

УДК 504.5:622.331

Э. П. КВАЧАНТИРАДЗЕ, канд. биолог. наук, профессор

Д. Ю. КОРШИКОВ, студент

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский государственный аграрный университет – Московская сельскохозяйственная академия имени К. А. Тимирязева»

E. P. KVACHANTIRADZE, PhD (Cand. Biol. Sci.), professor

D. Yu. KORSHIKOV, student

Federal public budgetary educational institution of the higher education

"The Russian state agricultural university – The Moscow agricultural academy of K. A. Timiryazev"

ФАКТОРЫ, ФОРМИРУЮЩИЕ ПОЖАРООПАСНЫЕ СИТУАЦИИ НА ТОРФЯНЫХ БОЛОТАХ

THE FACTORS LEADING TO THE FIRE-DANGEROUS SITUATIONS ON PEAT BOGS

На основании систематизации и анализа литературных данных впервые оценены условия формирования каждого этапа перерождения торфа в горючее вещество полукокс. Представлена наглядная таблица для определения формирования пожароопасных ситуаций в торфяниках. Описан процесс перерождения лигнина в полукокс. Рассмотрены условия формирования горючих материалов леса как провокаторов лесных пожаров.

Ключевые слова: торфяник, полукокс, пожароопасность, лигнин, лесные пожары.

On the basis of the systematization and the analysis of literary data conditions for the formation of each stage of the regeneration process for the peat into the combustible substance semi-coke are being estimated for the first time. The illustrative and so visual table for the definition of the factors leading to the fire-dangerous situations in peat bogs is being submitted. The process of regeneration of a lignin in semi-coke is being described. Conditions for the formation of combustible materials of the wood as provokers of wildfires are being considered.

Keywords: peat bog, semi-coke, fire danger, lignin, wildfires.

Последствия изменения климата на территории России

Ключевой задачей развития отраслей производства является своевременный прогноз возможных последствий в ответ на изменение климата.

Изменение климата – это естественный процесс, связанный с постоянно меняющимся углом эклиптики Земли (рис. 1). Инструментально доказано, что с уменьшением угла общая температура атмосферы на планете повышается. Период маятникового изменения угла наклона оси вращения Земли к ее плоскости вращения вокруг Солнца составляет 40 700 лет. Угол наклона изменяется от 22 до 24,5° и обратно. В 1950 году угол наклона эклиптики составлял 23°26'45". С тех пор ежегодно угол уменьшается на 0'47",

что вызывает процесс потепления [1, 2], о чем свидетельствуют сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°С) и месячные суммы осадков, рассчитанные как отклонения от среднего 1961–1990 годов (рис. 2, 3).

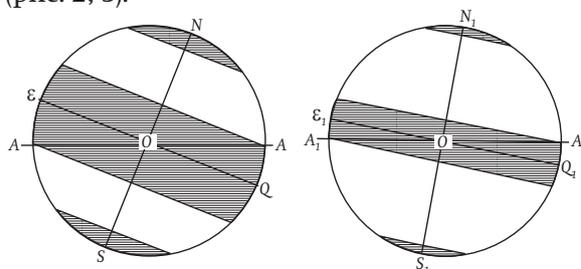


Рис. 1. Схема изменения площадей умеренного, жаркого и холодного поясов при изменении угла наклона эклиптики [2]: AA и A₁A₁ – плоскость эклиптики; EQ и E₁Q₁ – плоскость экватора; NS и N₁S₁ – земная ось; AOQ и A₁O₁Q – углы наклона эклиптики

Процесс потепления, в свою очередь, вызывает следующие процессы и перемены: условия среды обитания переходят в иное состояние;

живые организмы, эволюционно приспособленные к определенным условиям, оказываются в условиях вне зоны оптимума их существования;

в результате изменения климата смещаются границы растительных зон.

Последствия климатических изменений хорошо наблюдаются на планете от полюсов и до экватора. Особенно наглядно воздействие изменений климата в тундре и тайге.

Тундровая зона России занимает территорию площадью 3 млн км²: от Кольского полуострова в Европейской части и далее на восток, вдоль побережья Ледовитого океана, и далее по 70-й параллели до полуострова Камчатка [4].

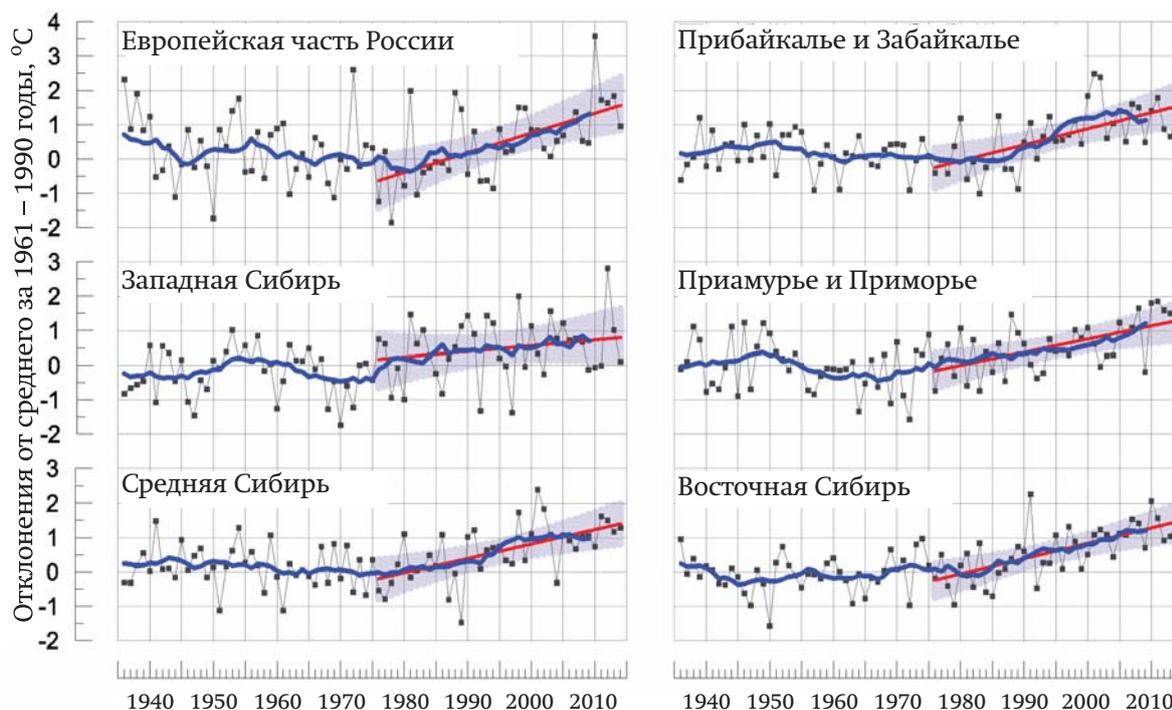


Рис. 2. Сезонные аномалии температуры приземного воздуха (°C), осредненные по территории физико-географических регионов РФ (лето) [3]

Аномалии рассчитаны как отклонения от среднего 1961–1990 годов. Сглаженная кривая получена 11-летним скользящим осреднением. Линейный тренд получен по данным за 1976–2014 годы. Показана 95 %-ная доверительная область для линии тренда.

Главная черта тундры – заболоченные низменности в условиях сурового климата, высокой относительной влажности, сильных ветров и многолетней мерзлоты. Наличие болот связано с многолетней мерзлотой, обладающей водоупорными свойствами. Согласно средним многолетним данным, средняя температура лета, в зависимости от географического расположения, колеблется от 0 до +15 °C, а зимы от –5 до –45 °C. Количество осадков не превышает 400 мм. Температура мерзлотных горных пород зависит от мощности мерзлотных толщ, которая может

быть от 0 до 10 м и ниже. Растительность скудная: лишайники, мхи, невысокие злаки, карликовые ива и береза.

Зона тайги расположена южнее тундры. Тайга на территории РФ занимает территорию 15 млн км². На более плодородных, чем в тундре, почвах можно встретить два типа леса – массивы темнохвойные (ель) и светлохвойные (сосна, кедр) со скудным в видовом отношении травяно-моховым покровом [4].

Согласно среднемноголетним данным, средняя температура лета варьирует от +5 до +25 °C, а зимой – от 0 до –45 °C. Количество осадков не превышает 600 мм. Однако, согласно опубликованным данным «ИГКЭ Росгидромета и РАН», принятые среднемноголетние значения стремительно меняются (рис. 2, 3).

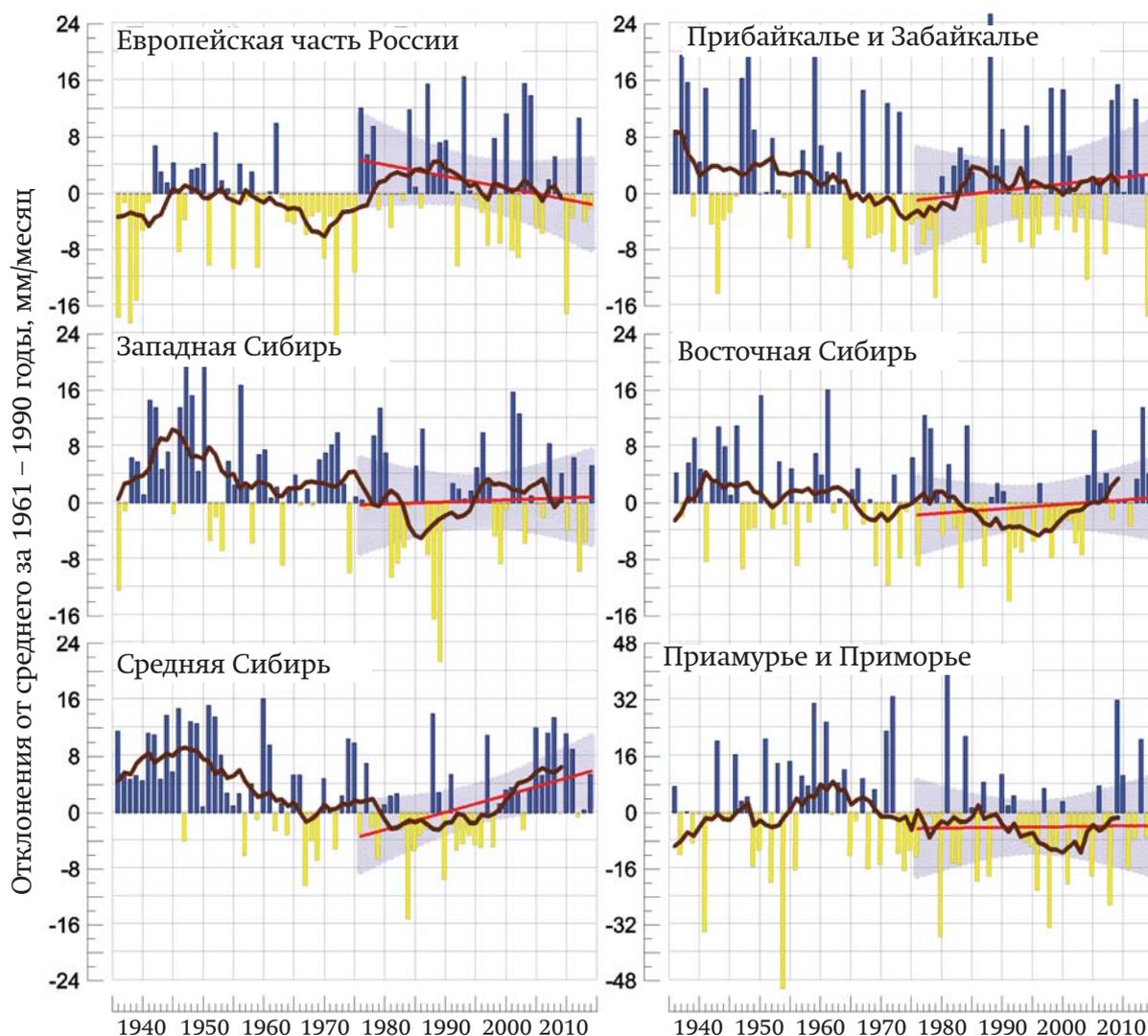


Рис. 3. Сезонные аномалии месячных сумм осадков (мм/месяц), осредненные по территории регионов РФ (лето) [3]

Исследования показали, что температура верхнего слоя мерзлотных пород увеличилась на 2...4 °С, а долгосрочные прогнозы на середину XXI века дали следующие результаты: температура грунтов повысится в зависимости от их географического положения от 1,5 до 6 °С [5, 6].

В связи с изменением температурного режима грунта мерзлотных почв сформируется не только дополнительный источник питания рек, озер, но и формируются участ-

ки застойного увлажнения, способствующие формированию болот.

На фоне интенсивного таяния мерзлоты и появления притока грунтовых вод, повышения температуры, при одновременном уменьшении осадков, на Европейской части России спровоцирован рост природных лесных пожаров [7].

В табл. 1 показана динамика лесных пожаров на примере многолесных районов Архангельской области.

Таблица 1

Динамика лесных пожаров Российской Федерации за 2001–2010 годы

Показатель	Год										Среднее за 10 лет
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	
Количество пожаров, тыс. шт.	21	37	28	22	16	26	17	25	22	32	24,6
Площадь, пройденная пожарами, тыс. га	868	1334	2100	442	736	1275	1030	1948	2493	2368	1459,4

Ущерб, нанесенный лесными пожарами за прошлый век, – исчезновение не только огромных лесных массивов, но и исчезновение отдельных типов лесов. Так, если в прошлом столетии существовало 46 типов леса, то до наших дней сохранилось только 25 типов [8–10].

Однако гораздо больший ущерб приносят пожары торфяников. Такие пожары типичны для тундры, лесотундры, тайги, где находятся большие торфяные залежи с мощностью торфяного горизонта до 5...7 м. Иногда глубина проникновения огня достигает в них до глубины 3 м и более [11].

В отличие от лесов, торф является основным горючим материалом. Торф депонирует углерод на протяжении многих тысячелетий, поэтому сторевший торфяник лишается органического вещества, копившегося тысячи лет, в то время как лес высвобождает углерод, накопленный за 100...200 лет.

Помимо углерода, торф выбрасывает в окружающую среду вещества, загрязняющие окружающую среду: микроэлементы Zn, Cu, Co, Mo, Mn; окислы SiO_2 , CaO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MgO , K_2O , P_2O_5 , SO_3 .

Торф является полноценным полезным ископаемым, его используют как органическое удобрение, горючее вещество, теплоизолятор. Торф является сырьем для изготовления лекарственных препаратов.

Основным достоинством торфяных болот является стабилизация экологической ситуации. Болота являются естественными водохранилищами. Они содержат в пять раз больше воды, чем все реки мира и обеспечивают питание рек, увлажняют воздух.

Кроме того, торфяные болота, обладая антисептическими свойствами, являются природным фильтром атмосферы: 1 га торфа за год из атмосферы поглощает 1500 кг углекислого газа, а выделяет более 500 кг кислорода [11–14].

Цель настоящей работы – выявление факторов, формирующих пожароопасные ситуации на торфяниках.

Условия возникновения и продолжения горения

Для возникновения и продолжения процесса горения необходимо одновременное присутствие трех компонентов: горючего вещества, окислителя и источника возгорания [15].

Компонентами процесса горения торфа в природных условиях являются:

горючее вещество – полукокк [16, 17];

окислитель – кислород;

источник возжигания – энергия.

Однако даже при наличии этих трех компонентов самовозгорание возможно лишь при следующих условиях:

горючее вещество имеет определенную температуру и находится в определенном количественном соотношении с окислителем;

источник зажигания имеет достаточную энергию.

Возгорание в отсутствии источника зажигания называется самовозгоранием. Самовозгорание происходит при условии, если в процессе окисления скорость тепловыделения (экзотермическое окисление) превысит скорость теплоотвода. Самовозгорание сопровождается самовоспламенением. При условии, если тепловых выделений недостаточно для продолжения процесса горения, то такое самовозгорание называют вспышкой [15–17].

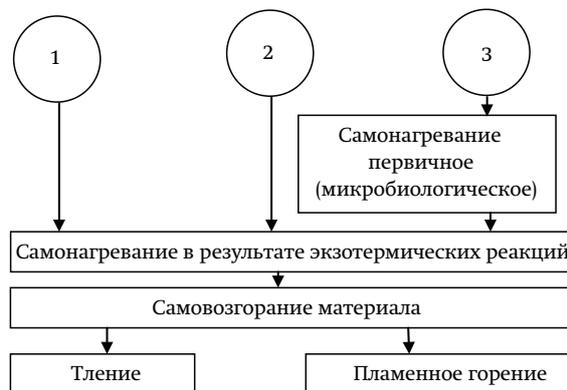


Рис. 4. Этапы процесса самовозгорания

Процессы самовозгорания бывают химического (1), теплового (2) и микробиологического (3) происхождения (рис. 4).

При условии микробиологического процесса – самовозгоранию экзотермических реакций предшествует первичное микробиологическое самонагревание [18].

Условия перерождения торфа в горючее вещество – полукокк

Торф – сложная полидисперсная многокомпонентная система. Торф представляет начало ряда ископаемых, которые образуются последовательным изменением клетчатки отмерших растений, попавших

в благоприятные для этого условия. Эти условия — разложение при малом доступе воздуха (или вовсе без доступа).

Формирование торфяного слоя происходило на болотистых местах, где вода прекращала доступ воздуха к погруженной в нее растительности. В процессе геологического развития (при соответствующих условиях температуры, влажности, давления) торф, покрываясь сверху более молодыми отложениями, попадал на глубину (табл. 2). Химический состав и физико-механические характеристики торфа менялись, и он преобразовывался в бурый уголь и далее, в более высокие сорта угля [11].

Цель исследований – выявление условий формирования этапов самовозгорания торфа.

В естественных условиях повышенно-го увлажнения в болоте формирование тор-

фа происходит бесконечно. При этом протекает обязательный процесс гумификации и при некоторых условиях – процесс полукоксования.

Гумификация – это микробиологическое разложение органических веществ во влажной среде при затрудненном доступе воздуха. Полукоксование – это процесс низкомолекулярного самонагревания и окисления торфа (пиролиз). Полукок – это основной продукт пиролиза. Процесс перерождения торфа в полукок сопровождается увеличением содержания углерода. Эти процессы могут быть краткосрочны (период от нескольких дней до нескольких лет). Полукок – легко возгорающееся, бездымное топливо.

Самовозгорание торфа в торфяниках возможно только при перерождении его в полукок [16, 17].

Таблица 2

Геохронология эволюции горючих полезных ископаемых органического происхождения

Эонотема (зон)	Эратема (эра)	Система (период)	Начало, млн лет назад	Длительность, млн лет	Полезные ископаемые*
Фанерозой	Кайнозой	Четвертичная (антропогеновый)	1,6	24,6	
		Неогеновая (неогеновый)	24,6	32,0	
		Палеогеновая (палеогеновый)	65	40,4	
	Мезозой	Меловая (меловой)	144	79,0	
		Юрская (юрский)	213	69	
		Триасовая (триасовый)	248	35	
	Палеозой	Пермская (пермский)	286	38	
		Карбон	358,9	60	
		Девонская (девонский)	408	48,0	
		Силурийская (силурийский)	438	30	
		Ордовикская (ордовикский)	505	67	
		Кембрийская (кембрийский)	570	65	

*Примечание: 1 – торф; 2 – бурый уголь; 3 – каменный уголь; 4 – антрацит.

Самонагревание торфа происходит в результате жизнедеятельности хемотрофных микроорганизмов, которые вызывают нагревание субстрата в соответствии со своими физиологическими возможностями [18]. В самонагревании торфа и его окислении принимают участие разные температурные группы микроорганизмов (рис. 5): психрофилы, мезофилы, термофилы.

Существует последовательная смена микрофлоры, ведущая к увеличению

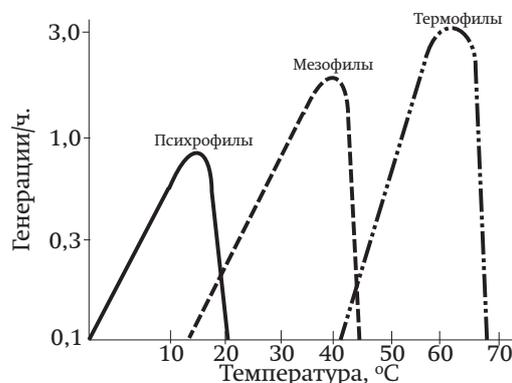


Рис. 5. Зависимость от температуры скорости роста психрофильных, мезофильных и термофильных микроорганизмов

нагрева торфа. Причем каждому уровню влажности и температуры торфа соответствует определенная преобладающая группа формирующих микроорганизмов.

Уровень влажности деятельного слоя болота постоянно меняется благодаря сезонной динамике грунтовых вод. Фоновый температурный режим зависит от сезонной динамики климата и также влияет на смену микрофлоры торфа.

Психрофилы предпочитают температуру роста от 0 до 20 °С.

Мезофилы обычно растут при температуре от +15 до +45 °С.

Термофилы имеют максимальную точку роста при температуре от +60 до +65 °С. Погибают при температуре выше +68 °С.

Самонагревание торфа до +60..65 °С происходит в результате жизнедеятельности микроорганизмов, а также окисления продуктов их жизнедеятельности, накопленных в анаэробных условиях.

Процесс саморазогревания торфа идет при влажности торфа от 75 до 60 %. При влажности от 60 до 40 % процесс ускоряется [11, 16, 17, 19]. Здесь нужно понимать, что перерождение торфа в полукокс в верхних слоях торфа происходит раньше. При температуре выше 65 °С торф в течение нескольких дней превращается в полукокс. При температуре 65 °С и ниже полукокс не формируется.

Из литературных данных известно, что при температуре 70 °С торф полностью переходит в состояние полукокса [11, 16, 17, 19]. Повышение температуры сверх 65 °С – это уже результат не микробиологической деятельности, а **химического процесса саморазогревания торфа**, о чем свидетельствует стерильность полукокса [18].

Период формирования полукокса сопровождается температурной пульсацией торфа в торфянике. Образовавшийся полукокс в результате термического разложения торфа имеет пористую структуру. Пористость равна 40...60 % по объему.

Полукокс по сравнению с торфом – это высокоуглеродный продукт, близок по элементному составу антрациту. Состав полукокса по химическим элементам: 84...92 % углерода, 2,5...4,5 % водорода, 3,5 % кислорода. Полукокс также содержит малое количество серы и фосфора. Одновременно с образованием полукокса из торфа формиру-

ются жидкие вещества – торфяной деготь и подсмоленная вода, газообразные продукты [19].

Наибольшая интенсивность окисления полукокса – при влажности 40...35 %. При условии дальнейшего разогрева кокса при данной влажности возможно самовозгорание. Повышение температуры до 80...85 °С означает, что в торфе усилился приток кислорода и начался процесс тления, т. е. окисление уже полукокса.

Процесс тления возможен и без притока кислорода извне, так как незначительное выделение кислорода идет при его термическом разложении. Начинает тлеть торф при температуре 50 °С и только после полного расхода кислорода тление прекращается. Повышенная пожарная опасность глубинных торфяников вызывает сложности в организации и проведении работ по локализации и ликвидации почвенно-торфяных пожаров во всем мире.

Самовозгорание полукокса может перейти в самовоспламенение при условии разогрева полукокса выше 160 °С. Анализ литературных данных о подземных пожарах показал, что пожары охватывают торфяники с мощностью торфяного слоя не менее 50 см, и ограничены уровнем грунтовых вод. При малой мощности горящего слоя до 30 см – пожары «подстилочно-гумусовые» [20]. Это позволяет сделать вывод, что самовозгорание торфяника возможно при условии мощности слоя полукокса не менее 50 см.

На основе обработки литературных данных предложена табл. 3 – «Этапы перерождения торфа в полукокс в зависимости от влажности и температуры торфа» [21]. Эти данные могут лечь в основу оценки состояния пожароопасных ситуаций торфяников при постоянном мониторинге и прогнозе влажности торфа [22–24].

Однако, кроме термовлажностного режима, для формирования горючего вещества и возникновения, и продолжения горения необходимо учитывать следующие обстоятельства:

1. Количественно горючее вещество, нагретое до определенной температуры, должно находиться в строго определенном соотношении с количеством окислителя.
2. Источник воспламенения должен обладать достаточной энергией.

3. Не все разновидности торфа подвергаются процессу разогривания и перерождению в полукокс. Это зависит от гидрологического режима болот, видового и химического состава торфообразующих растений. Степень

разложения субстрата, наличие дубильных веществ, кислотность среды – могут быть неблагоприятны для развития термофильных бактерий, вызывающих начало процесса разогривания торфяного горизонта.

Таблица 3

Этапы перерождения торфа в полукокс в зависимости от влажности и температуры торфа в естественных условиях болот

Процесс	Этап	Условия		Примечание
		Влажность, %	Температура, °С	
Микробиологический	Гумификация	85...40	0...60	
		60...40	0...60	Ускорение процесса самонагревания
Химический окислительный	Переходный	60...40	60...65	
	Полукоксование	60...40	65...70	
		40...35	65...70	Наиболее благоприятный период для полукоксования
	Тепловое возгорание	40(30)...28	160	Естественное самонагревание или тление
	Горение			Удар сухой молнии. Антропогенный фактор

Формирование полукокса в зависимости от типа и качественных характеристик торфяных залежей

Классификация торфяных залежей разработана Московским торфяным институтом под руководством С. Н. Тюремнова [11] и в дальнейшем дорабатывалась другими учеными.

В основе классификационных единиц лежит преобладание в залежи того или иного вида торфа. Торфяные залежи подразделяют на четыре типа: низинный, переходный, смешанный, верховой.

Низинный тип торфяной залежи. Мощность низового торфа выше половины общей глубины, а слой верховых торфов не превышает 0,5 м.

Переходный тип торфяной залежи. Мощность переходного торфа равна не менее половины общей глубины, а слой верхового не превышает 0,5 м.

Смешанный тип торфяной залежи. Нижний слой сложен низинными или переходными торфами. Мощность нижнего слоя не менее половины от общей мощности. Верхний слой составляет менее половины общей глубины, но не менее 0,5 м.

Верховой тип торфяной залежи. Верхний слой торфа не менее половины общей глубины; нижняя часть может быть сложена переходными или низинными торфами.

Каждый тип по содержанию в торфе древесных остатков подразделяется на под-

типы. В свою очередь, подтипы делятся на группы, состоящие из 4...8 видов. Вид – это элементарная структурная единица классификации. Вид отражает исходную растительную группировку и первичные условия образования торфа.

Качественные характеристики видов торфяной залежи представлены в табл. 4.

Кислотность. Как видно из табл. 4, верховые торфяные болота – сильно кислые и кислые; переходные и низинные характеризуются слабо кислой и нейтральной средой. Из литературных источников известно, что в кислой среде разнообразие микроорганизмов ограничено, и их активность вялая [18]. Отсюда вытекает, что саморазогревание торфа микроорганизмами в кислой среде, а следовательно, формирование кокса не будет.

С повышением pH вероятность коксообразования возрастает. Однако авторы не встретили литературные источники, раскрывающие зависимость интенсивности естественного процесса коксообразования от величины pH торфа.

Степень разложения торфа

Процесс коксообразования зависит от степени разложения торфа. Рассмотрим этот вопрос подробнее. Степень разложения торфа в морфологическом смысле – это характеристика, выражающая отношение массы бесструктурной (полностью разложившейся) части, включающей гуминовые кислоты и мелкие частицы негумифицированных

Таблица 4

Качественная характеристика видов торфяной залежи [11]

Тип	Кислотность, рН	Подтип	Вид строения залежи	Средние значения			Теплота сгорания абсолютно сухого торфа, ккал/кг
				Глубина, м	Степень разложения, %	Зольность, %	
Низинный	6,0...7,4	Лесной	Ольховый	1,7	50,4 ±9,2	13,45±4,18	4650
			Березовый	1,5	54,7±7,5	10,75	4850
			Еловый	1,2	48,9±7,0		
		Лесо-топяной	Древесно-грозниковый	1,8	50,4±9,9	11,25±2,71	4890
			Древесно-осоковый	2,1	43,2±6,2	9,84±2,23	5000
			Топяно-лесной	2,7	39,0±7,1	9,10±2,31	5200
			Лесо-топяной	2,6	40,0±6,2	8,80±1,50	5300
			Многослойный лесо-топяной	3,2	36,0±5,9	8,73±2,10	5180
			Грозниковый	1,8	39,2±7,8	10,90±2,99	5200
			Осоковый	2,8	32,3±7,5	8,30±2,75	5000
Топяной	Шейхцериевый	1,9	37,4±8,0	5,50±1,46	5500		
	Гипновый	3,2	28,8±7,3	7,34±1,55	5000		
	Сфагновый	2,1	26,6±7,9	6,56±2,00	5250		
	Переходный лесной	1,7	44,0	6,50	5500		
	Переходный лесо-топяной	2,4	34,0±7,2	6,00	5400		
Переходный	2,8...5,0	Топяной	3,2	27,0	4,5	5300	
		Лесной	2,5	41,3±8,8	5,90±3,42	5250	
Смешанный	-	Топяной	2,9	32,5±7,3	5,06±1,83	5450	
		Лесной	1,6	48,9±8,8	4,03±1,29	5450	
Верховой	2,6...5,8	Лесо-топяной	4,4	33,9±5,7	3,10±0,79	5470	
		Топяной	1,8	30,3±7,4	3,70±1,03	5350	
		Комплексный: глубокозалежный мелкозалежный	5,2 1,7 5,8	27,9±5,5 25,4±7,0 20,2±6,4	2,90±0,70 3,71±1,13 3,01	5350 5350 5100	

остатков растений к общей массе торфа.

Органические остатки, поступающие в почву под воздействием почвенной микрофлоры, подвергаются минерализации и гумификации. Два этих процесса идут одновременно [25].

Минерализация – окисление органического вещества до конечных продуктов: CO₂, H₂O и простых минеральных солей. Эти элементы питания используются новыми поколениями растений.

Гумификация – совокупность биохимических, физиологических, физико-химических процессов превращения органических остатков в специфические гумусовые вещества (гумус). Процесс превращения органических остатков в гумус состоит из трех самостоятельных групп процессов.

К первой группе относят процессы (окисления, соединения) связанные с ферментами внутри растительных остатков и при участии минеральных катализаторов.

Ко второй группе относят процессы, связанные:

с гетеротрофными и почвенными животными, которые поедают растительные остатки и выделяют их в виде экскрементов, обогащенных кишечной микрофлорой;

с гетеротрофными микроорганизмами, которые преобразуют материал растительных остатков в органические соединения собственного тела.

После отмирания гетеротрофные организмы также подвергаются разложению. Продукты разложения соединяются с промежуточными продуктами разложения растительных остатков, и вместе они образуют гумусовые вещества.

При гумификации по первому и второму типу разложение растительных остатков практически не затрагивает лигнин.

Третью группу гумификации составляют процессы, связанные с термофильной микробиологической деятельностью.

Согласно сведениям табл. 4, максимальная степень естественной гумификации растительных остатков достигает 50 %.

Лигнин – полимерное органическое соединение. Наибольшее содержание лигнина – в древесине и древесном опаде. Почти единственным разрушителем лигнина являются грибы, которые в торфе находятся в незначительном количестве [26, 27].

Высокая молекулярная масса и низкая растворимость лигнина препятствуют его разложению под воздействием микробных ферментов. В условиях торфяников содержание лигнина 27...50 % органического состава. Именно лигнин при определенных условиях влажности и температуры (которая обеспечивается биологической активностью термофильных бактерий) преобразуется в полукокс. Причем необходимо отметить, что реакционная способность полукокса из лигнина в разы выше, чем у бурого угля.

Из табл. 4 видно, что максимальная степень разложения (в результате гумификации) у низинных типов торфяников – 48,9...54,7 %. Значительно ниже степень разложения у торфяников верхового типа – 20,2...33,9 %, только в условиях «пушице верхового» вида торфяника степень разложения – 48,9 %. С увеличением степени гумификации торфа возрастает содержание углерода.

Торф с высокой степенью разложения имеет меньшую влажность и пористость, большой объемный вес и большую теплоемкость и поэтому подвержен возгоранию (табл. 5) при условии перерождения в полукокс [28].

В табл. 5 представлена шкала степени разложения торфа ГОСТ 25100–2011.

Таблица 5

Классификация торфа по степени разложения

Разновидность торфа	Степень разложения Ddp, %
Слаборазложившийся	< 20
Среднеразложившийся	20...45
Сильноразложившийся	< 45

Согласно характеристикам кислотности и степени разложения торфа (табл. 5, 6), можно сказать, что с возрастанием этих значений вероятность формирования полукокса с последующим самовозгоранием у низинных и переходных форм торфяных залежей возрастает.

Провокаторы торфяных пожаров

В определенных гидрометеорологических условиях некоторые лесные материалы могут стать горючим лесным материалом. Горючие лесные материалы – это растения леса, а также их остатки различной степени разложения [28, 29]. Все лесные горючие материалы можно разделить на 3 класса: проводники горения, поддерживающие горение, задерживающие горение (табл. 6).

Классификация растительных горючих материалов [30]

Класс	Группа р. г. м.	Вид горючего материала	Тип горения
Проводники горения	I	Опад, лишайники, мхи	Преимущественно пламенное
	II	Лесная подстилка, торф	Тление
	III	Валежник, пни, крупные порубочные остатки	Здоровая древесина горит преимущественно пламенно, гнилая – тлеет
Поддерживающие горение	IV	Травы, кустарники, плауны, сеянцы древесных растений	Пламенное
	V	Подрост и подлесок	Преимущественно пламенное, хвойные горят интенсивней, чем лиственные
	VI	Хвоя, листва, несущие их веточки и мелкие сучья полога древостоя	Преимущественно пламенное, хвойные горят интенсивней, чем лиственные
Задерживающие горение	VII	Некоторые виды трав, кустарничков, кустарников и деревьев	Самостоятельно не горят из-за высокого влагосодержания или особенностей химического состава

Степень пожароопасности различна для разных видов растений, а также изменяется в течение сезона. Наиболее пожароопасными растениями являются не-транспирирующие растения (лишайники и мхи). Это объясняется тем, что содержание влаги в них определяется физическими законами увлажнения и высыхания неживых гигрофильных материалов, т. е. влажность лишайников и мхов находится в прямой зависимости от влажности воздуха и почвы. Пожароопасная ситуация болот с покровом из мхов и лишайников может возникнуть уже на 2–3 день после

выпадения осадков.

Что касается древесной (транспирирующей) растительности, то степень ее пожароопасности зависит от влажности почвы. Предельное влагосодержание растений, при котором невозможно горение, соответствует 25...28 %. При снижении влагосодержания растений ниже 2 % формируются пожароопасные условия [28].

Зеленая часть растений способна задерживать распространение процесса горения. Созревшая пожароопасная ситуация возникает при накоплении сухих растительных материалов 0,1...0,2 кг/м².

Таблица 7

Запас горючих материалов в пологе древостоев в абсолютно сухом состоянии, т/га [28]

Древостои 50...100 лет	Хвоя живая	Тонкие ветки живые	Сухие сучья	Всего
Сосняки	3,5...7,0	1,8...3,0	1,0...2,0	7,3...12,0
Ельники	6,0...10,0	3,0...4,0	2,5...3,5	12,5...17,5
Лиственничники	1,7...2,0	1,7...2,7	0,7...1,5	3,2...6,2
Березняки (40...70 лет)	1,8...2,2	1,7...2,9	0,7...1,5	4,5...6,6

Интерпретируя данные табл. 7, можно сказать, что наибольшее накопление горючих сухих растительных материалов накапливается в древостоях, которые можно указать в порядке убывания в следующей последовательности: ельник, сосняк, березняк (40...70 лет), лиственничные.

Выводы

Впервые на основе систематизации и анализа литературных данных о пожароопасности торфяников:

установлены порядок возникновения факторов пожароопасной ситуации;

предложена таблица для определения этапов формирования пожароопасных ситуаций;

установлены границы температуры воздуха и влажности торфа для каждого этапа пожароопасной ситуации;

описан процесс перерождения торфяного лигнина в полукоксы;

установлена минимальная мощность слоя полукоксы (50 см), несущая потенциальную угрозу самовозгорания;

рассмотрены горючие лесные материалы как провокаторы торфяных пожаров.