

Динамика растительного покрова и пожаров Горной Шории (Северный Алтай) в позднем голоцене: по палеоэкологическим данным торфяника Малый Лабыш

Т. А. БЛЯХАРЧУК, М. А. ПУПЫШЕВА

*Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН
634055, Томск, просп. Академический, 10/3
E-mail: blyakharchuk@mail.ru*

Статья поступила 01.11.2021

После доработки 09.11.2021

Принята к печати 09.11.2021

АННОТАЦИЯ

Для реконструкции динамики растительности, климата и пожаров на Северном Алтае в позднем голоцене методами спорово-пыльцевого и уголькового анализа изучены торфяные отложения болота Малый Лабыш, расположенного в верховьях р. Кондомы в Шорском национальном парке. Литология отложений и радиоуглеродное датирование показали, что болото имеет озерное происхождение и образовалось путем заболачивания речной старицы р. Кондомы. Старичное озеро возникло около 3000 лет назад, а около 2200 лет назад оно превратилось в болото. Спорово-пыльцевой анализ озерных и торфяных отложений выявил неоднократные смены в растительном покрове, вызванные, вероятно, нестабильностью климата в последние 3000 лет. В целом выявлено два влажных тысячелетних периода (3000–1800 кал. л. н. и 550–200 кал. л. н.), когда в лесах увеличивалась роль пихты, чередовавшихся с двумя более сухими периодами (1600–900 кал. л. н. и 200 кал. л. н. – современность), когда пихта уступала позиции березовым лесам. В статье публикуются также данные о динамике палеопожаров в районе болота Малый Лабыш на основе микро- и макроуголькового анализа, приводится сравнение результатов палинологического и уголькового исследований с палеоклиматическими реконструкциями Западной Сибири в голоцене, делается вывод о связи пожаров с динамикой увлажненности климата, что в совокупности влияло и на изменения растительного покрова Горной Шории.

Ключевые слова: растительность, пыльца, голоцен, болото, палеопожары, угольки, Горная Шория, Алтай.

Различные методы палеоэкологических исследований (спорово-пыльцевой, макрофосильный, хирономидный, угольковый и т. д.) давно и эффективно используются для реконструкции прошлых изменений растительного покрова и климата. Но лишь в последние годы появились работы, использующие сразу несколько палеоэкологических методов для реконструкции прошлых изменений окру-

жающей среды. Однако именно комплексные палеоэкологические данные позволяют наиболее достоверно воссоздать события прошлого. На современном этапе палеогеографических исследований развиваются направления реконструкции и глобального моделирования прошлых и возможных будущих изменений природы Земли. Природные пожары оказывают значительное влияние на формирование

и развитие экосистем, катализируя в них сукцессионные смены растительности. Для палеогеографических исследований крайне необходимы детальные региональные палеопалинологические данные, полученные параллельно с угольковыми исследованиями. Между тем для ряда регионов, в частности для Сибири, таких данных очень мало либо они полностью отсутствуют. Нет таких данных и для Северного Алтая. Чтобы заполнить этот пробел, группой палеоэкологов ИМКЭС СО РАН (Томск) проведены палеоэкологические (палинологические и угольковые) исследования торфяного болота в Горной Шории. Территория Горной Шории является уникальным объектом для палеогеографических исследований, в частности для восстановления долговременной истории пожаров на фоне изменения растительного покрова, поскольку район находится на стыке физико-географических стран – горы Алтая и Кузнецкого Алатау контактируют здесь с Западно-Сибир-

ской равниной. Соответственно, горные темнохвойные леса на этой территории соседствуют с березовыми лесами и березовой лесостепью предгорий и равнины.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Район исследования расположен на северном Алтае в Шорском национальном парке (Горная Шория) (рис. 1). Территория парка характеризуется среднегорным рельефом с узкими и скалистыми руслами рек, в поймах которых встречаются торфяные болота. В верховьях р. Кондомы на расширенном участке поймы, там, где в реку впадает ручей Малый Лабыш, по обоим берегам ручья расположен болотный массив. Растительный покров в окружении болотного массива представлен березовыми (*Betula pendula* Roth) высокотравными лесами с примесью пихты (*Abies sibirica* Ledeb.), кедра сибирского (*Pinus sibirica* Du Tour), осины (*Populus tremula* L.), сосны

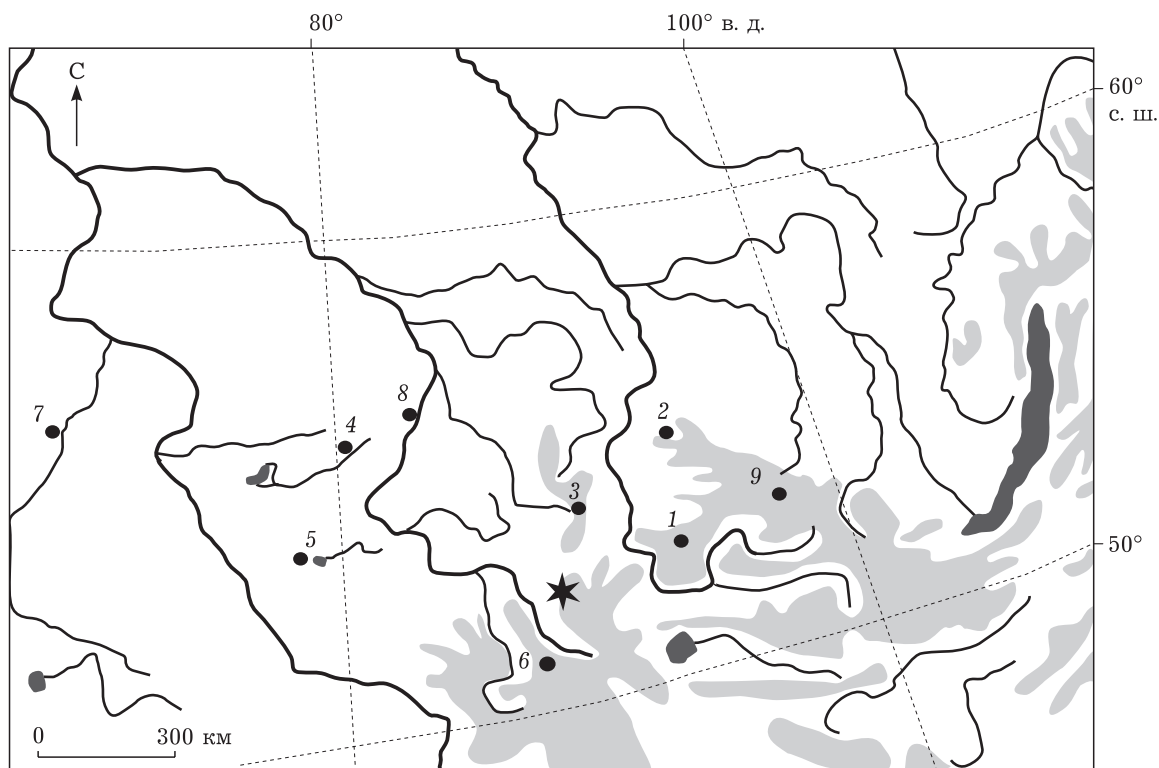


Рис. 1. Карта района исследования. Звездочкой обозначено расположение исследуемого болота Малый Лабыш. Серые контуры – горные массивы. 1–6 – литературные спорово-пыльцевые диаграммы (1 – болото Безрыбное [Blyakharchuk, Kurina, 2021], 2 – Пынчинское болото [Mikhailova et al., 2021], 3 – оз. Чудное [Бляхарчук, 2012], 4 – оз. Тороки [Zhilich et al., 2017], 5 – оз. Яровое [Rudaya et al., 2020], 6 – оз. Узунколь [Blyakharchuk et al., 2004]); 7 – оз. Кыртым [Закх и др., 2010]; 8 – оз. Белое [Krivonogov et al., 2012]; 9 – болото Ярма [Безрукова и др., 2003]

обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и ели (*Picea obovata* Ledeb.). В долине р. Кондомы эти леса чередуются с участками мезофильной темнохвойной пихтовой тайги, поскольку в этом районе умеренно-влажный климат предгорий Северного Алтая сочетается с наиболее гумидным климатом западного макросклона Алтайских гор. Детальное описание современного растительного покрова исследуемого мезотрофного болотного массива, представленного осоково-сфагновым березняком, опубликовано ранее [Бляхарчук и др., 2014].

Слабовыпуклая форма болота и наличие в его растительном покрове сфагнома узколиственного (*Sphagnum angustifolium* (Russ.) C. Jens.) в роли эдификатора свидетельствуют о преобладании преимущественно атмосферных осадков в современном режиме водно-минерального питания болота. Залегание болота в пойме и его большая водосборная площадь обуславливают высокий уровень грунтово-болотных вод в исследуемом болотном массиве. На правобережном (р. Малый Лабыш) участке этого болотного массива (см. рис. 1) для палеогеографических исследований отобрана скважина (52,6306° с. ш., 88,0829° в. д., 490 м над ур. м.) озерно-болотных отложений мощностью 2,45 м, из которых 2,1 м верхних отложений представлены темно-бурым торфом, который подстилают светло-серые озерные осадки.

Образцы из скважины болота Малый Лабыш отбирались с шагом 5 см и подвергались радиоуглеродному, спорово-пыльцевому, микро- и макроугольковому анализам.

Датирование торфяного разреза “Малый Лабыш” проведено по пяти 10-сантиметровым образцам торфа методом жидкостной сцинтилляции. Даты были откалиброваны в программе BACON [Christen, Perez, 2009; Blaauw, Christen, 2011] в R [R Core Team, 2017] в системе счисления “от настоящего времени” (за нулевую точку отсчета принят 1950 г.). В этой же программе рассчитан калиброванный возраст каждого образца (кал. л. н.).

Для спорово-пыльцевого анализа использовались образцы торфа объемом 1 см³, которые были обработаны щелочным методом и ацетализом по общепринятой методике в модификации СВКНИИ ДВО РАН им. Н. А. Шилов (Магадан), согласно которой при проведении ацетализа уксусный ангидрид заменяется равным объемом ледяной уксусной кис-

лоты. Спорово-пыльцевой анализ проводился с помощью светового микроскопа при увеличении в 400 раз. Определения палиноморф проводилось с помощью атласов [Куприянова, Алешина, 1978; Бобров и др., 1983; Moore et al., 1991] и коллекции современных препаратов пыльцы в лаборатории палеоэкологических исследований ИМКЭС СО РАН. В каждом образце подсчитывалось около 300–400 палиноморф суходольного происхождения, а дополнительно к этому количеству – споры и пыльца водно-болотных растений. Спорово-пыльцевая диаграмма построена с помощью программы Tilia [Grimm, 2004] на равномерной временной шкале калиброванного возраста (рис. 2). В этой же программе выполнен кластерный анализ палеопалинологических данных. Для кластерного анализа использовалась пыльца древесных растений и кустарников, а также пыльца суходольных трав и потенциальных рудералов (группа – антропогены и рудералы).

История палеопожаров Горной Шории изучалась методами микро- и макроуголькового анализов. Известно, что в постоянно накапливающихся отложениях болот и озер в слоях торфа и озерного сапропеля кроме палиноморф захораниваются выпадающие на поверхность болот и озер частицы угля, образующиеся при локальных и удаленных пожарах. Частицы угольков размером <100 мкм идентифицируются как микроугольки. Они сохраняются в отложениях под слоями нарастающих озерных и торфяных осадков, сохраняя пирогенную “летопись” региона. Такие мелкие частицы микроугольков разносятся ветром на значительные расстояния (более 3 км), являясь индикатором региональной динамики пожаров. Микроугольковый анализ проводится параллельно со спорово-пыльцевым анализом при тех же методах обработки образцов и параметрах оптики. При этом одновременно с пылью подсчитываются микроугольки диаметром 10–100 мкм. Также в озеро или болото попадают частицы более крупных угольков (>100 мкм), идентифицируемые как макроугольки. Из-за более тяжелого веса они не могут разноситься ветром на дальние расстояния и оседают в радиусе до 3 км от места пожара, маркируя динамику локальных пожаров [Whitlock, Larsen, 2002; Mooney, Tinner, 2011]. Методы микро- и макроуголькового

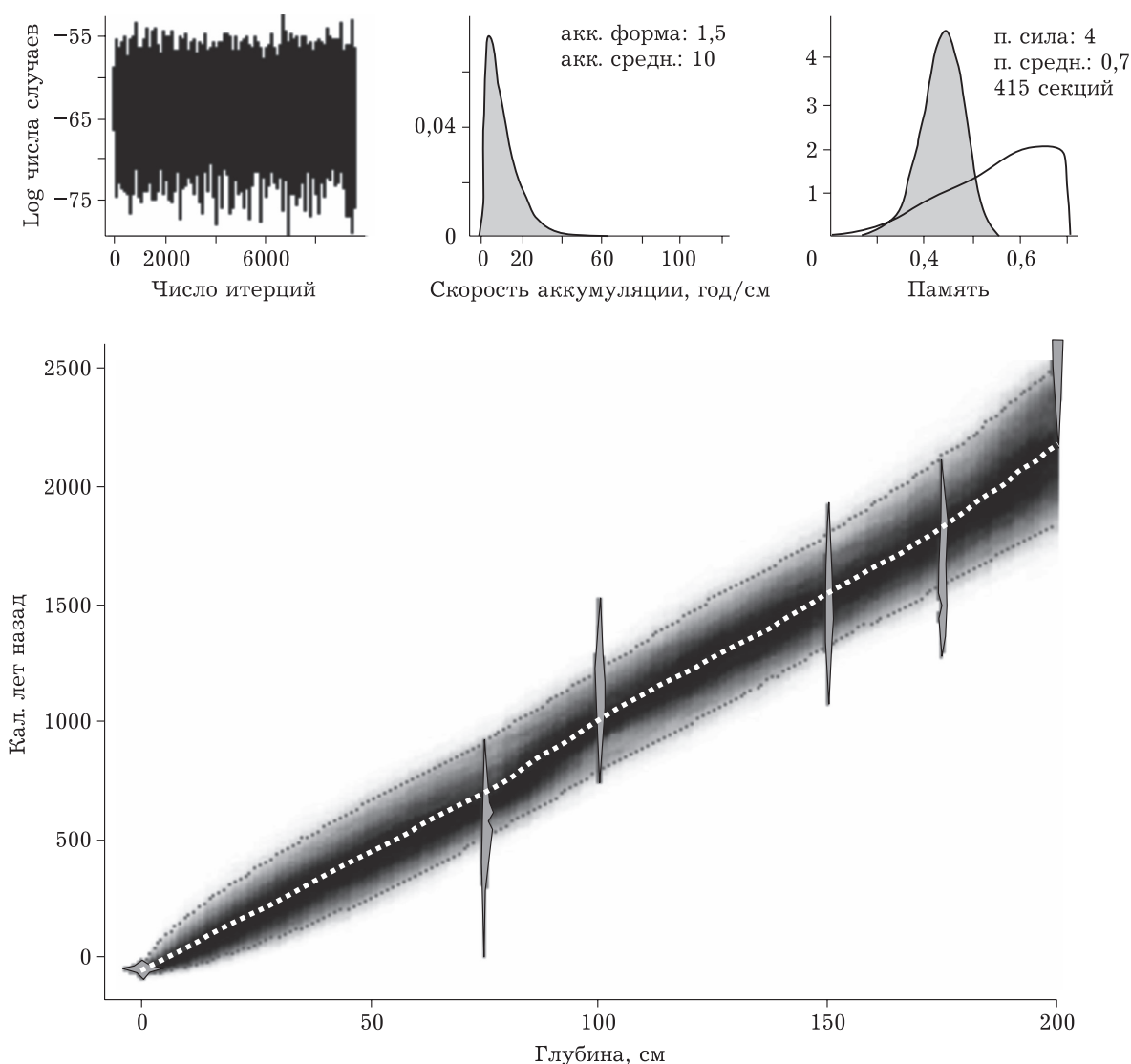


Рис. 2. Глубинно-возрастная модель торфяных отложений болота Малый Лабыш, построенная с помощью программы BACON 3.4.3

анализов позволяют выявлять время, интенсивность и частоту региональных и локальных пожаров в голоцене. Методика отбора и обработки образцов отложений для макроуголькового анализа описана в литературе [Whitlock, Larsen, 2002; Mooney, Tinner, 2011].

РЕЗУЛЬТАТЫ

В радиоуглеродной лаборатории ИМКЭС СО РАН для торфяного разреза “Малый Лабыш” получено пять радиоуглеродных датировок методом жидкостной сцинтилляции (табл. 1). Все датировки оказались в правильной последовательности с увеличением глубины торфяника. Глубинно-возрастная модель,

построенная по калиброванным датировкам в программе BACON [Christen, Perez, 2009; Blaauw, Christen, 2011] в R [R Core Team, 2017], представлена на рис. 2.

К сожалению, из-за небольшого объема датированных образцов ошибка радиоуглеродных датировок оказалась довольно большой – от 98 до 150 лет.

Спорово-пыльцевая диаграмма болота Малый Лабыш (рис. 3) отражает нестабильность растительного покрова и климата Горной Шории в период, охватывающий приблизительно последние 3000 кал. лет. Кластерный анализ пыльцевых данных выделил семь спорово-пыльцевых зон:

Т а б л и ц а 1

Радиоуглеродные датировки торфяного керна из болота Малый Лабыш

№	Лабораторный номер образца	Глубина в разрезе, см	Возраст ^{14}C , лет назад
1	IMCES-767	75	537±150
2	IMCES-765	100	1210±120
3	IMCES-764	150	1573±135
4	IMCES-769	175	1707±146
5	IMCES-430	200	2498±98

1. Спорово-пыльцевая (сп. п.) зона нижней пихты (245–222 см, 3000–2560 кал. л. н.). В пыльцевых спектрах этой зоны доминирует пыльца пихты (*Abies sibirica* Ledeb.) при среднем участии сосны лесной (*Pinus sylvestris* L.) и кедра (*Pinus sibirica* (Rupr.) Mayr.). Относительно мало пыльцы полыни (*Artemisia*) и очень мало пыльцы березы (*Betula pendula* Roth.).

2. Сп. п. зона сосны лесной и кедра или сосны сибирской (222–168 см, 2560–1750 кал. л. н.). В пыльцевых спектрах данной зоны доминирует пыльца сосен (*Pinus sylvestris* и *Pinus sibirica*). Относительно много пыльцы кедра, но резко снижается обилие пыльцы пихты. Увеличивается участие пыльцы березы. Очень мало пыльцы полыни, за исключением резкого максимума в начале пыльцевой зоны – 2550 кал. л. н. На глубине 200 см (примерно 2200 кал. л. н.) встречено несколько очень крупных пыльцевых зерен злака, предположительно пшеницы – *Triticum*.

3. Сп. п. зона березы и разнотравья (168–130 см, 1750–1300 кал. л. н.). В спорово-пыльцевых спектрах доминирует пыльца березы, а обилие пыльцы сосны лесной и кедра сибирского резко снижается. Заметно увеличивается количество пыльцы полыни, злаков (Poaceae), суходольных трав, спиреи (*Spiraea*), крапивы (*Urtica*).

4. Сп. п. зона березы (130–93 см, 1300–900 кал. л. н.). После небольшого увеличения обилия пыльцы темнохвойных пород (кедра и пихты) в начале данной пыльцевой зоны, пыльца этих видов вновь отступает на второй план, сокращаясь до минимума, а обилие пыльцы березы становится максимальным за все время существования болота. Меньше становится пыльцы злаков и в целом – разнотравья. Но по-прежнему увеличено количество пыльцы полыни.

5. Сп. п. зона пихты и берез (93–57 см, 900–500 кал. л. н.). В этой зоне увеличивается количество пыльцы пихты, а сокращается древовидной березы. Заметным становится обилие пыльцы карликовой березки (*Betula nana* L.). По-прежнему увеличено количество пыльцы полыни. Увеличивается также количество пыльцы потенциальных рудералов – крапивы и конопли (*Cannabis*). Неоднократно попадают крупные пыльцевые зерна, напоминающие пыльцу пшеницы – *Triticum*.

6. Сп. п. зона кедра, пихты и сосны (57–37 см, 500–310 кал. л. н.). В спорово-пыльцевых спектрах вновь доминируют хвойные породы, среди которых преобладает кедр, увеличивается обилие пыльцы пихты и сосны. Почти исчезает пыльца карликовой березки. Однако обилие пыльцы полыни все еще держится на высоком уровне. Количество пыльцы потенциальных рудералов (крапивы и конопли) резко сокращается.

7. Сп. п. зона березы (37–0 см, 310 кал. л. н. – современность). В пыльцевых спектрах данной зоны вновь возрастает обилие пыльцы березы, в то время как обилие пыльцы хвойных пород сокращается. Примерно на рубеже XIX и XX вв. обилие пыльцы пихты последний раз увеличилось, после чего резко сократилось до минимума. Вновь увеличивается количество пыльцы потенциальных рудералов – крапивы и конопли, а также *Hordeum*.

Динамика содержания микро- и макроугольков в отложениях болота Малый Лабыш представлена в абсолютных числах подсчитанных частиц угля на той же равномерной временной шкале калиброванного возраста, которая использовалась для спорово-пыльцевой диаграммы (рис. 4). На рисунке слева от угольковых данных приводится интегральная информация по развитию болотного массива и динамике растительного покрова

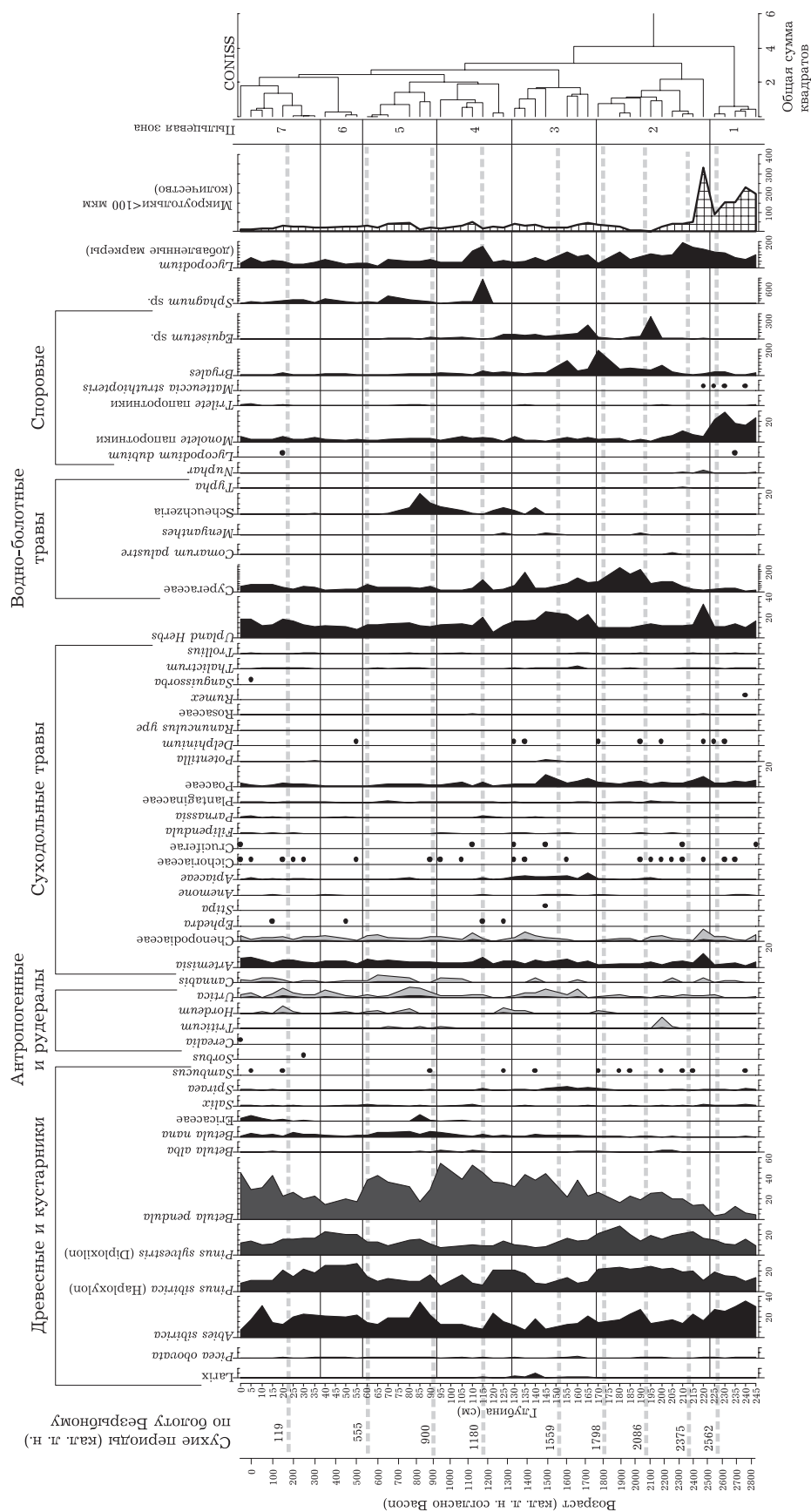


Рис. 3. Процентная спорово-пыльцевая диаграмма болота Малый Лабыш. Пунктирными линиями обозначены сухие периоды, выявленные по палео-экологическим данным болота Безрыбное в горах Западного Саяна [Blyakharchuk, Kurina, 2021]

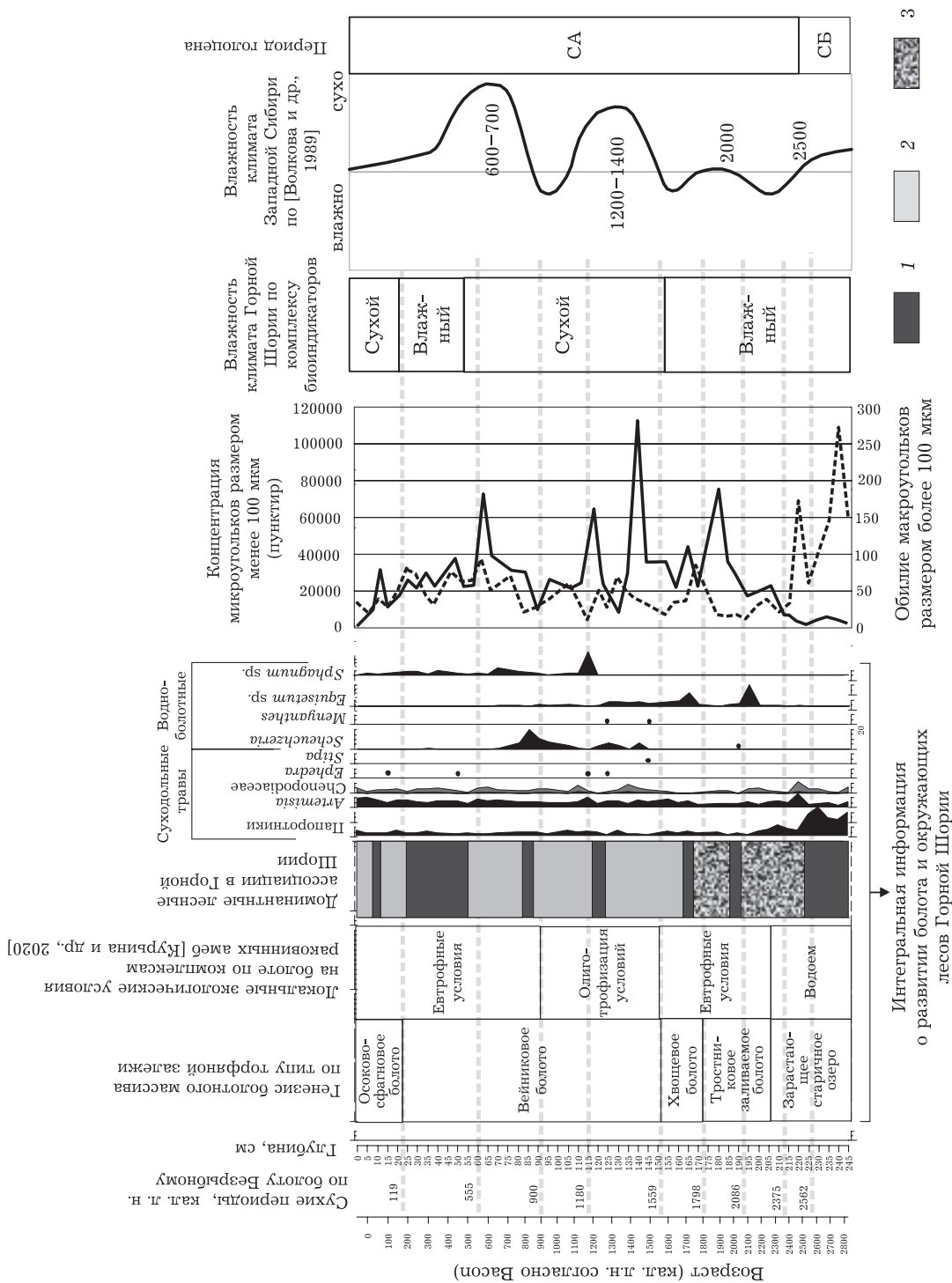


Рис. 4. Сопоставление микро- и макрофитовых данных из озерно-болотных отложений Малого Лабаша с динамикой растительного покрова Горной Шории, с локальными условиями увлажнения и минерального питания на болоте и с изменениями климата. Серые пунктирные линии – вековые периоды иссушения климата, выявленные по торфяным отложениям Западного Саяна [Вуякхангчук, Kurina, 2021]; 1 – доминирование темнохвойных кедрово-пихтовых лесов; 2 – доминирование смешанных березовых лесов; 3 – доминирование смешанных березово-темнохвойных лесов

Горной Шории на основе палинологического и макрофосильного анализов торфа, локальные экологические условия на болоте, реконструируемые по комплексам раковинных амёб согласно проведенным исследованиям [Kurina, Li, 2019; Курьина, Бляхарчук, 2020]. В колонке справа приводятся реконструируемая влажность климата по всему комплексу биоиндикаторов из отложений болота Малый Лабыш и хронологическое сопоставление ее с известными палеоклиматическими реконструкциями увлажнения климата для Западной Сибири [Волкова и др., 1989].

Сопоставление данных макро- и микроуголькового анализов разреза “Малый Лабыш” (см. рис. 4) указывает на их неполное соответствие друг другу, несмотря на использование одного природного материала – угля из одних и тех же образцов. Так, наблюдается большое обилие микроугольков в нижних слоях озерных отложений (накапливавшихся в период с 2900 по 2500 кал. л. н.), но минимальное количество макроугольков в них же (пунктирная линия на рис. 3 обозначает обилие микроугольков, сплошная линия – обилие макроугольков). Напротив, количество макроугольков заметно увеличилось в торфяных отложениях, накопившихся в период с 2000 по 600 кал. л. н., в то время как обилие микроугольков в этот период в целом значительно сократилось.

После примерно 1200 кал. л. н. обилие и макро-, и микроугольков уменьшается и увеличивается синхронно. Можно отметить в целом противофазность индивидуальных пиков обилия макро- и микроугольков в нижней части отложений на глубине 245–115 см (2800–1200 кал. л. н.) и их синхронность с глубины 115 см до поверхности болота (1200 кал. л. н. – до современности). Очевидно, более крупные частицы угля размером >100 мкм маркируют пожарные события локального масштаба в Горной Шории и в окрестностях болота, а более мелкие частицы угля размером <100 мкм отражают пожарную ситуацию более обширного региона, включающего весь водосборный бассейн верховьев р. Кондомы, с которого раздробленные микроугольки приносились поверхностно-сточными водами во время сильных дождей. Обилие и интенсивность дождей были выше во влажные периоды климата. Кроме того,

вероятно, этими водами транспортировались и микроугольки, выпавшие на поверхность почвы за более длительный период времени, включая период предшествующего суббореального иссушения климата Сибири [Волкова и др., 1989].

АНАЛИЗ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основе выполненных аналитических исследований проведена реконструкция развития болотного массива Малый Лабыш на фоне динамики растительности и климата Шорского национального парка. Согласно семи выделенным спорово-пыльцевым зонам (см. рис. 3) реконструировано шесть фаз в динамике растительного покрова Горной Шории за последние 3000 лет.

1. *Фаза доминирования темной хвойной пихтовой тайги* (П. зона 1 на рис. 3). Первоначальное накопление органоминеральных осадков на месте современного болотного массива Малый Лабыш происходило в водных условиях речной старицы примерно в течение нескольких столетий – с 2800 до 2560 кал. л. н. Река Кондома к этому времени либо стала менее полноводная, либо просто оставила эту излучину в силу естественного меандрирования. В ландшафтах Горной Шории в этот период доминировали темной хвойные кедрово-пихтовые леса с высокотравно-папоротниковым напочвенным покровом. Кустарниковые заросли из ив и спирей окружали старицу, на водной глади которой разрасталась и цвела кубышка. На границе с Кузнецкой котловиной были распространены сосновые леса. Климат был влажнее современного, и островная степь Кузнецкой котловины занимала меньшую площадь по сравнению с современной. Большее количество атмосферных осадков приводило к периодическому затоплению поймы р. Кондомы и препятствовало возникновению пожаров. В то же время речные и поверхностно-сточные воды приносили в донные осадки старицы много раздробленных микроугольков, выпавших на поверхность почвы ранее.

2. *Фаза пихтово-кедровой горной тайги и сосново-березовых лесов предгорий* (П. зона 2 на рис. 3). Продолжалась около 810 лет. Возможно, климат в этот временной интервал (2560–1750 кал. л. н.) стал менее влажным

и более континентальным, что вызвало сокращение в горных лесах роли мезофильной пихты и увеличение роли кедра, не требующего особенно влажного и теплого климата. Стали распространяться березовые и сосновые леса. Менее влажный климат способствовал зарастанию старичного озера и постепенному превращению его в евтрофное тростниково-осоковое болото. Болотное торфонакопление началось около 2200 кал. л. н. С этого времени влияние паводковых вод, приносивших микроугольки в торф, уменьшилось, и их обилие в торфе резко сократилось. Однако снижение обилия и интенсивности атмосферных осадков привело к учащению локальных пожаров в Горной Шории, о чем свидетельствует возросшее количество макроугольков в торфе. Интенсивные локальные пожары имели место около 1900 кал. л. н., что хорошо совпадает с периодом снижения влажности климата, отмеченном в палеореконструкциях В. С. Волковой с соавт. [Волкова и др., 1989] (см. рис. 3).

3. Фаза доминирования смешанных березовых лесов (П. зоны 3 и 4 на рис. 3). Длительность фазы – 850 лет. В целом данная фаза в динамике растительного покрова Горной Шории была достаточно продолжительной и охватила две спорово-пыльцевые зоны диаграммы (П. зона 3 и П. зона 4), продолжаясь с 1750 до 900 кал. л. н. Отмеченные изменения в спорово-пыльцевых спектрах этих двух зон указывают на более сухой климат раннего средневековья, благоприятствовавший распространению березовых лесов. Вероятно, расширилась и площадь островной степи в Кузнецкой котловине, судя по стабильному увеличению обилия пыльцы полыни. Однако климат этой фазы не был стабильным. Примерно в период с 1400 по 1250 кал. л. н. (в течение 150 лет – VII–VIII вв. нашей эры) он увлажнялся настолько, что ареал темнохвойной тайги из кедра и пихты заметно расширялся. Но в целом данная фаза отражает более сухие климатические условия, когда березовые леса играли более значительную роль в ландшафтах Горной Шории, чем темнохвойная тайга. Более сухой климат снизил интенсивность весенних половодий, болото перестало подпитываться речными паводками, что привело к олиготрофизации болотных условий в этот период [Kurina, Li, 2019; Курьина, Бляхарчук, 2020; Kurina, Blyakharchuk,

2020]. С прекращением паводкового влияния аллохтонная фракция микроугольков (водного происхождения) перестала поступать на болото, и ход кривых микро- и макроугольков стал синхронным, отражая локальные пожары в лесах Горной Шории. Более сухой климат способствовал распространению пожаров. Это зафиксировано двумя крупными максимумами макроугольков, оба из которых произошли в период олиготрофизации болота [Kurina, Blyakharchuk, 2020] и сильного иссушения климата Сибири согласно реконструкциям В. С. Волковой с соавт. (см. рис. 4).

4. Фаза березово-пихтовых лесов (П. зона 5 на рис. 3). Продолжалась примерно 400 лет – с 900 по 500 кал. л. н. Около 900 кал. л. н. (XII в. н. э.) климат стал значительно влажнее предыдущего периода, и в верховьях р. Кондомы чисто березовые леса сменяются на березово-пихтово-кедровые. В лесах почти прекратились пожары. Непродолжительное иссушение климата и восстановление позиций березового леса имело место около 600 кал. л. н. (XIV в. нашей эры). К отложениям этого времени приурочен крупный всплеск обилия макроугольков. Вероятно, он отражает пожар в окрестностях Малого Лабыша, который и вызвал послепожарную сукцессию (разрастание березы в лесах) в темнохвойной тайге Горной Шории. Этот всплеск горимости лесов Горной Шории хорошо совпадает с новым периодом иссушения климата Западной Сибири, реконструированным В. С. Волковой с соавт. (см. рис. 4). В этот период в спорово-пыльцевых спектрах появилась пыльца культурных злаков (*Triticum* и *Hordeum*) и сопутствующих земледелию и поселениям человека сорных растений (*Cannabis* и *Urtica*).

5. Фаза пихтово-кедровых и сосновых лесов (П. зона 6 на рис. 3). Продолжалась 190 лет – с 500 по 310 кал. л. н. В это время в условиях достаточно влажного климата кедр постепенно вытеснил березу из смешанных березово-пихтовых лесов, доминировавших в предшествующую фазу. Данные события отражают увлажнение климата и распространение темнохвойных пород в лесах Горной Шории и сосновых лесов в предгорьях Алтая в период похолодания малого ледникового периода (LIA). Холодный и влажный период, синхронный похолоданию малого ледникового периода, продолжался до 120 кал. л. н.

и отмечен снижением числа и интенсивности лесных пожаров в Горной Шории.

6. *Фаза распространения березовых лесов и поэтапного сокращения пихтовой тайги* (П. зона 7). Данная фаза охватывает последние 300 лет и отражает, скорее всего, начавшееся мощное антропогенное влияние на леса Горной Шории. Вначале приход русских земледельцев, затем развитие горного дела и, в заключение, масштабные вырубки темнохвойных лесов в XX в., когда на территории Горной Шории и Кузнецкого Алатау располагались многочисленные учреждения советского ГУ-ЛАГа, – все эти события оказывали влияние на естественный ход динамики растительного покрова района исследования. В результате наблюдались неоднократные и резкие смены доминирования то березовых, то пихтовых лесов при достаточно широком распространении открытых пространств Кузнецкой островной степи. После непродолжительного периода усиления роли березовых лесов около 120 кал. л. н. пихта снова стала доминировать в лесах Горной Шории. Однако масштабные вырубки лесов в середине XX в., вероятно, помешали экспансии пихты, и в лесном покрове вновь распространилась береза. Следует отметить, что усилившееся антропогенное влияние на леса не вызвало учащения лесных пожаров, их динамика в Горной Шории в большей степени отразила долговременную динамику климата.

Мы сопоставили выявленную по болоту Малый Лабыш динамику растительного покрова и климата Горной Шории с палеоэкологическими реконструкциями по болоту Безрыбное в горах Западного Саяна [Blyakhar-chuk, Kurina, 2021], расположенного в 800 км восточнее (см. рис. 1). Палеорекострукции по отложениям болота Безрыбного основаны на данных спорово-пыльцевого анализа и данных анализа раковинных амеб. Если первый метод отражает долговременные (тысячелетние) тенденции в изменении региональной растительности и климата, то второй позволяет улавливать короткопериодные изменения увлажненности поверхности болота. За исследуемый интервал времени в 3000 лет на болоте Безрыбное выявлено девять короткопериодных (вековых) эпизодов иссушения климата, когда уровень болотных вод понижался настолько, что менялся видовой состав раковин-

ных амеб. Достаточное количество радиоуглеродных датировок для обоих рассматриваемых торфяных кернов позволило нам синхронизировать по возрасту палеоэкологические данные из этих болот и наложить выявленные вековые периоды иссушения климата по болоту Безрыбному на спорово-пыльцевую диаграмму болота Малый Лабыш. На спорово-пыльцевой диаграмме болота Малый Лабыш (см. рис. 3) вековые засухи, выявленные по болоту Безрыбному, отмечены серыми горизонтальными пунктирными линиями, а также указан их приблизительный возраст (между шкалой возраста и шкалой глубины). Можно заметить, что вековые периоды иссушения климата во многих случаях хорошо совпадают с максимумами пыльцы березы на диаграмме болота Малый Лабыш, а максимумы пыльцы пихты в большинстве случаев фиксируются в периоды между вековыми засухами. Такое совпадение может свидетельствовать о региональной и, возможно, глобальной природе выявленной вековой динамики увлажненности Южной Сибири. Растительный покров Горной Шории реагировал на вековую динамику увлажненности изменениями в соотношении березовых и темнохвойных лесов.

Корреляция палеоклиматических реконструкций болота Малый Лабыш с другими палеоэкологическими данными (12 точек), опубликованными для территории Западной Сибири (см. рис. 1), выявила некоторые общие тенденции изменения увлажненности рассматриваемой территории по 500-летним временным срезам. Так, в период 3,5–3,0 тыс. кал. л. н. вся территория юга Западной и Средней Сибири была хорошо увлажнена, за исключением крайнего юго-запада Западной Сибири. Некоторое иссушение высокогорных районов Кузнецкого Алатау, Западного Саяна и южной границы лесной зоны при общем увлажнении всей степной зоны наметилось в период с 2,5 до 2,0 тыс. кал. л. н. Значительно расширилась область, испытывавшая иссушение климата в период 1,5–1,0 тыс. кал. л. н. При этом 1,5 тыс. кал. л. н. сильное иссушение климата захватило весь юг Западной Сибири, включая горные районы, но восточнее Енисея климат оставался влажным. Максимально сухим климат стал 1,0 кал. л. н., когда иссушалась вся территория юга Западной и Средней Сибири, включая и горные районы. После

500 кал. л. н. область иссушения климата сместились к южной границе лесной зоны, хотя еще и включала частично степную зону. Но в целом степная зона Западной Сибири, все горные районы и районы восточнее Енисея стали хорошо увлажняться.

Данные макроуголькового анализа (на рис. 4 отмечены сплошной линией), отражающие локальные пожары, показали малое их число в позднем суббореале – 2800–2400 кал. л. н., но в субатлантическом периоде наблюдается скачкообразное чередование повышенного и пониженного содержания частиц макроугольков в болотных отложениях с общим трендом повышенной горимости лесов в последние 2000 кал. л. Реже всего леса горели в Горной Шории в период 2300–2100 кал. л. н., как в региональном масштабе, так и локально. В период “римского потепления” с 2100 по 1900 кал. л. н. интенсивность локальных пожаров здесь резко возросла. Данные же микроуголькового анализа (на рис. 4 отмечены пунктирной линией) свидетельствуют о том, что в региональном масштабе наиболее интенсивные пожары происходили в позднем суббореале, а в субатлантическом периоде интенсивность региональных пожаров варьировала на относительно низком уровне. Такое несовпадение между данными микро- и макроуголькового анализа может быть объяснено разным путем попадания этих индикаторов в озерно-болотные отложения Малого Лабыща. Крупные максимумы макроугольков, несомненно, фиксируют большие пожары, случавшиеся в окрестностях болота. Но крупные максимумы микроугольков, скорее всего, имеют аллохтонное происхождение. Микроугольки могли быть привнесены речными водами во время разливов р. Кондомы. Поэтому пики микроугольков имеют максимальную амплитуду именно в нижних озерных отложениях, а выше, в торфяных отложениях, микроугольков становится значительно меньше. В пользу этой гипотезы может указывать также противофазность максимумов микро- и макроугольков в нижней части разреза и синхронность их в верхней части торфяной залежи. По мере роста мощности торфяника он все реже заливался полыми водами, пока их влияние полностью не прекратилось после 1200 кал. л. н. С этого времени поступление аллохтонного микроуголькового материала

в болото прекратилось, и ход кривых макро- и микроуголькового анализа стал синхронным. Неслучайно, вероятно, асинхронные максимумы микроугольков приходятся на время между вековыми засухами болота Безрыбного. Таким образом, в данном разрезе (болото Малый Лабыш) пойменных озерно-болотных отложений микроугольки фиксируют более влажные периоды, а макроугольки – более сухие, в то время пока происходило периодическое подтопление болота речными водами. С выходом болота из режима поемности микро- и макроугольки стали синхронно отражать более сухие периоды.

Интересно было сравнить возраст крупных максимумов макроугольков в отложениях болота Малый Лабыш с возрастом вековых периодов иссушения климата, выявленным по комплексам раковинных амеб в болоте Безрыбное (Западный Саян) [Blyakharchuk, Kurina, 2021]. Это сравнение приведено в табл. 2. Оказалось, что три вековых максимума иссушения (900, 2086 и 2562 кал. л. н.) не нашли отражения в угольковых данных болота Малый Лабыш. Но пять крупных максимумов макроугольков с этого болота очень близки по возрасту к пяти оставшимся периодам вековых засух. Отклонения составляют от –39 лет до +125 лет (см. табл. 2). Учитывая ошибки радиоуглеродных датировок 98–150 лет в обоих разрезах, можно считать, что макроугольковые максимумы разреза “Малый Лабыш” очень точно зафиксировали вековые периоды иссушения климата в регионе Южной Сибири.

Результаты исследования показали, что частота и интенсивность пожаров в Горной Шории в последние две тысячи лет напрямую связаны с выделенными ранее периодами понижения уровня грунтовых вод в болоте [Курьина, Бляхарчук, 2020] и с уменьшением количества атмосферных осадков в голоцене [Архипов, Волкова, 1994].

Кроме того, данные макроуголькового анализа отложений болота Малый Лабыш хорошо фиксируют вековые периоды иссушения климата, выявленные по комплексам раковинных амеб в торфяных отложениях болота Безрыбное Западного Саяна [Blyakharchuk, Kurina, 2021], что подтверждает региональную природу выявленной вековой ритмики увлажненности Южной Сибири. Это говорит

Сравнение возраста эпизодов сильных локальных пожаров Горной Шории, отмеченных макроугольковыми максимумами в отложениях болота Малый Лабыщ, с возрастом вековых периодов иссушения климата, выявленным по комплексам раковинных амеб в болоте Безрыбное (Западный Саян)

№ п/п	Возраст макроугольковых максимумов, кал. л. н.	Возраст вековых периодов иссушения климата, кал. л. н.	Отклонение, годы
1	80	119	-39
2	600	555	+45
3	—	900	—
4	1200	1180	+20
5	1400	1559	-159
6	1900	1798	+102
7	—	2086	—
8	2250	2375	-125
9	—	2562	—

о прямой зависимости пожарной ситуации в регионе от климатических изменений, влиявших также на уровень грунтовых вод в болотах. Лесные пожары, в свою очередь, ускоряли и направляли ход лесных сукцессий на сухоходольных территориях.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенный спорово-пыльцевой анализ ретроспективной серии торфяных образцов из болотного массива Малый Лабыщ, расположенного в Горной Шории, на северо-западном макросклоне Алтае-Саянской горной области, на границе между темнохвойными горными лесами и сосново-березовыми лесами западных предгорий Алтая, выявил смены в растительном покрове, вызванные, вероятно, нестабильностью климата в последние 3000 лет. В это время происходили неоднократные смены доминирующих лесных пород в окружающих болото лесах. Выявлено два влажных тысячелетних периода (3000–1800 и 550–200 кал. л. н.), чередующихся с двумя сухими периодами (1600–900 кал. л. н. и 200 кал. л. н. – современность), между которыми имели место переходные периоды нестабильного климата. На фоне длительных тысячелетних изменений климата фиксируются вековые колебания увлажненности климата, хорошо совпадающие с аналогичными вековыми изменениями увлажненности в горах Западного Саяна [Blyakharchuk, Kurina, 2021]. Такое совпадение, вероятно, отражает глобальную природу выявленной цикличности увлажнения в регионе. Исследование показало тесную связь крупных локаль-

ных пожаров в Горной Шории за последние 3000 лет с выявленными вековыми периодами иссушения климата в Южной Сибири.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 20-55-53015/ГФЕН_а и государственной бюджетной темы ИМКЭС СО РАН № 121031300226-5. Авторы работы выражают благодарность П. А. Бляхарчуку за помощь в отборе полевого материала в экспедиции и А. В. Гренадеровой за ботанический анализ торфа.

ЛИТЕРАТУРА

- Архипов С. А., Волкова В. С. Геологическая история, ландшафты и климаты плейстоцена Западной Сибири. Новосибирск: НИЦ ОИГТМ СО РАН, 1994. 105 с.
- Безрукова Е. В., Вершинин К. Е., Орлова Л. А., Летунова П. П., Крапивина С. М., Чепинова В., Верхозина А. В., Дударева Н. Н., Абзаева А. А. Растительность и климат высокогорной зоны Восточного Саяна в позднем голоцене // Геология и геофизика. 2003. Т. 44. № 4. С. 424–440.
- Бляхарчук Т. А., Чернова Н. А., Бляхарчук П. А. О болотах Горной Шории // А. И. Шмаков, Т. М. Копытина (отв. ред.). Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сб. науч. ст. по материалам Тринадцатой Междунар. науч.-практ. конф. (20–23 октября 2014 г., Барнаул). Барнаул: Концепт, 2014. С. 37–39.
- Бляхарчук Т. А. Новые палеопалинологические данные о динамике растительного покрова и климата Западной Сибири и прилегающих территорий. Новосибирск: Академ. изд-во "ГЕО", 2012. 138 с.
- Бобров А. Е., Куприянова А. У., Литвинцева И. Д., Тарасевич В. Ф. Споры папоротникообразных и однодольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1983. 208 с.
- Волкова В. С., Бахарева В. А., Левина Т. П. Растительность и климат голоцена Западной Сибири // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена / отв. ред. Н. А. Хотинский. М.: Наука, 1989. С. 90–95.
- Захх В. А., Волков И. Н., Зимина О. Ю., Скочина С. Н., Чикунова И. Ю., Усачева И. В., Цебалюк С. И. Адаптация, трансформация и взаимодействие культур в голоцене Тобол-Ишима в переходные периоды //

- Адаптация народов и культур к изменениям природной среды. Российская политическая энциклопедия (РОССПЭН) / отв. ред. А. П. Деревянко, А. Б. Куделин, В. А. Тишков. М., 2010. С. 97–106.
- Куприянова Л. А., Алешина Л. А. Пыльца двудольных растений флоры европейской части СССР. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1978. 184 с.
- Курына И. В., Бляхарчук Т. А. Анализ уровня обводненности болота Малый Лябыш на юге Западной Сибири в течение двух последних тысячелетий // *Environis* 2020: Избр. тр. Междунар. конф. и шк. молодых ученых по измерениям, моделированию и информационным системам для изучения окружающей среды (Томск, 7–11 сентября 2020 г.). Томск: Том. центр науч.-техн. информации, 2020. С. 185–188.
- Blaauw M., Christen J. A. Flexible paleoclimate age-depth models using an 601 autoregressive gamma process // *Bayesian Analys.* 2011. Vol. 6. P. 457–474.
- Blyakharchuk T. A., Kurina I. V. Late Holocene environmental and climatic changes in the Western Sayan Mountains based on high-resolution multiproxy data. *Boreas*. 2021. Vol. 50. P. 919–934. <https://doi.org/10.1111/bor.12493>. ISSN 0300-9483
- Blyakharchuk T. A., Wright H. E., Borodavko P. S., van der Knaap W. O., Ammann B. Late Glacial and Holocene vegetational changes on the Ulgan high-mountain plateau, Altai Mountains, southern Siberia // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2004. Vol. 209. P. 259–279.
- Christen J. A., Perez E. S. A new robust statistical model for radiocarbon data // *Radiocarbon*. 2009. Vol. 51. P. 1047–1059.
- Grimm E. C. *TGView* Version 2.0.41. Springfield: Illinois State Museum research and Collections Center, 2004.
- Krivanogov S. K., Yamamuro M., Takahara H., Kazan-sky A. Y., Klimin M. A., Bobrov V. A., Safonova I. Y., Phedorin M. A., Bortnikova S. B. An abrupt ecosystem change in Lake Beloye, southern Western Siberia: paleoclimate versus local environment // *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 2012. Vol. 331–332. P. 194–206.
- Kurina I. V., Blyakharchuk T. A., Analysis of surface wetness changes in the Maly Labysh mire in south of Western Siberia during the last two millennia // *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 2020. Vol. 611. P. 012025
- Kurina I. V., Li H. Why do testate amoeba optima related to water table depth vary? // *Microbial Ecol.* 2019. Vol. 77. P. 37–55.
- Mikhailova A. D., Grenaderova A. V., Kurina I. V., Shumilovskikh L. S., Stojko T. G. Holocene vegetation and hydroclimate changes in the Kansk forest steppe, Yenisei River Basin, East Siberia // *Boreas*. 2021. doi: 19.1111/bor.12542
- Mooney S., Tinner W. The analysis of charcoal in peat and organic sediments // *Mires Peat*. 2011. Vol. 7. P. 1–18.
- Moore P. D., Web J. A., Collinson M. E. *Pollen Analysis*, second ed. London: Blackwell Sci. Ltd., 1991. 216 p.
- R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. 2017. Available at: <http://www.R-project.org/>
- Rudaya N., Krivanogov S., Slowinski M., Cao X., Zhilich S. Postglacial history of the Steppe Altai: climate, fire and plant diversity // *Quaternary Sci. Rev.* 2020. Vol. 249. P. 106616. <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2020.106616>
- Zhilich S., Rudaya N., Krivanogov S., Nazarova L., Pozdnyakov D. Environmental dynamics of the Baraba forest-steppe (Siberia) over the last 8000 years and their impact on the types of economic life of the population // *Quaternary Sci. Rev.* 2017. Vol. 163. P. 152–161.
- Whitlock C., Larsen C. Charcoal as a fire proxy // *Tracking Environmental Change Using Lake Sediments // Developments in Paleoenvironmental Res.* 2002. Vol. 3. P. 75–97.

Dynamics of vegetation and fires in Gornaya Shoriya (North Altai mountains) in the late Holocene: according to palynological and charcoal researches of Maly Labysh peat mire

T. A. BLYAKHARCHUK, M. A. PUPYSHEVA

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems of SB RAS
634050, Tomsk, Akademicheskoy av., 10/3
E-mail: blyakharchuk@mail.ru*

In this work reconstruction of past vegetation and fire dynamics in north Altai was performed by pollen and charcoal investigation of peat deposits of Maly Labysh Mire located in the upper reaches of the Kondoma River in Gornaya Shoriya National Park (52.6306° N, 88.0829° E, 490 m a. s. l.). Lithology and radiocarbon dating has shown that the swamp is of lacustrine origin. The lake originated about 3000 years ago, and about 2200 years ago it turned into a swamp. Spore-pollen analysis of lacustrine and peat deposits revealed repeated changes in the vegetation cover, probably caused by climate instability during the last 3000 years. In general, 2 humid millennial periods (3000–1800 cal. yr. BP and 550–200 cal. yr. BP) were identified when the role of fir (*Abies sibirica*) increased in the forests, alternating with 2 drier periods (1600–900 cal. yr. BP and 200 cal. yr. BP – contemporary) when the fir gave way to birch (*Betula pendula* and *Betula alba*) forests.

The article represents also data on the dynamics of paleo fires in the area of the Maly Labysh Mire based on micro- and macrocharcoal analyzes. It was found, that in peat deposits of Maly Labysh Mire the maxima of micro-charcoals record wetter periods, but macro-charcoals – drier periods, while periodical flooding of the bog with river waters took place. With transition of mire from the flooding regime to unflooding regime, the microcoals and macrocoals began to synchronously reflect drier periods. The results of the study showed that the frequency and intensity of fires in Gornaya Shoriya in the last two thousand years correlate well with previously identified periods of lowering of the groundwater level in the mire [Kuryina, Blyakharchuk, 2020] and with a decrease in the amount of atmospheric precipitation in the Holocene [Arkhipov, Volkova, 1994]. A conclusion is drawn about connection of paleo fires with dynamics of humidity of climate, which in complex influenced on vegetation change in Gornaya Shoriya.

Key words: vegetation, pollen, the Holocene, mire, paleo fire, charcoal, Gornaya Shoriya, Altai.