ДОКЛАДЫ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК. НАУКИ О ЗЕМЛЕ, 2023, том 509, № 1, с. 105–113

ГЕОГРАФИЯ

УДК 551.4:551.79

ОПОРНЫЙ РАЗРЕЗ ВЕРХОВОГО БОЛОТА ВАЛДАЯ КАК ИСТОЧНИК ПАЛЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ И ПАЛЕОКЛИМАТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

© 2023 г. Член-корреспондент РАН А. А. Тишков[1,*], Р. Г. Грачева[1], Е. А. Константинов[1], А. В. Самусь[1]

Поступило 21.11.2022 г.
После доработки 23.11.2022 г.
Принято к публикации 23.11.2022 г.

По материалам георадиолокационного зондирования, спорово-пыльцевого анализа и радиоуглеродного датирования торфяного разреза (7 м) модельного верхового болота национального парка Валдайский (Новгородская область) проведена палеоклиматическая реконструкция последних 14 тыс. лет. Скорости торфонакопления колебались от 0.075 мм/год в позднеледниковье до 1.15 мм/год в бореале (в период падения уровня Валдайских озер на 10 м) и 4.25 мм/год в последние столетия. Многочисленные циклы голоценовых потеплений/похолоданий были в пределах ± 1–2°С к современным и сопровождались умеренными колебаниями годовых осадков (±25–50 мм). Наиболее крупные перестройки лесного покрова происходили при потеплении в атлантическом периоде, когда в регионе господствовали елово-широколиственные леса и дубравы. Последние два тысячелетия на динамику растительности региона влияла преимущественно аграрная деятельность.

Ключевые слова: торфяное болото, ландшафтно-климатическая реконструкция, скорости торфонакопления, позднеледниковье, голоцен

DOI: 10.31857/S2686739722602654, **EDN:** TIXMJP

ВВЕДЕНИЕ

Верховые болота Валдая несут в себе огромный объем палеогеографической информации за счет индикации в их торфяной толще состояния элементов природного комплекса в голоцене: структуры и динамики растительности, особенностей водного режима и дренажа, трофности, строения самой торфяной толщи и др. Разрез закладывался на модельном болоте Ольгино на территории национального парка Валдайский как один из опорных, необходимый для изучения развития природных обстановок в голоцене. Для этого предполагались проведение радиоуглеродного датирования образцов и проведение спорово-пыльцевого анализа для реконструкции развития растительности и климата в регионе.

Полученные результаты в итоге позволили составить детальную картину изменений растительности и климата в регионе за период позднеледниковья и голоцена, выделить для этого периода циклы и тренды температуры и количества осадков, определить скорости накопления торфа и др. Результаты исследований, в т.ч. бурения (до 7.5 м) и радиолокационного зондирования, так и не были представлены коллегам, хотя одной из важнейших задач данной работы было создание спорово-пыльцевой диаграммы опорного разреза, позволяющей более детально анализировать динамику климата, экологической обстановки и деятельности человека в регионе. Частично результаты исследований, касающиеся модельного болота и индикации старта аграрного освоения Валдая по спорово-пыльцевой диаграмме, были опубликованы ранее [1–3]. Но систематизированные данные и материалы палеоэкологической реконструкции по результатам спорово-пыльцевого анализа торфяной залежи модельного верхового болота так и не были опубликованы. Настоящая статья восполняет этот пробел.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Модельное верховое облесенное сосной болото Ольгино расположено в верхнем течении р. Валдайки в 1.2 км от оз. Ужин (рис. 1) на территории национального парка Валдайский. Оно имеет вытянутую форму размером 450 × 180 м и располагается вдоль озовой гряды и перелома

[1]*Институт географии Российской академии наук, Москва, Россия*
**E-mail: tishkov@igras.ru*

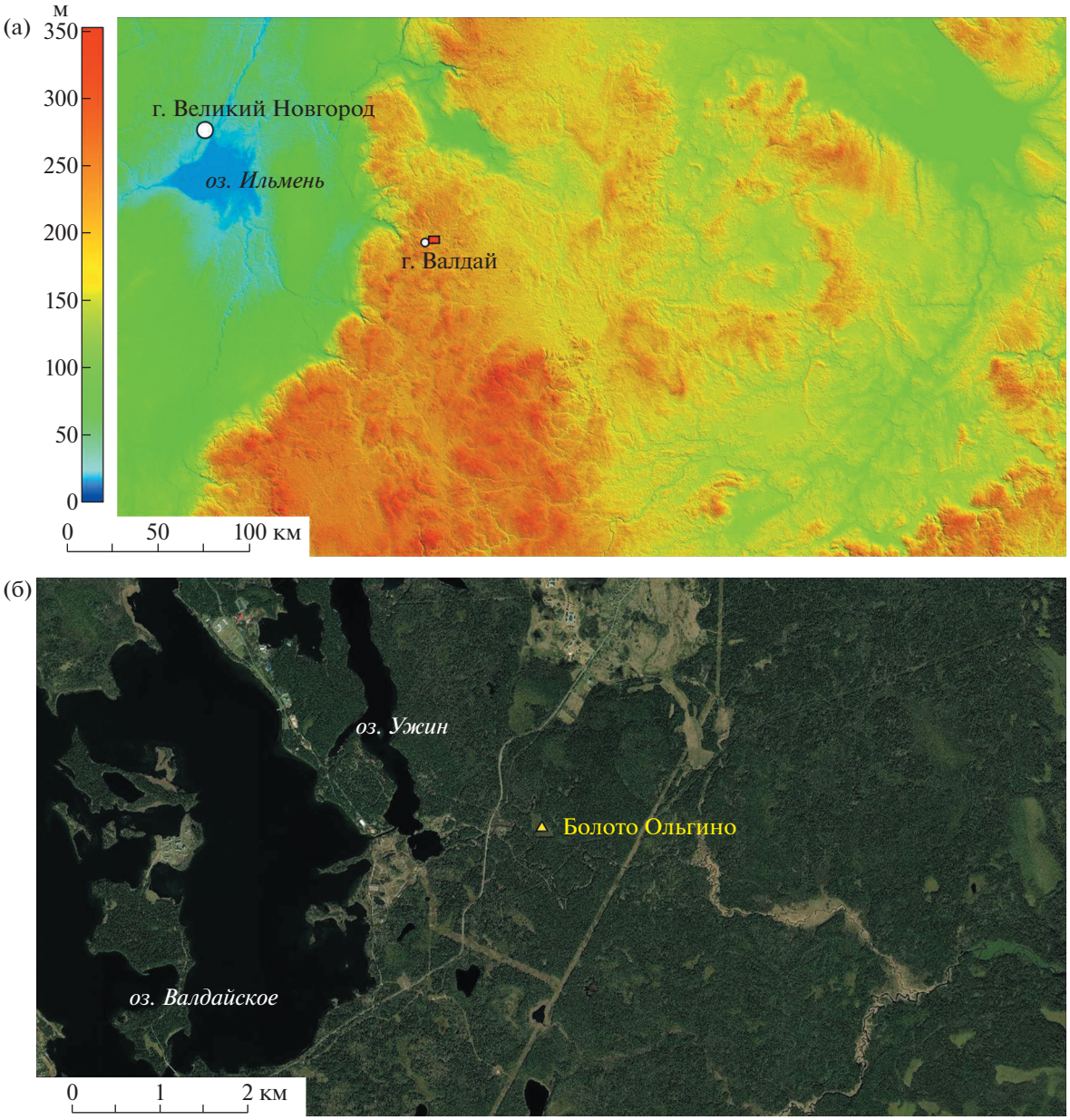

Рис. 1. Географическое положение района исследований – показано красным прямоугольником на рисунке а. а – рельеф Валдайской возвышенности (модель SRTM); б – болото Ольгино на космическом снимке.

склона в каньон р. Валдайка, возвышаясь над ее уровнем на 22 м (абс. высота 219 м). Болото рассматривается как важный туристический объект парка на экологической тропе “Бобровая” с географическими координатами: 57.9909° с.ш., 33.3746° в.д., рассказывающий об эволюции ландшафтов Валдая после последнего оледенения.

Современный растительный покров болота представлен комплексом – (1) сосново-кустарничково-сфагновых сообществ кочек и выпуклых участков с *Pinus sylvestris, Chamaedaphne calyculata, Ledum palustre, Oxycoccus palustris, O. microcarpus, Drosera rotundifolia, Empetrum nigrum* и мохообразными *Sphagnum magellanicum, S. fuscum, S. fallax, Polytrichum strictum,* (2) пушицево-сфагновых сообществ понижений с *Eriophorum vaginatum, Andromeda polifolia, Oxycoccus palustris, Sphagnum angustifolium,* и (3) кустарничково-травяно-моховой каймы с *Vaccinium myrtillus, V. vitis-idaea, V. uliginosum*, *Pleurozium schreberi, Polytrichum commune* на кочках *и Carex globularis, Calamagrostis neglecta, Sphagnum girgensohnii, S. squarrosum* в понижениях (часто обводненных).

По результатам георадиолокационного зондирования с использованием георадара “Око-2” с

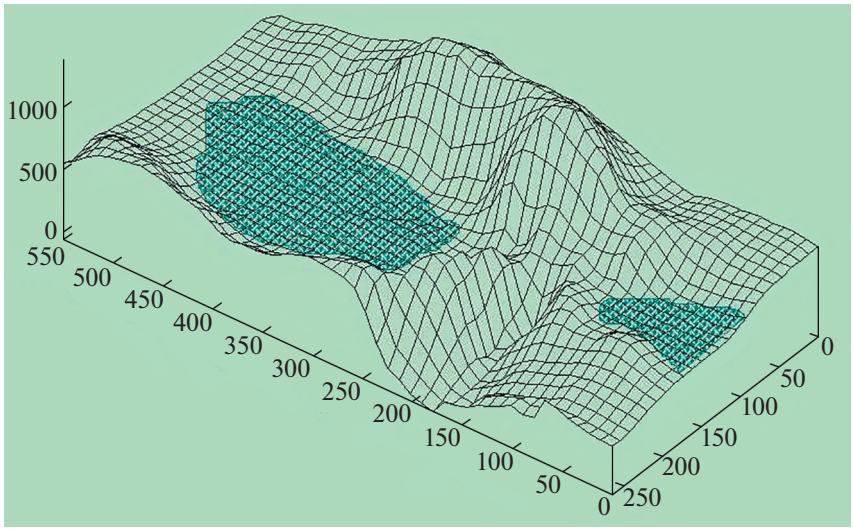

Рис. 2. Положение исследованного болота в рельефе по данным георадиолокационного зондирования (радар “Око-2”).

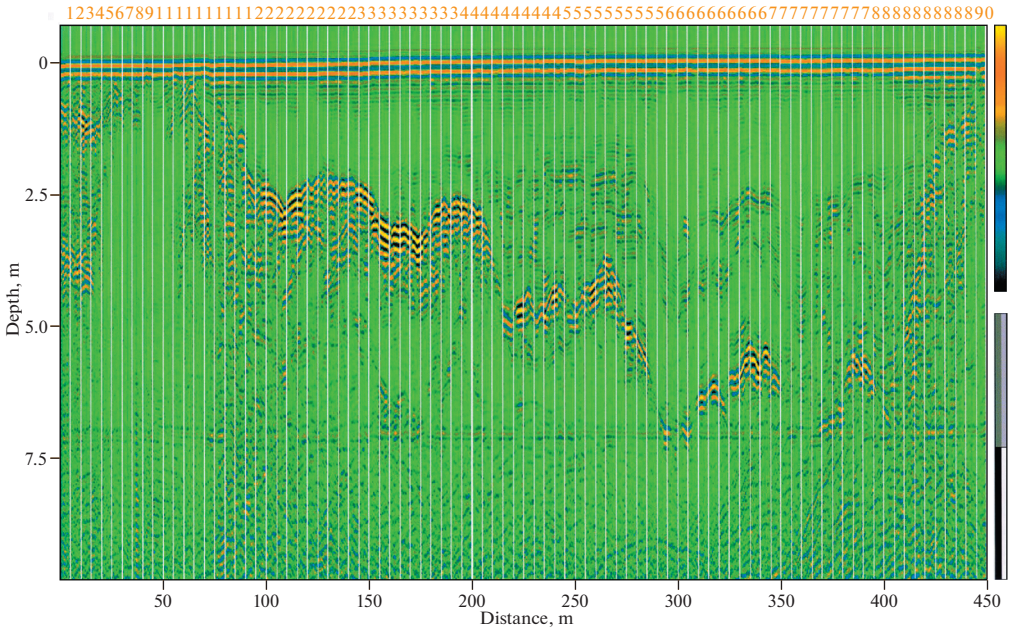

Рис. 3. Профиль торфяной толщи болота (восток–запад) по данным радара “Око-2”.

антенным блоком АБ-150 определено положение модельного болота в рельефе (рис. 2), построены профили его торфяной толщи (рис. 3, 4) и определена точка для опорного разреза с глубиной залежи 7.5 м. В изучении болот метод георадиолокации имеет широкое применение [4]. В нашей работе приведены результаты исследований методом георадиолокации самой залежи для уточнения конфигурации дна и выбора точки опорного разреза. Всего было выполнено 4 георадиолокационных разреза с GPS-привязкой координат. На радарограмме четко идентифицируется граница минерального (песчаного) дна болота (рис. 3, 4). В продольном и поперечном разрезе выделяются т.н. “георадарные фации”, которые соотносятся (а) со слоями погребенной древесины (со следами огня) на глубине 2.0–2.5 м, (б) на участке болота, примыкающем вплотную к склону озовой гряды – со слоями повышенной минерализации, индицирующими лесные пожары и активизацию эрозионных процессов на склоне.

Бурение осуществлялось торфяным буром с закрывающимся пробоотборочным челноком длиной 50 см. Образцы торфа отбирались по-

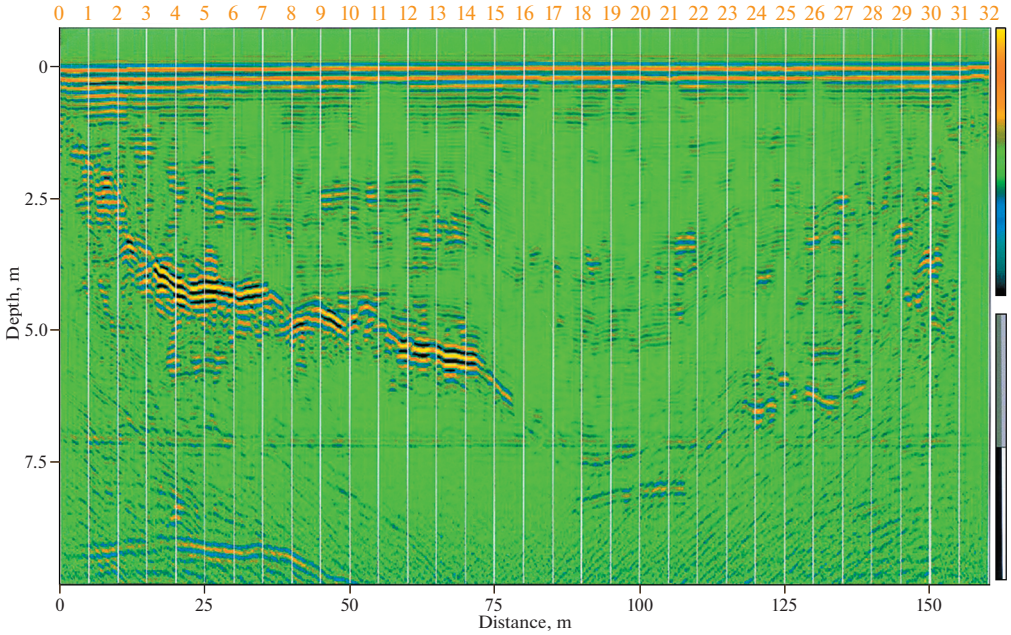

Рис. 4. Профиль торфяной толщи болота (север–юг) по данным радара “Око-2”.

слойно каждые 5 см. Радиоуглеродное датирование выполнено в лаборатории Геологического института РАН под руководством Л.Д. Сулержицкого. Калибровка дат в таблице выполнена при помощи программы OxCal с использованием калибровочной кривой IntCal20. Построение модели “возраст–глубина” проведено при помощи программы CLAM. Построение спорово-пыльцевой диаграммы проводилось с помощью программы *TILIA-Graph*.

Торфяная залежь исследованного болота, судя по нижней датировке 14200 ± 430 кал. лет, охватывает возраст от позднеледниковья до современности. В настоящей статье сопряженные изменения растительности и климата рассматриваются по периодам позднеледниковья и голоцена, придерживаясь модифицированной Н.А. Хотинским [5] схемы Блитта-Сернандера. Для реконструкции использовались информационно-статистический и математико-статистические методы, детали которых представлены в работах [1, 6, 7]. Индикаторы старта аграрного освоения местных лесов на спорово-пыльцевой диаграмме были обозначены нами в [3] с учетом известных рекомендуемых специалистами маркеров [8, 9].

Реконструкция выявляемых растительных палеосообществ осуществлялась на основе сравнительного анализа и метода аналогий, где в качестве основы использовались данные о рецентной флоре региона [10], его растительном покрове [11] и сукцессионной динамике зональных лесов [12], характерное время стадий которой сопоставимо и, в некоторых случаях (становление растительности на первичных субстратах или ее смена в процессе заболачивания), даже превосходит внутриголоценовые и вековые климатические циклы по продолжительности.

Пыльцевые зоны и климатогенные фазы развития растительности в голоцене выделялись в соответствии с [13], принимая все же во внимание и тот факт, что с началом хозяйственного освоения Валдая на динамику местного лесного покрова большое воздействие оказывали антропогенные дигрессивно-демутационные процессы и продолжительность вторичных сукцессий и их стадий.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам анализа получена спорово-пыльцевая диаграмма (рис. 5), в которой прослеживается развитие растительности как самого модельного верхового болота, так и прилегающих к нему конечно-моренных ландшафтов начиная с позднеледникового периода. Ранее в радиоуглеродной лаборатории Геологического института РАН Л.Д. Сулержицким был определен возраст образцов торфа, отобранных в разных пыльцевых зонах разреза (табл. 1), проведена их калибровка.

Строение колонки. Ниже представлено краткое описание торфяной колонки, характеризующей осадконакопление и режим болотообразования:

10–0 см – Очес живых мхов.

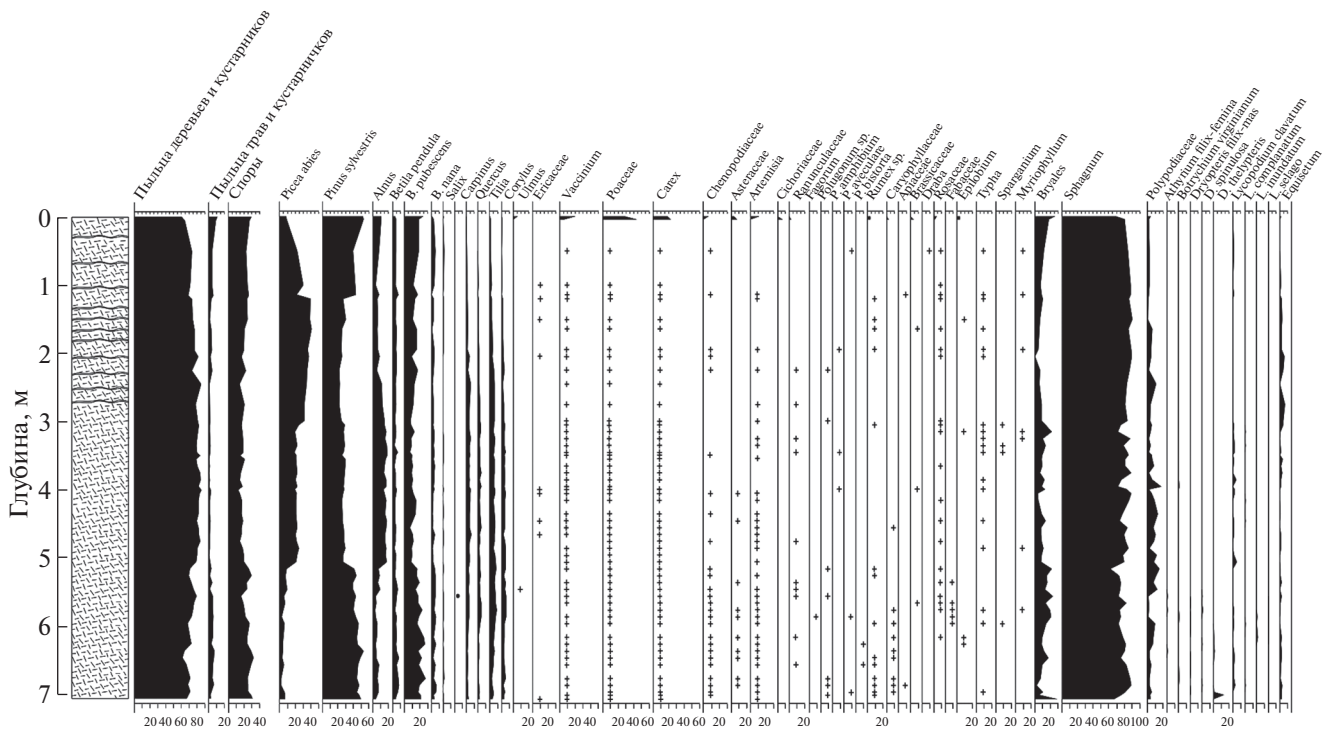

Рис. 5. Спорово-пыльцевая диаграмма опорного разреза болота Ольгино.

0–100 см – Оливково-бурый верховой торф, водонасыщенный, с живыми корнями; преимущественно из сфагнума и пушицы.

100–250 см – Коричневый верховой торф, влажный, состоит из сильно разложившихся, но идентифицируемых растительных остатков *Sph. magellanicum*; в нижней части присутствуют фрагменты осок, мелкие, потерявшие цвет и форму древесные остатки.

250–300 см – Коричневато-черный древесный торф, влажный, слоистый; состоит из фрагментов потерявшей цвет древесины, мелких веток и тон-

Таблица 1. Радиоуглеродные даты образцов торфа из болота Ольгино и характеризуемые ими пыльцевые зоны позднеледниковья и голоцена, национальный парк Валдайский (Новгородская область)

№	Лабораторный номер	Глубина (см)	Радиоуглеродный возраст, лет назад	Калиброванный возраст, лет назад (среднее ± 1 сигма)	Пыльцевая зона (по [14])
1	GIN-9007	60–70	190 ± 60	170 ± 100	SA3
2	GIN-9008	160–170	1950 ± 100	1880 ± 130	SA1
3	GIN-9009	230–240	3060 ± 100	3240 ± 130	SB3
4	GIN-9010	280–290	3580 ± 100	3880 ± 140	SB2
5	GIN-9011	340–350	4350 ± 80	4980 ± 140	SB1
6	GIN-9012	430–440	6590 ± 90	7480 ± 80	AT1
7	GIN-9013	520–530	8410 ± 60	9420 ± 80	BO3
8	GIN-9014	570–580	8600 ± 70	9600 ± 80	BO2
9	GIN-9015	605–616	8780 ± 50	9810 ± 130	BO2
10	GIN-9016	616–622	9690 ± 150	11 030 ± 230	PB2
11	GIN-9017	630–640	10 210 ± 180	11 930 ± 350	DR-2 (с учетом калиброванного возраста – DR-3)
12	GIN-9018	640–648	12 100 ± 270	14 200 ± 430	DR-2 (с учетом калиброванного возраста – беллинг-аллеред)

ких стволов, содержит сильно разложившийся сфагнум, осоки, примесь глинистого минерального материала.

300–450 см – Коричневый торф, влажный, сильно разложившийся, мажущийся, преимущественно однородный, травяно-осоковый, в верхней части присутствуют неидентифицируемые мелкие древесные фрагменты.

450–600 см – Сильно разложившийся осоково-сфагновый торф со *Sphagnum teres*.

600–700 см – Органоминеральный сапропель.

Скорости осадконакопления. Судя по мощности отложений в разные периоды и сопоставления характеристик их возраста с геологической историей и климатическими трендами, скорость осадконакопления была минимальной в *позднеледниковье* – 0.075 мм/год. Такие скорости характерны для холодных олиготрофных озер. Поверхность, на которой в тот период по суходольному типу развивалось исследованное болото, по-видимому, представляла собой террасу Привалдайского ледникового озера (выше современного уровня озер Валдайское и Ужин на 10–15 м), часть вод которого переливалась как раз по восточному склону водораздельного пространства.

В *пребореале* скорость осадконакопления уже составила 0.15 мм/год, а в *бореале* достигла 1.15 мм/год, что говорит о коренных изменениях условий торфонакопления. Они связаны, прежде всего, с колебаниями уровня Валдайского озера в этот период. Согласно [15], падение уровня озера в бореальный период и в первую фазу атлантического периода было на 10 м по сравнению с современным, а в субатлантический – еще на 4 м. В рельефе района просматривается озерная терраса на высоте 194–196 м н.у.м. Болото получило дополнительный дренаж за счет прорыва русла р. Валдайки и снижения базиса эрозии.

В *атлантический* период и в дальнейшем сохранились относительно высокие темпы торфонакопления – 0.71 мм/год, в суббореальный – 0.75 мм/год, в начале субатлантического периода – 0.72 мм/год, в его середине – около 0.56 мм/год. За последние 200 лет (исходя из датировки 170 ± ± 100 л.н.) скорость торфонакопления была максимальной и составляла около 4.25 мм/год, что связано с улучшением роста сфагновых мхов при дренировании болота и эрозионной деятельностью вытекающего из болота ручья. Также значительный рост скоростей последнего этапа может объясняться разуплотнением торфяной залежи в ее верхней части.

Реконструкция климатических изменений и изменений растительности Валдая в позднеледниковье и голоцене. Типовой (опорный) характер разреза определяется его репрезентативным отражением эволюции природного комплекса центра Валдайской возвышенности за последние 14 000 лет, связанной с климатическими циклами, направленным развитием поверхностей и рельефа местности и сукцессиями растительности после последнего оледенения. Имеющиеся хронологии и реконструкции для голоцена Валдайской возвышенности ([1, 16] и др.) только подтверждают этот вывод, а выявляемые региональные особенности динамики самого исследованного болота и лесов в его ближайшем окружении скорее отражают местную специфику реакции биоты на глобальные колебания климата, стартовые условия сукцессий и присутствия в локальном флористическом пуле эдификаторных и индикаторных видов растений.

По спорово-пыльцевым комплексам отдельных образцов, используя методику В.А. Климанова [1, 13] для данного торфяника, были реконструированы количественные характеристики климата, относящиеся ко времени их формирования, а радиоуглеродные датировки и интерполяция между ними позволили привязать реконструируемые параметры потеплений и похолоданий к шкале времени в аномалиях (отклонениях) от современных их значений. Актуальные климатические параметры района исследований (Валдай) следующие [15]: средние температуры июля – 16.6°C, января – –10°C, года – 3.6°C, среднемноголетнее количество осадков – 701 мм.

В *среднем дриасе*, судя по комплексу пыльцы и представленности ксерофильных видов растений, отмечалось похолодание (июль был холоднее на 3–4°C, январь – на 6°C, год – на 4.5°C) и более сухая обстановка (осадков меньше на 125–150 мм). В районе преобладали редкостойные травяные березняки (*Betula pubescens*), сосняки (*Pinus sylvestris*) и, по-видимому, полынно-злаковые комплексы на первичных субстратах.

По всем признакам в *аллереде* начинается незначительное потепление при сохранении относительной сухости. Идет активное зарастание первичных субстратов, пионерные травянистые стадии сменяются в зависимости от характера грунтов березняками и сосняками с участием ели. На сфагновом болоте сохраняется реликтовый перигляциальный комплекс с карликовой березкой *Betula nana*, которая встречается на некоторых валдайских болотах и в наши дни [10].

В позднем дриасе средние температуры июля понизились по сравнению с настоящим временем на 4°C, января – на 8–10°C, а года – на 6–8°C; осадков выпадало в год меньше на 175–200 мм, что соответствует условиям континентальной северной тайги. В этот период увеличились площади полынно-маревых травянистых сообществ на первичных субстратах и сократилось заболачивание территории. Можно отметить, что на протяжении всего позднеледниковья на Валдае при похолоданиях происходило снижение количества

осадков, а в потепления – их увеличение, что влияло на характер и темпы первичных сукцессий, развиваемых на флювиогляциальных крупнозернистых песках, осушенных террасах Валдайского озера и пр.

В пребореальном периоде голоцена Валдая фиксируется потепление, начало которого – около 11000 кал. л.н. Средние температуры июля и января ниже современных всего на 2°С, января – примерно на 2°С, года – на 2°С, годовых осадков выпадало меньше на 100–125 мм. Потепление прослеживается по всей территории Северной Евразии [5, 17]. В дальнейшем происходило похолодание, оно было коротким и не сказалось на составе палеосообществ: доминируют редкостойные березняки и сосняки с елью, идет развитие сфагновых болот, сохраняются позиции мезоксерофильных травянистых сообществ.

Для *бореального периода* реконструировано два относительно теплых периода (9400 и 9200 кал. л.н.). В первое потепление средние температуры и годовые осадки были близки к современным значениям. На доминирующие позиции выходят сосняки-зеленомошные и мохово-кустарничковые. В долинах рек и ручьев были распространены ольшаники. В период второго потепления средние температуры июля, января и года были выше современных на 1°С, а осадки выше на 25–50 мм. Заметно стало участие и хвойно-широколиственных и широколиственных лесов и в целом всего неморального комплекса флоры. Но именно в этот период укрепляются позиции ели, участие которой уже практически не меняется в течение нескольких тысячелетий.

В *атлантическом периоде* на протяжении практически 3 тысячелетий выявляется несколько отрезков времени с трендом потепления климата, когда в регионе господствовали преимущественно елово-широколиственные леса, заметно было участие дубрав (*Quercus robur*) и всего неморального комплекса (*Tilia cordata, Ulmus* spp., *Carpinus betulus, Fraxinus excelsior, Corylus avellana* и др.). Смены вековых циклов на похолодание вызывали перестройки в ландшафтном распределении типов леса – ельники с участием широколиственных пород при похолодании сокращали свои площади и уступали место соснякам. В период похолодания около 7200 кал. л.н. все температурные показатели были близки к современным, а осадков выпадало больше на 25–50 мм. Во время максимального потепления атлантического периода, которое можно отнести к оптимуму голоцена около 5500 л.н., средние температуры июля, января и года были выше современных примерно на 1.5°С, осадков выпадало в год больше на 25 мм.

В период около 4200–4300 кал. л.н. на границе *атлантического* и *суббореального* периодов на Валдае господствовали ельники зеленомошные. Все температурные показатели были ниже современных примерно на 1.0°С, годовых осадков было меньше на 25 мм. Отметим, что на протяжении атлантического периода температуры не опускались ниже современных значений, а во время похолодания только приближались к ним. В *суббореальный период* отмечается сокращение "характерного времени" циклов потеплений/похолоданий – за сравнительно короткий период прослеживаются до пяти отрезков времени с выраженным потеплением, когда господствовали елово-широколиственные леса, а температурные сдвиги составляли +1.5°С по сравнению с современными значениями.

На границе *суббореального и субатлантического* периодов (около 2500 л.н.) было зафиксировано похолодание, в течение которого все температурные показатели были ниже современных примерно на 0.5°С, годовые осадки были близки к современным. Оно сменилось крупным потеплением (т.н. "Римским оптимумом") с ростом, судя по спорово-пыльцевым комплексам, всех средних температур на 1–2°С по сравнению с современными и стартом хозяйственного освоения региона. На диаграмме это маркируется следующими признаками: (1) резким сокращением доли пыльцы ели и широколиственных пород, (2) ростом доли пыльцы "вторичных" пород – сосны и березы, (3) "вторым пиком" за голоцен пыльцы трав, и (4) пиком спор зеленых мхов, в основном – пирофитов, (5) появлением пыльцы сорняков и индикаторов пасквальной дигрессии – *Rumex* sp., *Ranunculus* sp., *Polygonum aviculare* и др. На протяжении *субатлантического периода* выявляется еще несколько периодов потеплений, когда на берегах Валдайского озера в разных пропорциях, соответствующих занимаемым площадям богатых и относительно бедных, но доступных для распашки почв [11, 18], были представлены елово-широколиственные и сосновые зеленомошные леса, имеющие ныне повсеместно т.н. "плужный след", а также луговые сообщества с заметным участием видов из семейств Poaceae, Asteraceae, Fabaceae и др.

По результатам нашего анализа выделяется и *Малый климатический оптимум средневековья* (около 1000 л.н.), который прослеживается и по летописным данным – на Валдае сосредоточено большое количество археологических памятников, относимых именно к этому периоду расселения новгородских словен [19, 20]. В это время все температурные показатели были выше современных примерно на 1.0°С, а годовых осадков выпадало больше на 25 мм. Выделяется и *малый ледниковый период*, на протяжении которого можно обнаружить четыре тренда "тепло/холод". Максимальное похолодание фиксируется выше датировки 190 ± 60 л.н. Его можно отнести к известному похолоданию XIX в. В это время

средние температуры июля и года были ниже современных примерно на 1.0°С, января – на 1.5°С, годовых осадков выпадало меньше примерно на 25 мм. Последнее потепление субатлантического периода, по-видимому, можно отнести к потеплению XX века (1920–1940-е годы). В целом на протяжении малого ледникового периода похолодание сопровождалось уменьшением осадков, потепление – их увеличением. Уровень осадков был близок к современным значениям, что фиксируется наблюдениями Валдайского филиала ГГИ с 1930-х годов.

Все динамические перестройки растительного покрова Валдая в последние два тысячелетия определялись преимущественно хозяйственной деятельностью: расчистками и выжиганием участков леса, развитием животноводства и поддержанием луговых сенокосов и пастбищ, осушением болот, масштабными заготовками древесины, регулированием уровня озер и стока рек.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Исследован ключевой для созданного в 1990 г. национального парка Валдайский разрез голоцена на верховом сосново-кустарничково-сфагновом болоте Ольгино. Георадарное зондирование болота позволило установить топографию минерального дна (рис. 3, 4) и выявить наибольшую глубину – "точку" болотообразования (около 7.5 м). По результатам анализа получена спорово-пыльцевая диаграмма (рис. 5), в которой прослеживается развитие растительности как самого болота, так и прилегающих к нему конечно-моренных ландшафтов, начиная с позднеледникового периода.

Скорости торфонакопления на модельном болоте в рассматриваемый период времени колебались от 0.075 мм/год в позднеледниковье до 0.15–1.15 мм/год в пребореале и бореале и 4.25 мм/год в последние столетия. На скорости торфонакопления влияли колебания уровня Валдайского озера, в т.ч. его падение в бореальный период и первую фазу атлантического периода на 10 м по сравнению с современным.

В позднеледниковье похолодание (июльские, январские и годовые температуры были ниже современных на 3–6°С) сопровождалось более сухой, чем современная, обстановкой (осадков меньше на 125–200 мм).

Многочисленные циклы голоценовых потеплений/похолоданий были в пределах ±1–2°С к современным по всем средним параметрам и сопровождались сравнительно умеренными колебаниями количества годовых осадков (±25–50 мм).

Наиболее крупные перестройки лесного покрова на Валдае в голоцене происходили в атлантический период – на протяжении почти 3-х тысячелетий выявлялось несколько отрезков с трендом потепления, когда в регионе господствовали преимущественно елово-широколиственные леса и заметно было участие дубрав и всего неморального комплекса. Внутриголоценовые и вековые циклы похолодания/потепления вызывали преимущественно топологические смены растительности, ее ландшафтное перераспределение, что стимулировалось рельефом Валдая и находило отражение на спорово-пыльцевой диаграмме. Последние два тысячелетия на динамику растительности региона, судя по палинологическим данным, влияла преимущественно хозяйственная деятельность.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследования поддержаны темой Госзадания Института географии РАН № FMGE-2019-0007.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Климанов В.А., Кожаринов А.В., Тишков А.А.* Палеогеоэкологические реконструкции динамики растительности и климата Валдайского поозерья в позднеледниковье в голоцене // Тр. нац. парка "Валдайский". СПб., 2010. Вып. 1. С. 254–261.
2. *Gracheva R., Sorokin A., Chichagova O., Tishkov A., Vandenberg J., Sulerzhitskyi L.* Stages of palaeoenvironmental in the Upper Volga region in the Holocene / Holocene Caspian Sea level changes. October 21–22. Delft University of Technology, NOW, 2002. P. 9–10.
3. *Tishkov A.A., Tsarevskaya N.G., Novenko E.Yu., Belonovskaya E.A.* Diagnostics of the Beginning of Agricultural Development of the Northwest of the East European Plain by Spore–Pollen Spectra // Doklady Earth Sciences. 2021. V. 499. № 2. P. 686–692.
4. *Comas X., Slater L., Reeve A.* Stratigraphic controls on pool formation in a domed bog inferred from ground penetrating radar (GPR) // J. of Hydrolog. 2005. V. 315. P. 40–51.
5. *Хотинский Н.А.* Голоцен Северной Евразии. М.: Наука, 1977. 200 с.
6. *Климанов В.А.* К методике восстановления количественных характеристик климата прошлого // Вестник МГУ. Сер. геогр. 1976. № 2. С. 92–98.
7. *Кожаринов А.В.* Динамика растительного покрова Восточной Европы в позднеледниковье-голоцене. М.: ИПЭЭ РАН, 1994. 48 с.
8. *Гуман М.А., Хотинский Н.А.* Антропогенные изменения растительности центра Русской равнины в голоцене (по палинологическим данным) // Антропогенные факторы в истории развития современных экосистем. М., 1981. С. 7–19.
9. *Носова М.Б., Новенко Е.Ю., Зерницкая В.П., Дюжова К.В.* Палинологическая индикация антропогенных изменений растительности восточно-европейских хвойно-широколиственных лесов в позднем голоцене // Изв. РАН, Сер. геогр., 2014. № 4. С. 35–43.
10. *Морозова О.В., Белоновская Е.А., Царевская Н.Г.* Сосудистые растения национального парка Вал-

дайский (Аннотированный список видов). М.: Изд. Комиссии РАН по сохранению биологического разнообразия, 2010. 95 с. [Флора и фауна национальных парков. Вып. 7].

11. *Белоновская Е.А., Кренке-мл. А.Н., Тишков А.А., Царевская Н.Г.* Природная и антропогенная фрагментация растительного покрова Валдайского поозерья // Изв. РАН. Сер. геогр. 2014. № 5. С. 67–82.
12. *Тишков А.А.* Естественная и антропогенная динамика еловых лесов Валдая / Организация экосистем ельников южной тайги. М.: ИГ АН СССР, 1979. С. 30–69.
13. *Климанов В.А., Хотинский Н.А., Благовещенская Н.В.* Колебания климата за исторический период в центре Русской равнины // Изв. РАН. Сер. геогр. 1995. № 1. С. 89–96.
14. *Хотинский Н.А, Алешинская З.В., Буман М.А., Климанов В.А., Черкинский А.Е.* Новая схема периодизации ландшафтно-климатических изменений в голоцене // Известия АН СССР: серия географическая. 1991. № 3. С. 36–52.
15. Валдайские озера (Обзор результатов наблюдений за 1946–2018 гг.) / Под ред. И. В. Недогарко. Санкт-Петербург: РИАЛ. 2021. 242 с.
16. *Новенко Е.Ю.* Изменения растительности и климата Центральной и Восточной Европы в позднем плейстоцене и голоцене в межледниковые и переходные этапы климатических макроциклов. М.: ГЕОС, 2016. 227 с.
17. *Климанов В.А.* Особенности изменения климата северной Европы в позднеледниковье и голоцене // Бюлл. МОИП. Отд. геол., 1994. Т. 69. Вып. 1. С. 58–62.
18. *Matuszkiewicz J.M., Bielonowska E., Kowalska A., Cariewska N., Baranowski J., Winogradowa V., Tishkov A., Litvinova E.*. Białowieża Forest (NE-Poland) and Valday (NW-Russia) – biogeographical characteristics of eutrophic deciduous forests // Quaestiones Geographicae, 2014. № 3 (3). P. 111–123.
19. *Тишков А.А.* 1000-летняя история биоты Валдая / Исследования природного и историко-культурного комплексов нац. парка “Валдайский”. Валдай, 2005. С. 121–125.
20. *Тишков А.А.* Ландшафтная основа происхождения названия “Валдай” // Изв. РАН. Сер. геогр., 2014. № 1. С. 109–119.

THE KEY SECTION OF THE VALDAIAN PEAT BOG AS A SOURCE OF PALEOECOLOGICAL AND PALEOCLIMATIC INFORMATION

Corresponding Member of the RAS A. A. Tishkov[a,#], R. G. Gracheva[a], E. A. Konstantinov[a], and A. V. Samus[a]

[a] *Institute of Geography Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation*

[#] *E-mail: tishkov@igras.ru*

A paleoclimatic reconstruction of the last 14 ka years was carried out based on the results of GPR sounding, spore-pollen analysis and radiocarbon dating of a peat section (7 m) located in a model bog of the Valdaisky National Park (Novgorod Region). Peat accumulation rates varied from 0.075 mm per year during the Late Glacial to 0.15–1.15 mm per year during the Boreal stage (when the levels of the Valdaian lakes dropped 10 m) and 4.25 mm/year in recent centuries. Numerous cycles of Holocene warming/cooling events were within ±1–2°C compared to the current ones and were accompanied by moderate fluctuations in annual precipitation (±25–50 mm). The greatest amount of forest compositional change took place during the Atlantic period, when spruce–broad-leaved forests and oak forests dominated. In the last two millennia, the vegetation dynamics of the region were mainly influenced by agricultural activity.

Keywords: peat bog, paleoclimatic reconstruction, peat accumulation rates, Late Glacial, Holocene