

УДК 553.97+547.45+630(571.1)  
<https://doi.org/10.31251/pos.v7i4.286>



## Характеристика торфов южной тайги юго-востока Западной Сибири как основа оценки запасов углерода, депонированного в торфяных залежах

© 2024 Ю. И. Прейс , Е. А. Головацкая , М. М. Кабанов 

ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, пр. Академический, 10/3,  
г. Томск, Россия, 634050. E-mail: [preisyui@rambler.ru](mailto:preisyui@rambler.ru)

**Цель исследования.** Выявить региональные и зональные особенности свойств торфов и степень влияния на них палеокриогенных процессов как основу корректных палеореконструкций функционального состояния болот и оценки запасов углерода, депонированного в торфяных отложениях района исследования.

**Место и время проведения.** Подзона южной тайга в пределах Томской области.

**Методы.** На основе базы данных, созданной по кадастру «Торфяные месторождения Томской области», и фондовых материалов геологической разведки проведен выбор типичных для района исследования торфяных месторождений и видов торфов, рассчитаны показатели их встречаемости, усредненные значения влажности, зольности и степени разложения. Для выявления региональных и зональных особенностей свойств торфов проведено их сравнение с аналогичными характеристиками торфов европейской части России. При обосновании криогенеза этих особенностей использованы литературные данные о влиянии многолетней мерзлоты на динамику и свойства торфов болот криолитозоны и ранее полученные результаты реконструкций палеокриогенных процессов в детально изученных и датированных торфяных разрезах района исследования.

**Основные результаты.** В выявленных видах типичных торфов установлены или подтверждены известные региональные и зональные особенности их свойств. Обосновано определяющее влияние сезонной мерзлоты и палеокриогенных процессов на особенности ботанического состава и встречаемости видов торфа, значительное варьирование показателей их свойств, необычно высокую зольность верховых и переходных торфов, низкие усредненные показатели степени разложения сфагновых и высокие – других видов торфов, вторичные изменения свойств и специфику залегания в торфяных залежах. Обоснован видовой состав рабочей коллекции образцов торфа района исследования для определения в них содержания углерода.

**Заключение.** В связи со значительным влиянием палеокриогенных процессов на свойства торфов, необходимо учитывать эти процессы для повышения корректности интерпретации данных, полученных при исследовании болот, решения различных научных и прикладных задач, в том числе оценке баланса и запасов углерода в болотных экосистемах. Данные по встречаемости и свойствам торфов, полученные для торфяных залежей разного типа, позволяют объективно подойти к созданию рабочей коллекции образцов при определении содержания углерода в торфах района исследования.

**Ключевые слова:** вид торфа; встречаемость; свойства; криогенез; южная тайга; Западная Сибирь.

**Цитирование:** Прейс Ю.И., Головацкая Е.А., Кабанов М.М. Характеристика торфов южной тайги юго-востока Западной Сибири как основа оценки запасов углерода, депонированного в торфяных залежах // Почвы и окружающая среда. 2024. Том 7. № 4. e286. DOI: [10.31251/pos.v7i4.286](https://doi.org/10.31251/pos.v7i4.286)

### ВВЕДЕНИЕ

Оценка запасов углерода, депонированного в болотных экосистемах Западной Сибири, проводилась многими авторами (Вомперский, 1994; Ефремов и др., 1994; Ваганов и др., 2005; Инишева и др., 2012; Sheng et al., 2004), в том числе с использованием справочников по торфяным ресурсам и областным кадастрам торфяных месторождений (ТМ). Однако в настоящее время актуально получение более точных оценок запасов углерода. Нами (Прейс и др., 2023) предложена методика расчета запасов углерода в торфяных месторождениях с максимальным использованием информации по запасам и свойствам торфов, содержащейся в фондовых материалах геологической разведки ТМ. Для ее реализации необходим лишь пересчет имеющихся в кадастровых справочниках запасов торфа 40% влажности на запасы органического вещества абсолютно сухого торфа и получение усредненных показателей содержания Сорг для разных типов торфяных залежей (ТЗ). Расчет последних для исследуемой территории проводится с учетом участия каждого вида торфа в сложении ТЗ разного типа и содержания в них Сорг. Для территории южной тайги юго-востока таежной зоны Западной Сибири (в пределах Томской области) на основании аналитического обзора выявлено отсутствие или существенный недостаток подобной информации. Поэтому актуально создание базы данных свойств торфов типичных торфяных месторождений этой территории и

расчета встречаемости видов торфа в каждом типе торфяных залежей. Актуально также создание рабочей коллекции образцов типичных видов торфа исследуемого региона для определения в них Сорг единым методом.

Все исследователи ТМ (Торфяные месторождения ..., 1957; Логинов, Хорошев, 1972; Архипов, Маслов, 1998; Матухин и др., 2000; и др.) и болотных экосистем (Лисс, Березина, 1981; Лисс и др., 2001) Западной Сибири отмечали значительное разнообразие и особенности стратиграфии ТЗ и свойств торфов Западной Сибири. Однако вопрос о факторах, обуславливающих их региональные и зональные особенности, недостаточно изучен и остается актуальным до настоящего времени. Знания об этих факторах необходимы для интерпретации данных разных научных исследований, использующих торфяные отложения в качестве базовых объектов, в том числе для понимания процессов депонирования в ТЗ углерода, эмиссии метана и углекислого газа из болотных экосистем.

Согласно ранее полученным нами данным, развитие болот южной тайги в голоцене неоднократно нарушалось криогенными процессами в периоды глобальных похолоданий (Прейс, 2015; 2016; 2024; Preis et al., 2020). Эти процессы были широко распространены и влияли на стратиграфию ТЗ, свойства торфов и торфонакопление, что необходимо учитывать. Однако рядом авторов, изучающих болота зоны сезонного промерзания пород Западной Сибири, влияние криогенных процессов до настоящего времени не учитывалось при палеореконструкциях изменений как функционального состояния болот, так и климата голоцена (Бляхарчук и др., 2019), а также при расчетах скорости аккумуляции торфа и оценке запасов углерода, депонированного в торфяных отложениях. Поэтому актуально обобщить полученные нами данные и оценить степень влияния криогенных процессов на региональные и зональные особенности свойств торфов района исследования.

Цель данного исследования – выявить виды торфа типичные для района исследования, их особенности и генезис, оценить участие и средние показатели свойств торфов, встречающихся в торфяных залежах каждого типа, для определения их видового состава и свойств при создании рабочей коллекции на определение содержания в них Сорг.

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленных целей прежде всего был проведен выбор типичных торфяных месторождений по созданной нами базе кадастровых данных ТМ Томской области. При выборе предпочтение отдавалось не только крупным, глубокозалежным ТМ, на которых сосредоточены основные запасы торфа, но и небольшим, свойства торфов которых обладают своеобразием.

Для определения региональных и зональных особенностей свойств торфов, формирующихся в условиях континентального климата, была использована база данных, созданная нами по ведомостям лабораторного анализа проб торфа из фондовых отчетов геологической разведки типичных для района исследования ТМ. Эта база содержит данные по 47 776 пробам торфов и включает следующие характеристики: вид торфа, степень разложения (R, %), зольность (A, %) и естественная влажность (West, %). Внутри каждого типа торфа проведен расчет встречаемости каждого его вида, выявлены типичные (встречаемость не менее 3%) для района исследования и рассчитаны усредненные показатели их свойств. Для определения региональных и зональных особенностей свойств торфов выполнено сравнение полученных данных с характеристиками аналогичных видов торфов европейской части России (Король, 1969).

Для определения видового состава и свойств проб торфа рабочей коллекции из этой же базы данных сначала были исключены пункты отбора (п. о.), находящиеся вне границ промышленной глубины залежи (Сорокин и др., 1976), поскольку именно в этих границах даются запасы торфа в кадастровом справочнике. Затем был определен тип ТЗ каждого п. о., согласно (Матухин и др., 2000), и выполнено распределение п. о. по 4 блокам: верховой, смешанный, переходный и низинный тип ТЗ. По каждому блоку проведен расчет встречаемости всех видов торфа, отобраны виды торфа, встречаемость которых не менее 0,4%, и рассчитана их  $R_{ср.}$ , от которой также как и от видовой принадлежности зависит содержание Сорг.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

**Характеристика типичных торфяных месторождений.** Всего было выбрано 27 типичных ТМ или их участков (уч-к), разведанных детально, с категориями запасов А и В, и, предварительно, с категориями запасов С1, расположенных в Томской области (табл. 1). Эти ТМ находятся в подзоне южной тайги и на ее границах с подтайгой и средней тайгой. Практически все ТМ залегают на водоразделах рек или их террасах, иногда частично в поймах (ТМ № 657, 948, 954).

Таблица 1

## Характеристика типичных торфяных месторождений южной тайги юго-восточной части Западной Сибири

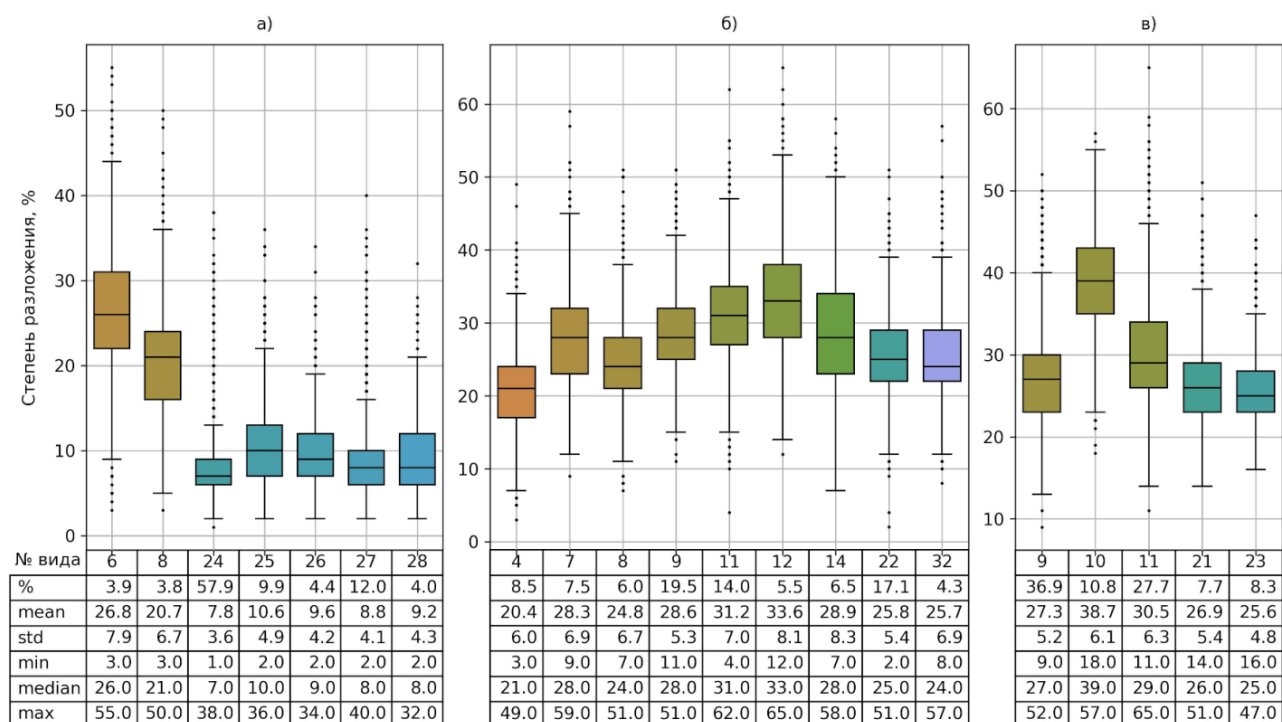
№ ТМ	Наименование торфяного месторождения	Стадия, год разведки	S в границах промышл. глубины, га	h <sub>ср</sub> ТЗ, м	Общие Q торфа 40% W, тыс. т.	Тип и качественная характеристика торфяной залежи (средние показатели, %)
1000	Тузейга (ЮЗ уч-к)* <sup>1</sup>	Д., 1990	2064	3,5	9184	ВСПН; R – 18; A – 4; W – 91,5
957	Поротниковское* <sup>2</sup>	Д., 1988	1028	2,8	5548	Н; R – 32; A – 15; W – 87,5
948	Сухое-Вавиловское* <sup>2</sup>	Д., 1987	1571	2,8	9386	Н; R – 33; A – 21; W – 86,2
954	Чаинское* <sup>2</sup>	Д., 1988	825	2,5	4394	Н; R – 33; A – 21; W – 85,6
959	Потеряевское* <sup>2</sup>	Д., 1988	475	2,3	2400	Н; R – 35; A – 18; W – 85,2
780	Центральное (уч-к 37)* <sup>3</sup>	Д., 1992	8903	2,7	32555	ВСПН; R – 21; A – 5; W – 91,2
837	Суйгинское (уч-к 53)* <sup>3</sup>	Пр., 1991	3655	2,9	18351	Н; R – 30; A – 9; W – 89,9
630	Колпашевское (уч-к 7 и 8)* <sup>4</sup>	Д., 1987	5376	2,1	15725	ВСПН; R – 19–27; A – 4–5; W – 89,5–91,6
603	Комаровка (уч-к 177)* <sup>4</sup>	Д., 1984	4825	2,8	21018	ВСПН; R – 24; A – 5; W – 90,2
617	Карасевое (уч-к 42)* <sup>4</sup>	Д., 1988	7467	2,9	32398	ВПСН; R – 23–27; A – 6–15; W – 89,0–90,9
977	Чангарское I* <sup>5</sup>	Пр., 1984	18854	2,4	82126	ВПН; R – 29; A – 9; W – 89,1
874	Семиозёрье* <sup>6</sup>	Д., 1986	4252	2,7	14427	ВПНС; R – 11–28; A – 2–4; W – 88,5–92,3
460	Васюганское (уч-к Югинское)* <sup>7</sup>	Пр., 1992	10100	4,1	63418	ВПН; R – 23; A – 12; W – 90,2
1074	Сайга (уч-к 74)* <sup>8</sup>	Пр., 1991	1487	2	3902	ВП; R – 20; A – 3; W – 91,8
1204	Лучай* <sup>9</sup>	Д., Пр., 1992	4666	2,2	16923	НПС; R – 23; A – 9; W – 89,9
1244	Рыжиково* <sup>10</sup>	Д., 1988	266	1,7	784	В; R – 35; A – 3; W – 89,6
1245	Брагино* <sup>10</sup>	Д., 1988	193	1,8	596	ВП; R – 21; A – 4; W – 87,6
1247	Кулигино* <sup>10</sup>	Д., 1989	260	2	652	В; R – 21; A – 4; W – 92,4
1262	Шумилово* <sup>10</sup>	Д., 1992	213	2,9	708	В; R – 15; A – 3; W – 92,4
1264	Глыбино* <sup>10</sup>	Д., 1992	255	3	936	В; R – 18; A – 3; W – 92,0
1272	Чистое (ЮЗ уч-к)* <sup>10</sup>	Д., 1987	1901	3,5	8315	ВПН; R – 16; A – 3; W – 91,6
1274	Клюквенное* <sup>10</sup>	Д., 1986	4494	3,3	25322	Н; R – 27; A – 10; W – 89,5
1274	Темное* <sup>10</sup>	Д., 1986	1510	2,5	6484	ВН; R – 27; A – 9; W – 89,3
460	Васюганское (уч-к 22)* <sup>11</sup>	Д., 1990	12215	2,8	51411	ВСПН; R – 23; A – 5; W – 90,6
460	Васюганское (уч-к 5 у с. Плотниково)* <sup>12</sup>	Д., 1988	18210	2,5	53316	ВСПН; R – 16; A – 4; W – 92,4
460	Васюганское (уч-к 6 у с. Плотниково)* <sup>12</sup>	Пр., 1991	57070	2,3	159689	ВСПН; R – 16; A – 4; W – 91,3
1221	Кайтас I* <sup>12</sup>	Д., 1990	2708	1,5	5951	ВСПН; R – 19; A – 5; W – 90,5

Примечание.

\*Номера административных районов Томской области: 1 – Асиновский, 2 – Бакчарский, 3 – Верхне-Кетский, 4 – Колпашевский, 5 – Кривошеинский, 6 – Молчановский, 7 – Первомайский, 8 – Парабельский, 9 – Тегульдетский, 10 – Томский, 11 – Чаинский, 12 – Шегарский. S – площадь ТМ, h<sub>ср</sub> ТЗ – глубина торфяной залежи, Q – запасы. Представлены: стадии разведки: Д. – детальная и Пр. – предварительная; типы ТЗ: В – верховая, С – смешанная, П – переходная, Н – низинная; свойства ТЗ: R – степень разложения, A – зольность, W – естественная влажность.

**Характеристика типичных видов торфа района исследования.** В южной тайге в пределах Томской области выявлен 71 вид торфа. Встречаемость верховых видов торфа составляет 47,0%, переходных – 23,3%, низинных – 29,7%. В пределах каждого типа торфа установлены следующие типичные виды: 7 из выявленных 19-ти верховых – фускум, комплексный верховой, магелланикум, ангустифолиум, сфагновый мочажинный, пушицево-сфагновый и шейхпериево-сфагновый; 9 из 28-

ми переходных – осоковый, осоково-сфагновый, древесно-осоковый, сфагновый, шейхцериевый, древесно-сфагновый, шейхцериево-сфагновый, древесно-травяной, травяно-сфагновый; 5 из 24-х низинных – осоковый, древесно-осоковый, древесный, гипновый, осоково-гипновый (рис. 1).



**Рисунок 1.** Показатели встречаемости и средней степени разложения типичных для района исследования видов торфа в пределах верхового (а), переходного (б) и низинного (в) типов. Виды торфа: 4 – сфагновый, 6 – пушицево-сфагновый, 7 – шейхцериевый, 8 – шейхцериево-сфагновый, 9 – осоковый, 10 – древесный, 11 – древесно-осоковый, 12 – древесно-травяной, 14 – древесно-сфагновый, 21 – осоково-гипновый, 22 – осоково-сфагновый, 23 – гипновый, 24 – фускум, 25 – магелланикум, 26 – ангустифолиум, 27 – комплексный, 28 – сфагновый мочажинный, 32 – травяно-сфагновый.

Максимальную встречаемость в пределах верхового типа имеют фускум, магелланикум и комплексный виды; для переходного типа – осоковый, осоково-сфагновый, древесно-осоковый; для низинного – осоковый, древесно-осоковый, древесный (см. рис. 1). Встречаемость еще трех переходных видов торфа составляет: по 2,8% у древесного и травяного, 1,7% – пушицево-сфагнового; четырех верховых видов: шейхцериевого – 1,7%, сосново-сфагнового и сосново-пушицевого – по 2,8%, пушицевого – 0,6%; низинных видов: шейхцериевого – 2,2%, древесно-травяного – 2,0%, травяного – 1,5%, осоково-сфагнового – 0,8%.

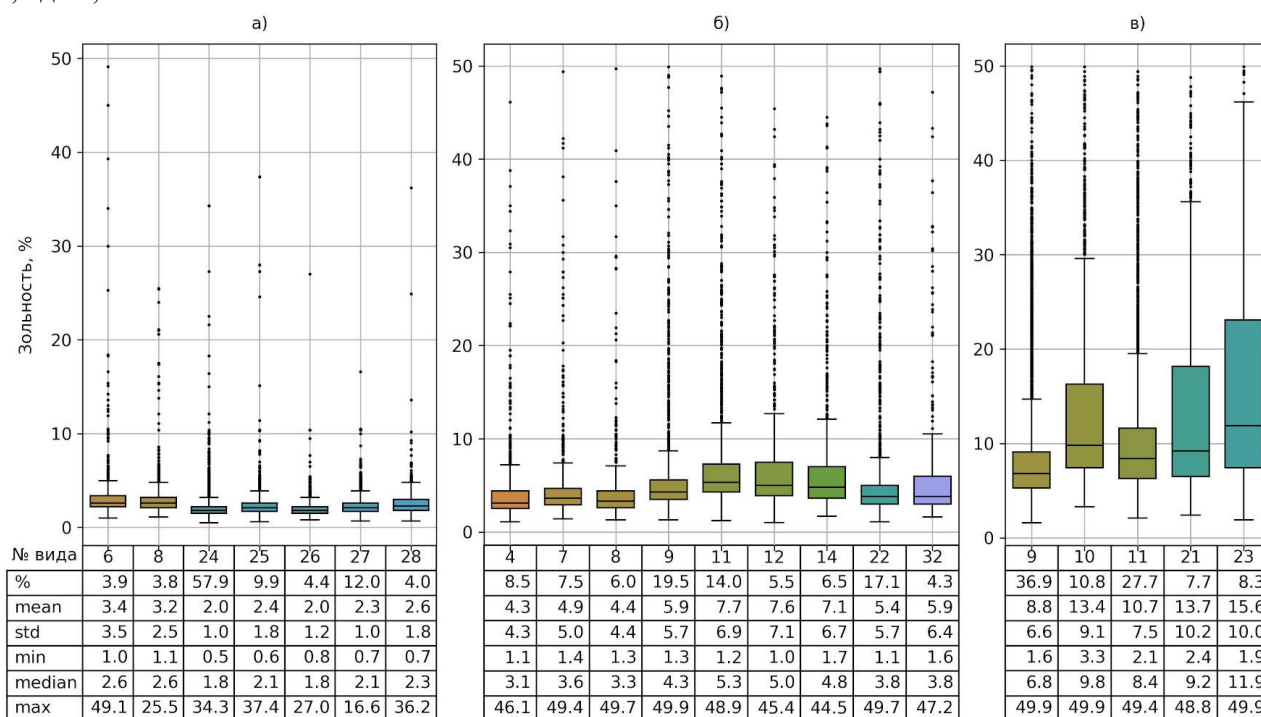
В дополнение к ранее определенным (Архипов, Маслов, 1998) типичным видам торфа для четырех торфо-болотных провинций, занимающих южно-таежную подзону Западной Сибири (Лисс, Березина, 1981) в пределах Томской области, нами выявлено три верховых вида: ангустифолиум, сфагновый мочажинный, шейхцериево-сфагновый и четыре переходных вида: осоково-сфагновый, древесно-осоковый, древесно-сфагновый, травяно-сфагновый. Это, вероятнее всего, связано как с нашим расчетом в целом по этой территории, так и с некоторым различием ТМ, выбранных в качестве типичных. Так, установление в качестве типичных верховых ангустифолиум, сфагнового мочажинного и шейхцериево-сфагнового видов, вероятно, обусловлено использованием данных по участку № 6 ТМ Васюганское, имеющего чрезвычайно высокую обводненность и заозеренность. Вновь выявленные в качестве типичных переходные виды – древесно-осоковый и древесно-сфагновый – связаны с более широким распространением у выбранных нами ТМ суходольного типа заболачивания, а также использованием данных и по небольшим по площади ТМ.

Средняя степень разложения (Rcp) всех верховых видов торфа варьирует от 39,5 (сосновый) до 7,8% (фускум). Rcp всех типичных видов (см. рис. 1а) не превышают 26,8%. Минимальные значения

$R_{cp}$  имеют виды моховой группы, более высокие – у шейхцерицево-сфагнового и пушицево-сфагнового. У реже встречающихся пушицевого и сосново-пушицевого видов  $R_{cp}$  – 32–38%.

$R_{cp}$  переходных видов торфа варьирует от 20,4 до 38,8% (сосново-пушицевый). Среди типичных видов (см. рис. 1б) наиболее низкие значения  $R_{cp}$  имеют сфагновый, шейхцерицево-, осоково- и травяно-сфагновый, более высокие – шейхцерицевый, осоковый и древесно-сфагновый, максимальные – древесно-осоковый и древесно-травяной.  $R_{cp}$  низинных видов торфа варьирует от 18,9 (сфагновый) до 38,8%. Среди типичных видов (см. рис. 1в) наиболее низкую  $R_{cp}$  имеют гипновый, осоково-гипновый и осоковый, более высокую – древесно-осоковый, максимальную – древесный. Для менее распространенных (1,5–2,2%) шейхцерицевого, травяного и древесно-травяного видов  $R_{cp}$  варьирует от 28,6 до 31,0%.

Средняя зольность ( $A_{cp}$ ) верховых видов торфа колеблется от 2,0 (фускум) до 9,1% (сосновый).  $A_{cp}$  типичных видов (рис. 2а) не превышают 3,4%. Минимальные значения  $A_{cp}$  имеют виды моховой группы, более высокие – у шейхцерицево-сфагнового и пушицево-сфагнового. Лишь у реже встречающихся видов, залегающих преимущественно в придонных слоях залежей  $A_{cp}$  варьирует от 4,2 до 9,1%.



**Рисунок 2.** Показатели средней зольности типичных видов торфа в пределах верхового (а), переходного (б) и низинного (в) типов. Виды торфа приведены на рис. 1.

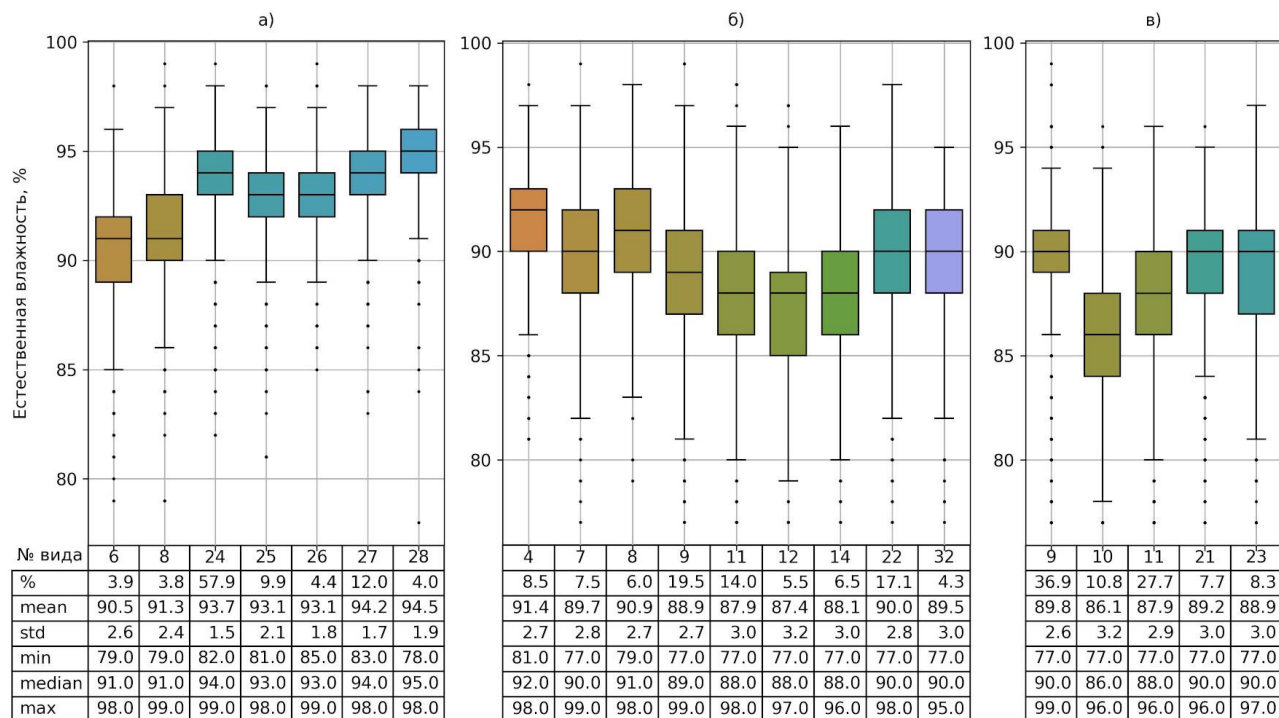
$A_{cp}$  переходных видов торфов составляет от 4,2 до 12,2%.  $A_{cp}$  типичных видов (рис. 2б) не превышают 7,6%, минимальные  $A_{cp}$  характерны для сфагнового и шейхцерицево-сфагнового, более высокие – для шейхцерицевого, осокового, осоково- и травяно-сфагнового, еще выше – для древесно-сфагнового, древесно-травяного и древесно-осокового. У реже встречающихся (2,8–1,7%) древесного, травяного и пушицево-сфагнового видов  $A_{cp}$  равна 9,4, 7,4 и 5,2%, соответственно, а у видов придонного залегания – сосново-пушицевого и древесно-гипнового достигает 10,2 и 12,2%.

$A_{cp}$  всех низинных видов торфа варьирует от 5,9 (шейхцерицевый) до 15,6% (гипновый).  $A_{cp}$  типичных видов (рис. 2в) не ниже 8,8%, минимальная характерна для осокового, более высокая – для древесно-осокового, древесного и осоково-гипнового, максимальная – для гипнового. У реже встречающихся (2,2–0,8%) травяного, древесно-травяного, осоково-сфагнового и шейхцерицевого видов  $A_{cp}$  равна 12,3, 11,4, 6,3 и 5,9%, соответственно.

Влажность ( $W_{cp}$ ) верховых видов торфа варьирует от 84,8 (сосновый) до 94,5% (сфагновый мочажинный).  $W_{cp}$  типичных видов (рис. 3а) не ниже 90,5% (пушицево-сфагновый), более высокая – у шейхцерицево-сфагнового, максимальная – у видов моховой группы. У реже встречающихся (1,7–0,6%) шейхцерицевого, сосново-сфагнового, сосново-пушицевого и пушицевого видов  $W_{cp}$  равна 90,3–87,5%.

$W_{cp}$  переходных видов торфа составляет от 86,1 до 91,4%. Среди типичных видов (рис. 3б)  $W_{cp}$  не ниже 87,4% (древесно-травяной), максимальная (91,4%) – у сфагнового. У реже встречающихся (2,8–1,7 %) древесного, травяного и пушицево-сфагнового видов  $W_{cp}$  варьирует от 86,1 до 89,0%.  $W_{cp}$  низинных видов торфа находится в пределах от 86,1 до 93,4% (сфагновый).

$W_{cp}$  типичных видов (рис. 3в) не ниже 86,1% (древесный), более высокая – у осоково-гипнового и древесно-осокового, максимальная (88,9–89,8%) – у гипнового и осокового. У реже встречающихся (2,2 – 0,8%) травяного, древесно-травяного, осоково-сфагнового и шейхцериевого видов  $W_{cp}$  варьирует от 87,2 до 92,1%.



**Рисунок 3.** Показатели средней естественной влажности типичных видов торфа в пределах их верхового (а), переходного (б) и низинного (в) типов. Виды торфа приведены на рис. 1.

Минимальные значения влажности (77–79%) характерны не только для торфов, отлагающихся в хорошо дренированных экотопах, но и в исходно высоко обводненных (верховые мочажинный, шейхцериево-сфагновый, переходные шейхцериевый и шейхцериево-сфагновый, низинные гипновый и осоково-гипновый), что свидетельствует о вторичном изменении естественной влажности этих торфов. Необходимо отметить, что, несмотря на относительно низкую  $W_{cp}$  торфов всех типов, максимальная влажность у всех типов торфа достигает 96–99%.

### ОБСУЖДЕНИЕ

**Региональные и зональные особенности свойств торфов района исследования.** Анализ ботанического состава торфов подтвердил факт постоянного присутствия остатков олиготрофных сфагновых мхов, в т.ч в торфах низинного типа, в связи с чем в новой классификации торфов для Западной Сибири (Матухин и др., 2000) было предложено увеличить предел их содержания до 10% в торфах низинного типа. Чем же обусловлена эта особенность, позволяющая поселиться олиготрофным мхам в условиях питания богатыми водами на эвтрофной стадии развития болот? Согласно (Лисс и др., 2001), эта региональная особенность ботанического состава торфов связана с поздним оттаиванием сезонной мерзлоты, частично изолирующей богатые грунтовые воды. Длительно оттаивающий тип сезонного промерзания тяжелых почвогрунтов, согласно (Каравасва, 1982), в настоящее время характерен для среднетаежной подзоны. Поэтому, вполне вероятно, что в периоды похолодания голоцена такой тип оттаивания был широко распространен и в южной тайге.

Зональной особенностью является залегание переходных и даже верховых торфов непосредственно на почвогрунтах богатых карбонатами. Согласно анализу данных геологической разведки ТМ, в южной тайге было широко распространено мезо- и олиготрофное заболачивание. При этом оно происходило не только на окрайках выпуклых олиготрофных болотных массивов, где

возможно раскисление почв болотными водами, стекающими с выпуклых вершин и склонов этих болот, но и в их генетических центрах (Прейс, 2002). По данным (Любимова, Симакова, 1977) процесс заболачивания протекал здесь катастрофически, многие поверхности не успели претерпеть изменений гидроморфного типа, почвы уходили под торф с тем запасом питательных веществ, который был накоплен в их профиле до начала заболачивания, что типично для многолетнемерзлых (ММ) грунтов северной тайги (Караваева, 1982). Сравнение наших данных радиоуглеродного датирования торфяных разрезов (т.р.) южной тайги с данными по палеоклимату таежной зоны (Волкова и др., 2002) показало, что возраст мезотрофного и олиготрофного типов заболачивания, приуроченных преимущественно к положительным элементам мезо- и микрорельефа, совпадает с началом глобальных похолоданий голоцена или с началом последующих потеплений (Прейс, 2015; 2016; 2024; Preis et al., 2020). Это дает нам основание утверждать, что они были обусловлены, так же как и в зоне ММ, криогенными процессами. Активной трансгрессии олиготрофных сфагновых мхов, в первом случае, способствует формирование многолетнемерзлого водоупора, изолирующего богатые воды почвогрунтов, а во втором – формирование слабоминерализованной верховодки из атмосферных осадков и деградирующего при потеплении климата слоя ММ. Криогенный генезис этих типов заболачивания косвенно подтверждается и данными, свидетельствующими о том, что в эти же периоды в отрицательных элементах мезо- и микрорельефа, которым присущи более мягкие микроклиматические условия в связи с отепляющим влиянием мощного снежного покрова, заболачивание протекало по эвтрофному типу (Прейс, 2016).

Зональной особенностью является значительное варьирование показателей А и R практически всех торфов, а также наличие высокой зольности переходных и верховых торфов (см. рис. 2, 3). Так, R видов моховой группы верхового и переходного типов изменяется от 1 до 49%; R пушицево- и шейхцериево-сфагновых видов – от 3 до 60%. Максимальные значения R (R<sub>max</sub>) всех типичных верховых видов варьируют от 31 до 55%, переходных и низинных – от 47 до 65% (см. рис. 1, 2). Несмотря на то, что A<sub>ср</sub> всех типичных видов верховых, переходных и низинных торфов укладывается в границы зольности принятые для торфов разных типов (Ниценко, 1961): менее 4, от 4 до 6–7 и от 6–7 до 18%, соответственно, максимальные значения А (А<sub>max</sub>) типичных верховых видов достигают 16,6–37,4% и даже 49,1% у пушицево-сфагнового торфа, а у переходных и низинных – 44–49,9%. Высокие А<sub>max</sub> характерны и для многих реже встречающихся видов.

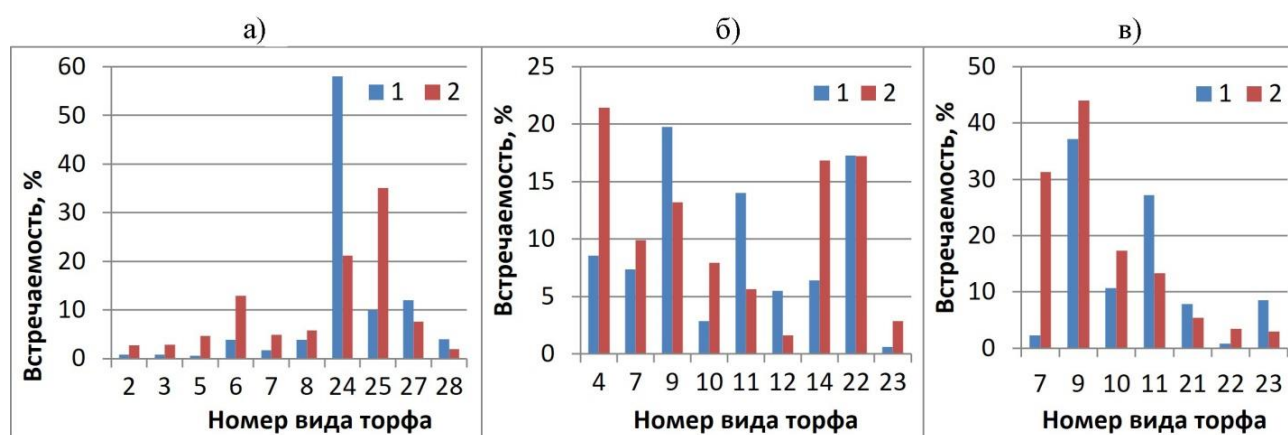
По данным (Бахнов, 1986) эвтрофный тип заболачивания в южной тайге обусловлен высоким содержанием в почвах биофильных элементов питания, карбонатным составом почвенных грунтовых вод и характерен даже для самых высоких положительных элементов рельефа; способность Са вытеснять биофильные элементы приводит к длительному опосредованному влиянию богатых почв на минеральное питание болот и зольность торфов. По нашим данным (Прейс и др., 2010) это замедляет переход болот на омбротрофное (исключительно атмосферное) питание и обуславливает некоторое повышение зольности верховых торфов района исследования. Так, в т.р. Бакчарского болота перенос биофильных элементов продолжался при уже отложившемся 1,5 м слое верховых торфов, несмотря на катастрофический характер олиготрофизации на данном участке болота и предшествующее ей криогенное прекращение торфонакопления.

Особенно высока А<sub>max</sub> придонных слоев верховых и переходных торфов мощностью 5–50 см, подвергавшихся, как уже отмечалось выше, влиянию криогенных процессов. Естественно, что при деградации ММ роль ее как водоупора исчезает и повышается уровень болотных вод в связи с выбросом талых из ММ. Это приводило к вторичному зазолению уже отложенных торфов. Минеральные компоненты при этом поступали как из подстилающих почвогрунтов, так и из богатых грунтовых вод. Однако после полной деградации ММ на участках криогенного заболачивания ранее хорошо дренированных элементов рельефа закономерно понижение уровня грунтовых и болотных вод. Это вызывало вторичное разложение отложенных торфов и прекращение аккумуляции, что способствовало повышению их степени разложения и зольности, в последнем случае и за счет золотого привноса с прилегающих суходолов (Прейс и др., 2010; Прейс, 2015).

Такие торфа с вторично измененными свойствами широко распространены в районе исследования, что является их зональной особенностью. О вторичном изменении свойств свидетельствуют высокие значения R<sub>max</sub> (50–59%) торфов, отлагавшихся, судя по их принадлежности к шейхцериевому, шейхцериево-сфагновому и осоково-гипновому видам, в исходно высоко обводненных экотопах (рис. 1), а также высокие значения W<sub>max</sub> (96–98%) торфов, которые судя по их принадлежности к древесному, древесно-осковому, древесно-травяному и древесно-сфагновому видам и высоким значениям R<sub>max</sub> (51–65%), наоборот, отлагались в исходно хорошо

дренированных условиях. Это подтверждают и полученные нами по т.р. южной тайги данные (Антипина и др., 2019) об отсутствии корреляций между парами показателей R, West, плотности (P) торфов и индексом влажности болотных палеоэкотопов, рассчитанном по (Елина, Юрковская, 1992). Эти нарушения особенно характерны для нижних слоев пограничных горизонтов, формирование которых сопровождалось прекращением торфонакопления (Прейс, 2015; 2016; Preis et al., 2020). Сравнение с данными по палеоклимату (Волкова и др., 2002) периодов отложения этих слоев торфа и данными реконструкций водных режимов и палеокриогенных процессов в торфяных залежах свидетельствуют, что вторичные изменения показателей R и West этих торфов, а также их плотности, обусловлены резкими сменами гидротермических режимов их болотных палеоэкотопов. Частая встречаемость торфов с такими свойствами и на других глубинах ТЗ обусловлена влиянием характерных для континентального климата частых резких смен влажных и сухих периодов средних и малых климатических циклов, вызывающих изменения водных режимов болотных палеоэкотопов.

Сравнение полученных данных по встречаемости и характеристикам типичных видов торфа южной тайги на юго-востоке Западной Сибири (ЮТ ЗС) и европейской части России (ЕЧ РФ) (Король, 1969) выявило следующие различия. Как и во всей таежной зоне Западной Сибири (Торфяные месторождения ..., 1957; Лисс и др., 2001; и др.) в районе исследования среди верховых торфов доминируют фускум (58,1%), в меньшей степени магелланикум и комплексный виды, а в ЕЧ РФ магелланикум, в меньшей степени фускум и пушицевый (рис. 4).



**Рисунок 4.** Встречаемость типичных видов торфа в пределах верхового (а), переходного (б) и низинного (в) типов в южной тайге на юго-востоке Западной Сибири (ЮТ ЗС) и в европейской части России (ЕЧ РФ). Условные обозначения: Виды торфа: 2 – сосново-сфагновый, 3 – сосново-пушицевый, 5 – пушицевый, 17 – хвощевый. Другие виды торфа приведены на рис. 1. Районы исследования: 1 – ЮТ ЗС, 2 – ЕЧ РФ.

Различие встречаемости фускум и магелланикум видов торфа климатически обусловлено. Плотные дернины сфагнума бурого (*Sphagnum fuscum*) обладают мощными механизмами саморегуляции водного режима, что позволяет этому виду мха переживать неблагоприятные засушливые периоды (Смоляницкий, 1977) и в условиях континентального климата доминировать как в растительных сообществах, так и в торфах. Более рыхлые дернины сфагнума магелланского (*Sphagnum magellanicum*) такими механизмами не обладают, поэтому он доминирует в условиях умеренно-континентального климата ЕЧ РФ, более влажного и с менее резкими сменами влажных и сухих периодов. В континентальном климате этот вид доминирует лишь под сомкнутым пологом древостоя, обеспечивающим менее суровые и более влажные микроклиматические условия, или на сплавинах и других высоко обводненных болотных экотопах, менее подверженных колебанию уровня болотных вод в засушливые периоды климата.

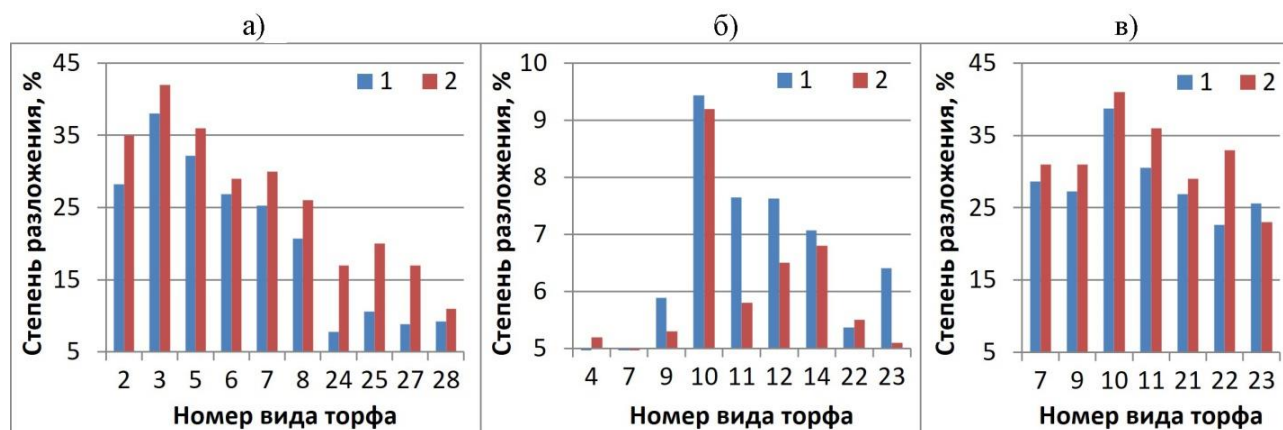
Значительное различие выявлено и по встречаемости верховых пушицево-сфагнового, пушицевого и сосново-пушицевого торфов, которые в сумме дают 20,3% в ЕЧ РФ, а в районе исследования – лишь 5,2%. Это связано с широким распространением и значительной мощностью (до 60–160 см) хорошо разложившегося слоя из этих торфов, так называемого пограничного горизонта, сформировавшегося в ЕЧ РФ, в основном, на границе атлантического (АТ) и суббореального (SB) периодов голоцена (Хотинский, 1977). Этот слой на Среднерусской равнине и Среднем Урале отлагался на болотах, перешедших в олиготрофную стадию развития, в АТ оптимум голоцена и в



начале его SB периода. В районе нашего исследования в это время болота находились, в основном, на эвтрофной, реже мезотрофной стадиях развития (Лисс и др., 2001), а климат был менее теплым и сухим (Волкова и др., 2002). В связи с этим толщина пограничного горизонта здесь 5–10 см и редко превышает 25 см. Эти виды в Западной Сибири широко распространены в залежах болот северных торфяных болотных областей (Матухин и др., 2000), но достаточно часто встречаются и в подзоне средней тайги (Карпенко, 2000).

Более высокая встречаемость комплексного верхового вида и вхождение ангустифолиум вида в типичные виды для ЮТ ЗС обусловлены более широким распространением здесь комплексных микроландшафтов и более высокой обводненностью болот. Согласно данным наших исследований, высокая обводненность и заозеренность болот, не только района исследования, но и всей таежной зоны Западной Сибири, сформировавшихся в континентальном климате, обусловлена неоднократно на протяжении голоцена переходами болот в многолетнемерзлое состояние в периоды глобальных похолоданий, а затем – в талое в периоды последующих потеплений, что сопровождалось активными выбросами накопленных вод из деградирующей ММ (Preis et al., 2020). Широкое распространение комплексных микроландшафтов обусловлено совместным влиянием хорошо дифференцированного микрорельефа минерального дна болот и неоднократно происходивших криогенных процессов в минеральных грунтах и торфяных отложениях (Прейс, 2015; 2016; Preis et al., 2020). Вся Западно-Сибирская равнина буквально измята термокарстовыми и суффозионными западинами (Земцов, 1976). Это обуславливает значительные различия гидротермических режимов на положительных и отрицательных элементах микрорельефа с самого начала их заболачивания и, соответственно, степени обводненности болотных экотопов и проявления криогенных процессов. В результате над разными элементами микрорельефа формируются ТЗ из разных видов и даже типов торфов, а сами ТЗ дифференцированы на мелкоконтурные блоки (Прейс, 2015; 2016). Это объясняет и неоднократно отмечаемое другими исследователями болот Западной Сибири необычайное разнообразие видов торфа и стратиграфий ТЗ.

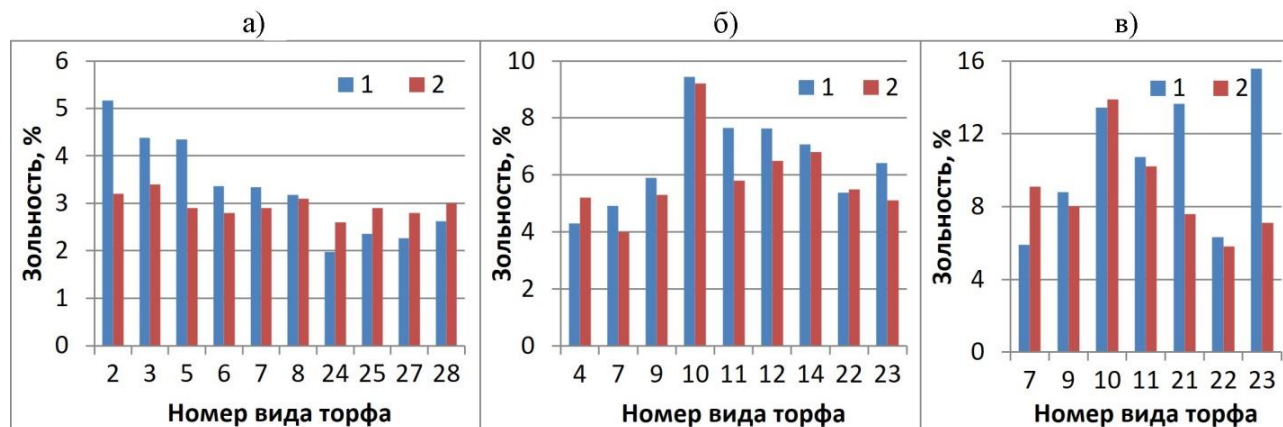
Несмотря на значительные различия встречаемости переходных и низинных видов торфа в сравниваемых регионах, перечень доминирующих видов достаточно сходен. Следует отметить лишь отсутствие в ЕЧ РФ среди типичных видов переходных шейхцериево- и травяно-сфагнового, а также более высокую встречаемость низинного шейхцериевого. В районе нашего исследования более низкая  $R_{sp}$ , по сравнению с ЕЧ РФ, характерна не только для верховых сфагновых торфов, но и для всех других наиболее распространенных видов торфа всех типов (рис. 5).



**Рисунок 5.** Средняя степень разложения наиболее распространенных видов торфа в пределах верхового (а), переходного (б) и низинного (в) типов в южной тайге на юго-востоке Западной Сибири (ЮТ ЗС) и в европейской части России (ЕЧ РФ). Виды торфа приведены на рис. 1 и 4. Районы исследования: 1 – ЮТ ЗС, 2 – ЕЧ РФ.

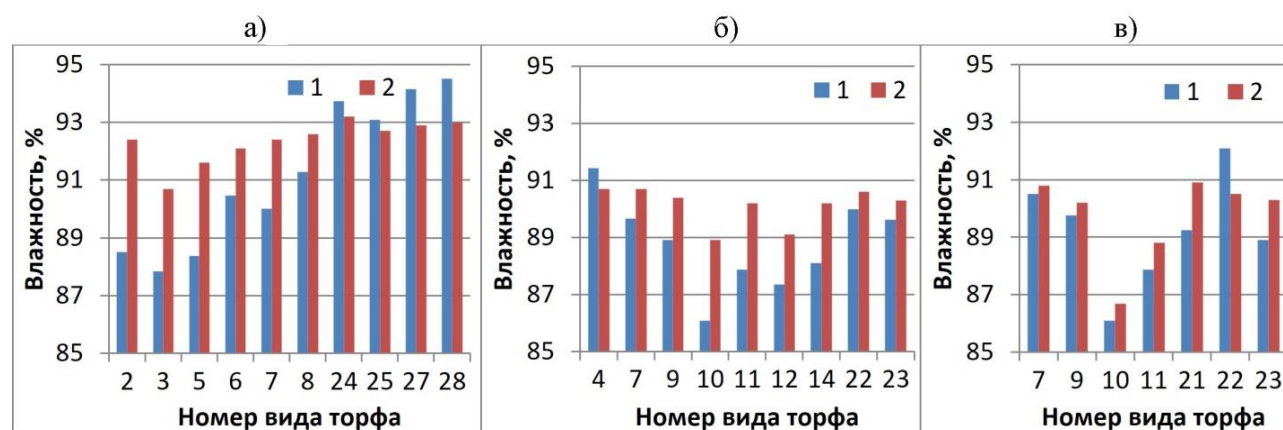
Эта региональная особенность, как и примесь олиготрофных мхов в низинных торфах, связана с более поздним оттаиванием сезонной мерзлоты и, соответственно, более коротким вегетационным периодом, в течение которого происходит наиболее активное разложение торфа. Однако на эти особенности влияла и более высокая обводненность болот, обуславливающая меньшую толщину деятельного слоя – акротелма, в котором происходит гумификация торфа.

Преобладание в южной тайге богатых почвогрунтов и преимущественно карбонатный состав грунтовых вод обуславливают и более высокую Аср большинства видов торфа всех типов по сравнению с аналогичными торфами ЕЧ РФ (рис. 6). Несколько более низкие (менее 1%) показатели Аср верховых сфагновых видов торфа ЮТ ЗС получены, вероятно, из-за включения нами в базу данных свойств торфов Участка № 5 у с. Плотниково – ТМ Васюганское, ТЗ которого имеют мощные (до 5,75 м) слои верховых сфагновых торфов с Аср 2,1%.



**Рисунок 6.** Средняя зольность наиболее распространенных видов торфа в пределах их верхового (а), переходного (б) и низинного (в) типов в южной тайге на юго-востоке Западной Сибири (ЮТ ЗС) и в европейской части России (ЕЧ РФ). Виды торфа приведены на рис. 1 и 4. Районы исследования: 1 – ЮТ ЗС, 2 – ЕЧ РФ.

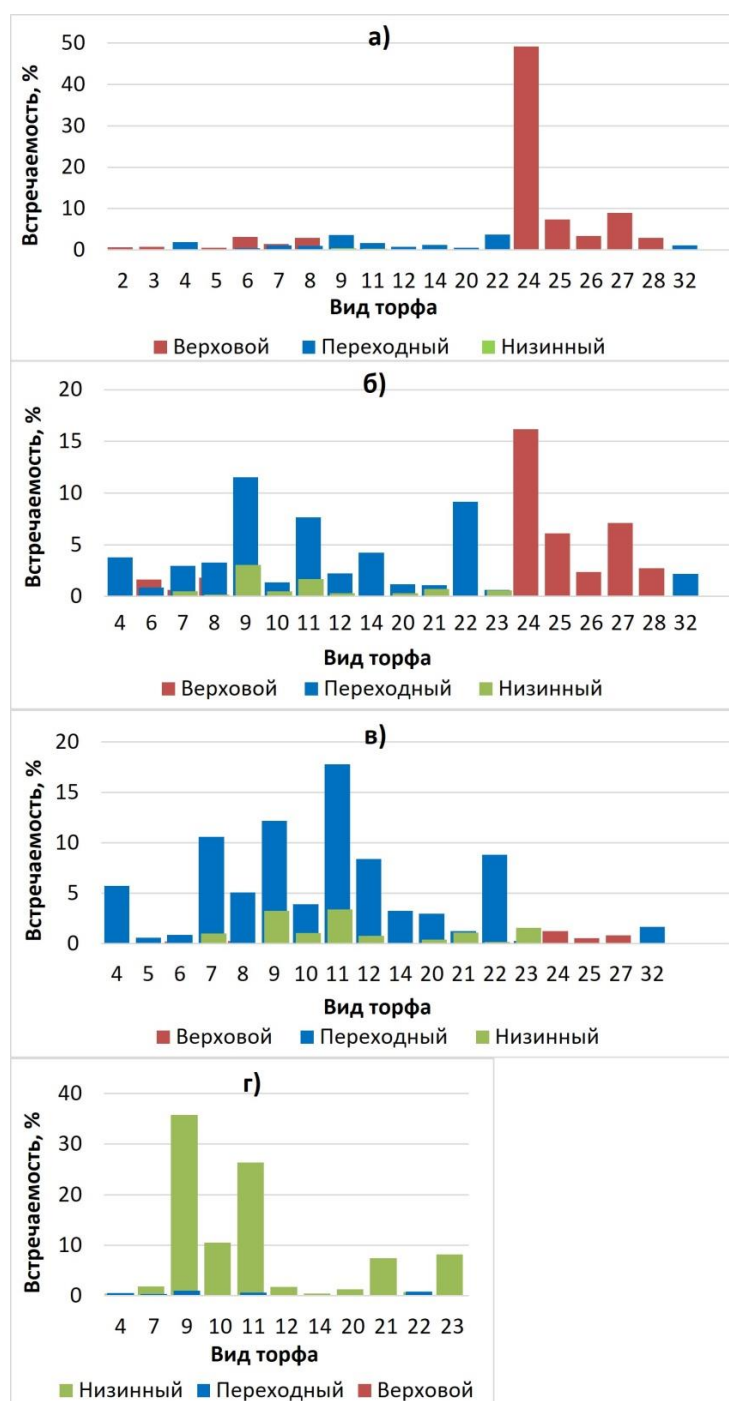
Для большинства видов торфа всех типов в районе исследования характерны более низкие средние показатели естественной влажности ( $W_{ср}$ ), чем в ЕЧ РФ (рис. 7). Это закономерно, так как в более мягком и влажном умеренно-континентальном климате отсутствует автохтонное заболачивание хорошо дренированных элементов мезо- и микрорельефа, водные режимы болот более стабильны, поэтому менее распространены торфа с вторичными изменениями свойств, в том числе – влажности. Более высокая  $W_{ср}$  характерна лишь для сфагновых торфов всех типов, особенно для верховых комплексного и мочажинного, а также сфагнового низинного, что закономерно в связи с более высокой обводненностью болот, в том числе, выбранных в качестве типичных (рис. 7).



**Рисунок 7.** Средняя естественная влажность наиболее распространенных видов торфа в пределах их верхового (а), переходного (б) и низинного (в) типов в южной тайге на юго-востоке Западной Сибири (ЮТ ЗС) и в европейской части России (ЕЧ РФ). Виды торфа приведены на рис. 1 и 4. Районы исследования: 1 – ЮТ ЗС, 2 – ЕЧ РФ.

Таким образом, в южной тайге палеокриогенные процессы, происходившие в почвогрунтах и торфяных отложениях являются одним из основных факторов сформировавших региональные и зональные особенности свойств торфов района исследования.

**Состав рабочей коллекции образцов торфа района исследования для определения содержания углерода.** Согласно анализу базы данных свойств торфов типичных торфяных месторождений, в границе промышленной глубины ТЗ выявлен 71 вид. В сложении ТЗ верхового типа принимают участие 19 видов верхового типа, 26 – переходного и 16 – низинного; в ТЗ смешанного типа: 16 видов верхового, 22 – переходного и 18 – низинного; в ТЗ переходного типа: 10 видов верхового, 21 – переходного и 14 – низинного; в ТЗ низинного типа: 5 видов верхового, 14 – переходного и 22 – низинного типа. Для рабочей коллекции отобраны виды, встречаемость которых в пределах конкретного типа ТЗ не менее 0,4%. При этом суммарный процент встречаемости всех видов составил от 97,6 (для ТЗ верхового типа) до 98,7% (для ТЗ низинного типа). Всего отобрано 37 видов: 11 верховых, 15 переходных и 11 низинных (рис. 8).



**Рисунок 8.** Встречаемость видов торфа в торфяных залежах верхового (а), смешанного (б), переходного (в) и низинного (г) типов, выбранных для создания рабочей коллекции образцов на определение содержания Сорг. Виды торфа: 20 – травяной. Названия других видов торфа приведены на рис. 1 и 4.

Расчет усредненных показателей степени разложения конкретных видов торфа в пределах каждого типа ТЗ выявил достаточно близкие значения с различием не более 4% (табл. 2). Это позволит в будущем использовать данные содержания Сорг, полученные для конкретных видов торфа, для расчета усредненных показателей Сорг для разных типов ТЗ (табл. 2). Исключение составили лишь некоторые виды переходного типа. С учетом этого рабочая коллекция образцов должна содержать минимум 42 вида торфа.

Таблица 2

Показатели степени разложения для видов торфа рабочей коллекции образцов и символы типов торфяных залежей (ТЗ) для которых будут использованы эти образцы

Вид торфа		Верховой тип		Переходный тип				Низинный тип	
№	Название	R, %	тип ТЗ	R, %	тип ТЗ	R, %	тип ТЗ	R, %	тип ТЗ
2	Сосново-сфагновый	28	вс						
3	Сосново-пушицевый	38	вс						
4	Сфагновый			21–22	сп	17–18	нп	19	н
5	Пушицевый	33	в	36	с	30	п		
6	Пушицево-сфагновый	26	всп	27–29	всп				
7	Шейхцериевый	25	вс	28–29	вспн			28–31	спн
8	Шейхцерицево-сфагновый	20	всп	24–25	вспн				
9	Осоковый			29	всп	25	н	27–30	вспн
10	Древесный			36–39	всп			39–41	спн
11	Древесно-осоковый			29–32	вспн			30–35	вспн
12	Древесно-травяной			34	всп			30–35	спн
14	Древесно-сфагновый			28–31	всп			26	н
20	Травяной			29–31	всп	24	н	29–32	спн
21	Осоково-гипновый			23–24	сп			25–27	спн
22	Осоково-сфагновый			25–27	всп	22	н	23	н
23	Гипновый			22	с			23–26	пн
24	Фускум	8–11	всп						
25	Магелланикум	11–13	всп						
26	Ангустифолиум	10	всп						
27	Комплексный	9	всп						
28	Сфагновый мочажинный	9–11	всп						
32	Травяно-сфагновый			25–27	всп	19	н		

Примечание.

Представлены типы ТЗ: в – верховая, с – смешанная, п – переходная, н – низинная и свойство торфа R – степень разложения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлено или подтверждено значительное влияние палеокриогенных процессов на свойства торфов, что обуславливает необходимость учитывать эти процессы для повышения корректности интерпретации данных, полученных при исследованиях болот, решения различных научных и прикладных задач, в том числе оценке баланса и запасов углерода в болотных экосистемах. Полученные для торфяных залежей разного типа данные по встречаемости и свойствам торфов позволят объективно подойти к созданию рабочей коллекции их образцов при определении содержания углерода в торфах района исследования.

## ФИНАНСОВАЯ ПОДДЕРЖКА

Работа выполнена в рамках реализации важнейшего инновационного проекта государственного значения «Разработка системы наземного и дистанционного мониторинга пулов углерода и потоков парниковых газов на территории Российской Федерации, обеспечение создания системы учета данных о потоках климатически активных веществ и бюджете углерода в лесах и других наземных экологических системах» (рег. № 123030300031-6).

ЛИТЕРАТУРА

- Антипина Т.Г., Прейс Ю.И., Зенин В.Н. Динамика лесной растительности и климата в южной тайге Западной Сибири в позднем голоцене по данным спорово-пыльцевого анализа и AMS-датирования торфяного разреза Болтное // Экология. 2019. № 5. С. 356–364. <https://doi.org/10.1134/S0367059719050032>
- Архипов В.С., Маслов С.Г. Состав и свойства типичных видов торфа центральной части Западной Сибири // Химия растительного сырья. 1998. № 4. С. 9–16.
- Бахнов В.К. Биохимические аспекты болотообразовательного процесса. Новосибирск: Наука, 1986. 193 с.
- Бляхарчук Т.А., Курьина И.В., Пологова Н.Н. Позднеголоценовая динамика растительного покрова и увлажнённости климата юго-восточного сектора Западно-Сибирской равнины по данным палинологического и ризоподного исследований торфяных отложений // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2019. № 45. С. 164–189. <https://doi.org/10.17223/19988591/45/9>
- Ваганов Е.А., Ведрова Э.Ф., Верховец С.В., Ефремов С.П., Ефремова Т.Т., Круглов В.Б., Онучин А.А., Сухинин А.И., Шибистова О.Б. Леса и болота Сибири в глобальном цикле углерода // Сибирский экологический журнал. 2005. Том 12. № 4. С. 631–650.
- Волкова В.С., Гнибиденко З.Н., Горячева А.А. Климатическая ритмика голоцена центральной части Западно-Сибирской равнины (палинология, магнетизм) // Основные закономерности глобальных и региональных изменений климата и природной среды в позднем кайнозое Сибири. Новосибирск: Издательство Института археологии и этнографии СО РАН, 2002. С. 48–57.
- Вомперский С.Э., Иванов А.И., Цыганова О.П., Валяева Н.А., Глухова Т.В., Дубинин А.И., Глухов А.И., Маркелова Л.Г. Заболоченные органогенные почвы и болота России и запасы углерода в их торфах // Почвоведение. 1994. № 12. С. 17–25.
- Елина Г.А., Юрковская Т.К. Методы определения палеогидрологического режима как основа объективизации причин сукцессий растительности болот // Ботанический журнал. 1992. Том 77. № 7. С. 120–124.
- Ефремов С.П., Ефремова Т.Т., Мелентьева Н.В. Запасы углерода в экосистемах болот // Углерод в экосистемах лесов и болот России. Красноярск: Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН, 1994. С. 128–139.
- Земцов А.А. Геоморфология Западно-Сибирской равнины (северная и центральная части). Томск: Издательство Томского университета, 1976. 344 с.
- Инишева Л.И., Сергеева М.А., Смирнова О.Н. Депонирование и эмиссия углерода болотами Западной Сибири // Научный диалог. 2012. № 7. Естествознание и экология. С. 61–74.
- Караваева В.Н. Заболочивание и эволюция почв. Москва: Наука, 1982. 296 с.
- Карпенко Л.В. Основные закономерности развития леса и болота среднетаежной подзоны Обь-Енисейского междуречья в голоцене // Сибирский экологический журнал. 2000. № 5. С. 635–644.
- Король Н.Т. Наиболее распространённые виды торфа европейской части РСФСР, их техническая характеристика и возможные направления использования // Труды института Гипроторфразведка. Москва, 1969. Вып. 1. С. 3–98.
- Лисс О.Л., Абрамова Л.И., Аветов Н.А., Березина Н.А., Инишева Л.И., Курнишкова Т.В., Слука З.А., Толпышева Т.Ю., Шведчикова Н.К. Болотные системы Западной Сибири и их природоохранное значение / В.Б. Куваев (ред.). Тула: Гриф и К°, 2001. 584 с.
- Лисс О.Л., Березина Н.А. Болота Западно-Сибирской равнины. Москва: Московский государственный университет, 1981. 205 с.
- Логинов П.Е., Хорошев П.И. Торфяные ресурсы Западно-Сибирской равнины. Москва: Геолторфразведка (ротопринт), 1972. 147 с.
- Любимова Е.Л., Симакова Л.А. Современное заболочивание лесов // Научные предпосылки освоения болот Западной Сибири. Москва: Наука, 1977. С. 137–148.
- Матухин Л.Г., Матухина В.Г., Васильев И.П., Михантьева Л.С., Попова Г.И., Марков В.Д., Оспенникова Л.А., Скобеева Е.И. Классификация торфов и торфяных залежей Западной Сибири / Н.Н. Уланов (науч. ред.). Новосибирск: Изд-во СО РАН, НИЦ ОИГГМ, 2000. 90 с.
- Ниценко А.А. Краткий курс болотоведения. Ленинград: Высшая школа, 1967. 148 с.
- Прейс Ю.И. Криогенез болотообразовательного процесса на территории Большого Васюганского болота // Большое Васюганское болото. Современное состояние и процессы развития / М.В. Кабанов (ред.). Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2002. С. 45–63.

Прейс Ю.И., Бобров В.А., Будашкина В.В., Гавшин В.М. Оценка потоков минерального вещества по свойствам торфяных отложений Бакчарского болота (южная тайга Западной Сибири) // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2010. Том 316. № 1. С. 43–47.

Прейс Ю.И. Палеокриогенные процессы в торфяных отложениях юго-востока Западной Сибири // Труды Международной конференции «Арктика, Субарктика: мозаичность, контрастность, вариативность криосферы» (г. Тюмень, 2–5 июля 2015 года) / В.П. Мельников, Д.С. Дроздов (ред.). Тюмень: Издательство «Эпоха», 2015. С. 305–308.

Прейс Ю.И. Динамика глядово-озерного комплекса Иксинского болота (Западная Сибирь) как отклик на изменения климата второй половины голоцена // География и природные ресурсы. 2016. № 2. С. 94–103.

Прейс Ю.И., Головацкая Е.А., Кабанов М.М. Разработка методического подхода к оценке запасов углерода в торфяных месторождениях Западной Сибири // Почвы и окружающая среда. 2023. Том 6. № 2. e209. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.209>

Прейс Ю.И. Индикаторы палеокриогенных процессов, нарушающих закономерности аутогенного развития болот в зоне сезонного промерзания пород Западной Сибири // Limnology and Freshwater Biology. 2024. № 4. С. 562–567. <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2024-A-4-562>

Смоляницкий Л.Я. Некоторые закономерности формирования дернины сфагновых мхов // Ботанический журнал. 1977. Том 62. № 9. С. 1262–1272.

Сорокин В.Н., Задунайский Я.Н., Стеклов И.А. Методическое руководство по разведке торфяных месторождений. Москва: Геолторфразведка, 1976. 572 с.

Торфяные месторождения Западной Сибири. Москва, 1957. 149 с.

Хотинский Н.А. Голоцен Северной Евразии. Москва: Наука, 1977. 197 с.

Preis Yu.I., Krutikov V.A., Polischuk V.Yu. Consistency of Iksinskoe bog dynamics with extreme the Holocene climate events // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 611, International Conference and Early Career Scientists School on Environmental Observations, Modeling and Information Systems (Tomsk, 7–11 September 2020). 611 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/611/1/012027>

Sheng Y., Smith L.C., MacDonald G.M., Kremenetski K.V., Frey K.E., Velichko A.A., Lee M., Beilman D.W., Dubinin P. A high-resolution GIS-based inventory of the west Siberian peat carbon pool // Global Biogeochemical Cycles. 2004. Vol. 18. No. 3. P. GB3004. <https://doi.org/10.1029/2003GB002190>

*Поступила в редакцию 21.10.2024*

*Принята 18.11.2024*

*Опубликована 02.12.2024*

### Сведения об авторах:

**Прейс Юлия Ивановна** – кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории геоинформационных технологий ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск, Россия); [preisyui@rambler.ru](mailto:preisyui@rambler.ru)

**Головацкая Евгения Александровна** – доктор биологических наук, профессор РАН, директор ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск, Россия); [golovatskayaea@gmail.com](mailto:golovatskayaea@gmail.com)

**Кабанов Михаил Михайлович** – младший научный сотрудник лаборатории геоинформационных технологий ФГБУН Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН (г. Томск, Россия); [mike.kabanov@gmail.com](mailto:mike.kabanov@gmail.com)

*Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*



Статья доступна по лицензии [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

## Characteristics of peats of the southern taiga in the southeast of West Siberia as a basis for carbon stocks assessment in peat deposits

© 2024 Yu. I. Preis , E. A. Golovatskaya , M. M. Kabanov 

*Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, pr. Akademicheskiy, 10/3, Tomsk, Russia. E-mail: [preisyui@rambler.ru](mailto:preisyui@rambler.ru)*

**The aim of the study.** To identify regional and zonal features of peat properties and the degree of influence on them of paleocryogenic processes, as a basis for correct paleoreconstructions of the functional state of mires and carbon stocks assessment in peat deposits in the study area.

**Location and time of the study.** Subzone of the southern taiga within the Tomsk region, Russia.

**Methods.** Using the database developed for the "Peat deposits of Tomsk region" cadastre and the archived materials of peat deposits geological exploration, the selection of peat deposits and types of peat typical for the study area was carried out, and the indicators of their occurrence, average degree of decomposition, ash and moisture content were calculated. To identify regional and zonal peat properties, a comparison with the similar characteristics of peats in the European part of Russia was conducted. To substantiate the cryogenesis of peat properties, the literature data about the effect of permafrost on the dynamics and properties of peat mires in the cryolithozone, alongside with the previously obtained data on the reconstruction of paleocryogenic processes in the thoroughly studied and dated peat sections of the study area, were used.

**Results.** For 21 identified typical types of peat, the known regional and zonal features of their properties were established or confirmed. The determining influence of seasonal permafrost and paleocryogenic processes on the botanical composition and occurrence of peat types, on significant variation in their properties, unusually high ash content of fen and transitional peats, low average degrees of decomposition and high values of the studied properties in other types of peats, secondary changes in peat properties and specifics peat deposition in the deposits was substantiated. The species composition of the working collection of peat samples from the study area for assessing their carbon content was chosen.

**Conclusions.** Due to the significant influence of paleocryogenic processes on peat properties, it is necessary to take the processes into account in order to improve the interpretation of data obtained during studies of mires for solving various scientific and applied problems, including assessing carbon balance and reserves in mire ecosystems. The data about peat occurrence and properties, obtained for peat deposits of different types, allow an objective approach to developing a working collection of peat samples to assess peat carbon content in the study area.

**Keywords:** type of peat; occurrence; properties; cryogenesis; southern taiga; West Siberia.

**How to cite:** Preys Yu.I., Golovatskaya E.A., Kabanov M.M. Characteristics of peat of the southern taiga in the southeast of West Siberia as a basis for carbon stocks assessment in peat deposits. *The Journal of Soils and Environment*. 2024. 7(4). e286. DOI: [10.31251/pos.v7i4.286](https://doi.org/10.31251/pos.v7i4.286) (in Russian with English abstract).

## FUNDING

The work was carried out as a part of the most important innovative project of national importance "Development of a System of Ground-based and Remote Monitoring of Carbon Pools and Greenhouse Gas Flows on the Territory of the Russian Federation, ensuring the Creation of a System for Recording Data on the Fluxes of Climate-active Substances and Carbon Budget in Forests and other Terrestrial Ecological Systems" (reg. No. 123030300031-6).

## REFERENCES

- Antipina T. G., Preis Yu. I., Zenin V. N. Dynamics of Forest Vegetation and Climate in the Southern Taiga of Western Siberia in the Late Holocene According to Spore–Pollen Analysis and Ams Dating of the Peat Bog. *Russian Journal of Ecology*. 2019. Vol. 50. No. 5. P. 445–452. <https://doi.org/10.1134/S1067413619050035>
- Arhipov V.S. Maslov S.G. Composition and properties of typical peat species of the central part of Western Siberia. *Khimija rastitel'nogo syr'ja*. 1998. No. 4. P. 9–16. (in Russian).
- Bakhnov V.K. Biochemical aspects of the swamp-forming process. Novosibirsk: Nauka Publ., 1986. 193 p. (in Russian).
- Blyakharchuk T.A., Kurina I.V., Pologova N.N. Late-holocene dynamics of vegetation cover and humidity of climate in the southeastern sector of the West Siberian plain according to the data of palynological and rhizopod research of peat deposits. *Tomsk State University Journal of Biology*. 2019. No. 45. P. 164–189. (in Russian). <https://doi.org/10.17223/19988591/45/9>
- Vaganov E.A., Vedrova E.F., Verkhovets S.V., Efremov S.P., Efremova T.T., Kruglov V.B., Onuchin A.A., Sukhinin A.I., Shibistova O.B. Forests and swamps of Siberia in the global carbon cycle. *Sibirskij ekologicheskij zhurnal*. 2005. Vol. 12. No. 4. P. 631–650. (in Russian).
- Volkova V.S., Gnibidenko Z.N., Goryacheva A.A. Holocene climatic rhythm of the central part of the West Siberian Plain (palynology, magnetism). In book: Basic regularities of global and regional changes in climate and natural environment in the late Cenozoic of Siberia. Novosibirsk: Publishing house of the Institute of Archaeology and Ethnography SB RAS, 2002. P. 48–57. (in Russian).

- Vompersky S.E., Ivanov A.I., Tsyganova O.P., Valyaeva N.A., Glukhova T.V., Dubinin A.I., Glukhov A.I., Markelova L.G. Swampy organogenic soils and bogs of Russia and carbon stocks in their peats. *Pochvovedenie*. 1994. No. 12. P. 17–25. (in Russian).
- Elina G.A., Yurkovskaya T.K. Methods of paleohydrological regime determination as basis for objectivization of causes of vegetation succession of the bogs. *Botanicheskii zhurnal*. 1992. Vol. 77. No. 7. P. 120–124. (in Russian).
- Efremov S.P., Efremova T.T., Melentjeva N.V. Carbon stocks in bog ecosystems. In book: *Carbon in ecosystems of forests and bogs of Russia*. Krasnoyarsk: V.N. Sukachev Forest Institute SB RAS, 1994. P. 128–139. (in Russian).
- Zemtsov A.A. *Geomorphology of the West Siberian Plain (northern and central parts)*. Tomsk: Tomsk University Publ., 1976. 344 p. (in Russian).
- Inisheva L.I., Sergeeva M.A., Smirnova O.N. Deposition and emission of carbon by bogs of Western Siberia. *Nauchnyi dialog (Scientific Dialogue)*. 2012. No. 7. P. 61–74. (in Russian).
- Karavaeva V.N. *Paludification and evolution of soils*. Moscow: Nauka Publ., 1982. 296 p. (in Russian).
- Karpenko L.V. Main regularities of forest and bog development of the middle taiga subzone of the Ob-Yenisei interfluves in the Holocene. *Sibirskij ekologicheskij zhurnal*. 2000. No. 5. P. 635–644. (in Russian).
- Korol N.T. The most common types of peat of the European part of RSFSR, their technical characteristics and possible directions of use. *Trudy instituta Giprotorfrazvedka*. Moscow, 1969. Vol. 1. P. 3–98. (in Russian).
- Liss O.L., Abramova L.I., Avetov N.A., Berezina N.A., Inisheva L.I., Kurnishkova T.V., Sluka Z.A., Tolpysheva T.Y., Shvedchikova N.K. The mire systems of Western Siberia and their environmental meaning / V.B. Kuvaev (ed.). Tula: Grif and K° Publ., 2001. 584 p. (in Russian).
- Liss O.L., Berezina N.A. *Mires of the West Siberian Plain*. Moscow: Moscow State University Publ., 1981. 205 p. (in Russian).
- Loginov P.E., Khoroshev P.I. *Peat resources of the West Siberian Plain*. Moscow: Geoltorfrazvedka Publ. (rotoprint), 1972. 147 p. (in Russian).
- Lyubimova E.L., Simakova L.A. Modern forests paludifications. In book: *Scientific prerequisites for the mire development of Western Siberian*. Moscow: Nauka Publ., 1977. P. 137–148. (in Russian).
- Matukhin L.G., Matukhina V.G., Vasiliev I.P. Classification of peats and peat deposits of Western Siberia / Ulanov N.N. (ed.). Novosibirsk: NITs OLG, Siberian Branch of the RAS Publ., 2000. 90 p. (in Russian). Nitsenko A.A. *Short course of mire science*. Leningrad: Higher School Publ., 1967. 148 p. (in Russian).
- Preis Yu.I. Cryogenesis of the bog formation process in the territory of the Great Vasyugan bog. In book: *Great Vasyugan bog. Current status and evolution processes* / M.V. Kabanov (ed.). Tomsk: Publishing House of the Institute of Atmospheric Optics SB RAS, 2002. P. 45–63. (in Russian).
- Preis Yu.I., Bobrov V.A., Budashkina V.V., Gavshin V.M. Estimation of mineral matter flows by properties of peat deposits of Bakchar bog (southern taiga of Western Siberia). *Izvestiya Tomskogo politehnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov*. 2010. Vol. 316. No. 1. P. 43–47. (in Russian).
- Preis Yu.I. Paleocryogenic processes in peat deposits of the southeast of Western Siberia. In book: *Trudy Mezhdunarodnoy konferencii "Arktika, Subarktika: mozaichnost', kontrastnost', variativnost' kriosfery"* (Tyumen, 2–5 July 2015) / V.P. Melnikov, D.S. Drozdov (ed.). Tyumen: Epokha Publishing House, 2015. P. 305–308. (in Russian).
- Preis Yu.I. Dynamics of the ridge-lake complex of the Iksinsky bog (Western Siberia) as a response to climate change in the second half of the Holocene. *Geografija i prirodnye resursy*. 2016. No. 2. P. 94–103. (in Russian).
- Preis Yu.I., Golovatskaya E.A., Kabanov M.M. The Development of the methodical approach for the estimation of carbon stocks in peat deposits of West Siberia. *The Journal of Soils and Environment*. 2023. Vol. 6. No. 2. e209. <https://doi.org/10.31251/pos.v6i2.209>
- Preis Yu.I. Indicators of paleocryogenic processes that disrupt the patterns of peatland autogenic development in the zone of seasonal freezing of rocks of Western Siberia. *Limnology and Freshwater Biology*. 2024. No. 4. P. 562–567. <https://doi.org/10.31951/2658-3518-2024-A-4-562>
- Smolyanitsky L.Ya. Some regularities of turf formation of sphagnum mosses. *Botanicheskii zhurnal*. 1977. Vol. 62. No. 9. P. 1262–1272. (in Russian).
- Sorokin V.N., Zadunayskiy Y.N., Steklov I.A. *Methodical guide for exploration of peat deposits*. Moscow: Geoltorfrazvedka Publ., 1976. 572 p. (in Russian).
- Peat deposits of Western Siberia. Moscow, 1957. 149 p. (in Russian).
- Khotinsky N.A. *Holocene of Northern Eurasia*. Moscow: Nauka Publ., 1977. 197 p. (in Russian).



Preis Yu.I., Krutikov V.A., Polischuk V.Yu. Consistency of Iksinskoe bog dynamics with extreme the Holocene climate events. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 611, International Conference and Early Career Scientists School on Environmental Observations, Modeling and Information Systems (Tomsk, 7–11 September 2020). 611 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/611/1/012027>

Sheng Y., Smith L.C., MacDonald G.M., Kremenetski K.V., Frey K.E., Velichko A.A., Lee M., Beilman D.W., Dubinin P. A high-resolution GIS-based inventory of the west Siberian peat carbon pool. Global Biogeochemical Cycles. 2004. Vol. 18. No. 3. P. GB3004. <https://doi.org/10.1029/2003GB002190>

*Received 21 October 2024*

*Accepted 18 November 2024*

*Published 02 December 2024*

#### **About the authors:**

**Yulia I. Preis** – Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher of the Laboratory of Geo-information Systems in the Institute for Monitoring Climatic and Ecological Systems, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia); [preisyui@rambler.ru](mailto:preisyui@rambler.ru)

**Evgeniya A. Golovatskaya** – Doctor of Biological Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences, Director, Institute for Monitoring Climatic and Ecological Systems, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia); [golovatskayaea@gmail.com](mailto:golovatskayaea@gmail.com)

**Mikhail M. Kabanov** – Junior Researcher of the Laboratory of Geo-information Systems in the Institute for Monitoring Climatic and Ecological Systems, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Tomsk, Russia); [mike.kabanov@gmail.com](mailto:mike.kabanov@gmail.com)

*The authors read and approved the final manuscript*



The article is available under [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)