsoon, Late Holocene, Bikin River, Sikhote-Alin.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S2587-55662019285-99>