

УДК 504.058; 504.38

## ВОЗНИКНОВЕНИЕ ТОРФЯНЫХ ПОЖАРОВ И СПОСОБЫ ИХ ЛИКВИДАЦИИ

*Е. Г. Сарасеко, кандидат биологических наук, доцент*

*С. В. Потапенко, магистр технических наук*

*Гомельский филиал Университета гражданской защиты МЧС Беларуси,  
г. Гомель, Беларусь*

### Аннотация

Серьезную опасность для природной среды, экономики и населения Республики Беларусь представляют торфяные пожары. Их основной причиной является неосторожное обращение с огнем, нарушение правил пожарной безопасности. Кроме того, они могут возникать в результате естественных явлений природы (грозовых разрядов, землетрясений, самовозгорания торфа). В статье изложены современные способы тушения и/или предотвращения распространения торфяных пожаров на территории Российской Федерации, не применяемые в Республике Беларусь. Однако доступность их осуществления требует особого внимания с целью изучения белорусскими исследователями для дальнейшего внедрения этих способов или доработанных способов с элементом новизны на торфяных почвах Полесья.

**Ключевые слова:** торфяные пожары, влажность, степень разложения, плодородие, сорная растительность, углекислый газ, вторичное загрязнение территории, радионуклиды, сверхпоглощающие полимеры, оконтуривание, быстротвердеющая пена, заградительная щель.

### Abstract

*E. G. Saraseko, S. V. Potapenko*

### THE ORIGIN OF PEAT FIRES AND WAYS OF THEIR ELIMINATION

Peat-bog fires pose a serious threat to the environment, the economy and the population of the Republic of Belarus. The main causes of peat-bog fires are negligence in using a fire and violation of fire safety rules. Besides, peat-bog fires can emerge as a result of natural causes (lightning discharge, earthquake, spontaneous combustion of peat). Modern methods of extinguishing fires as well as methods of preventing the spread of peat-bog fires, that are used in the Russian Federation and are not used in the Republic of Belarus, are discussed. However, the question of applicability of these methods requires a special attention of Belarusian researchers in order to establish whether it is practicable to use these methods or their amended variations on the peat soils of Polesie region.

**Keywords:** peat-bog fires, humidity, degree of decay, fertility, weed vegetation, carbon dioxide, secondary pollution of a territory, radionuclides, super-absorbing polymers, contouring, fast-hardening foam, barrage crack.

### Введение

В настоящее время в пользовании сельскохозяйственных организаций и личном пользовании населения Республики Беларусь находится более 975,1 тыс. га сельскохозяйственных земель на торфяных почвах различной мощности, ботанического состава, уровня окультуренности. Основная их доля приходит-

ся на Брестскую, Минскую и Гомельскую области – 202,2, 268,5, 225,1 тыс. га соответственно [1]. Известно, что по составу исходного растительного материала, условиям образования и физико-химическим свойствам различают три типа торфяных почв: верховые, переходные, низинные. Каждый из них по содержанию

в нем древесных остатков подразделяется на три подтипа: торф лесного подтипа с высокой степенью разложения; торф топяного подтипа с минимальной степенью разложения; торф лесотопяного подтипа, занимающий промежуточное положение. Подтипы торфа подразделяются на 4–8 видов [2].

Большая часть торфяных почв была осушена более 30–40 лет назад. Сегодня они представлены сложными природно-техногенными комплексами, в которых торфяные почвы чередуются с возникшими ареалами антропогенно-преобразованных почв разной

степени трансформации (вплоть до песчаных), отличающихся между собой как потенциальным плодородием, так и технологическими свойствами. Кроме того, они различаются и водным режимом (от подтапливаемых участков в низовьях систем до переосушенных в верховьях). По уровню содержания органического вещества, водно-физическим и агрохимическим свойствам эти почвы значительно отличаются как от торфяных почв в первые годы после осушения, так и от типично минеральных. В результате этого формируются агроторфяно-минеральные низинные почвы [3].

### Основная часть

В Республике Беларусь принято выделять пять торфяно-болотных областей:

1) область верховых болот холмисто-озерного ландшафта. Здесь торфяные залежи подстилаются озерными отложениями. Заторфованность области – 10,6 %, средняя глубина торфяных залежей – 2 м. В структуре геологических запасов торфа низинный тип составляет 54,5, переходный – 7,3, верховой – 38,2 %;

2) область низинных болот западного конечно-моренного ландшафта. В отличие от предыдущей области, здесь мало озер. Заторфованность области – 7,7 %, средняя глубина торфяных залежей – 1,96 м. Запасы низинного торфа составляют 94,3, переходного – 3,7, верхового – 2 %;

3) область крупных верховых и низинных болот пологоволнистой равнины. Геоморфология данной области характеризуется преобладанием сглаженных форм рельефа. Заторфованность области – 15,6 %, средняя глубина торфяных залежей – 1,93 м. Доля запасов низинного торфа составляет 70,3, переходного – 6,2, верхового – 23,5 %;

4) область небольших верховых и низинных болот в условиях широкого распространения лессовидных пород. Форма рельефа сглажена, озер мало. Заторфованность области – 5,5 %, средняя глубина торфяных залежей – 1,59 м. Доля запасов низинного торфа составляет 85,5, переходного – 3,6, верхового – 10,9 %;

5) область крупных низинных болот Полесья. Главная геоморфологическая особенность – равнинный рельеф с преобладанием песков и супесей в покровных отложениях. Заторфованность области – 18,3 %, средняя глубина торфяных залежей – 1,55 м. Доля запасов низинного торфа в области составляет 86,4, переходного – 7,3, верхового – 6,3 % [4].

К основным качественным показателям, характеризующим плодородие торфяных почв, относят: степень разложения, влажность, зольность, содержание питательных элементов (фосфора, калия, азота).

Торф – это органическая порода, образующаяся в результате отмирания и неполного распада растительных остатков в условиях повышенного увлажнения при недостатке кислорода и содержания не более 50 % минеральных компонентов на сухое вещество.

Степенью разложения торфа или его гумификацией называется содержание в нем бесструктурной массы – гумуса – в процентном отношении ко всей массе торфа. По этому показателю торфяные залежи разделяются на залежи низкой степени разложения (до 20 %), средней (20–35 %) и высокой (более 35 %) [2]. Признаки определения степени разложения торфа в полевых условиях приведены в табл. 1.

Влажность торфа – количество воды, выраженное в процентах от общей массы (относительная влажность) или в граммах на грамм сухого вещества (абсолютная влажность).

Таблица 1 – Признаки различной степени разложения торфа

Степень разложения, %	Основные признаки состояния торфа
15 – неразложившийся	Торфяная масса не продавливается между пальцами. Поверхность торфа шероховатая. Хорошо различимы растительные остатки. Вода светлого цвета, выжимается сплошной струей.
15–20 – весьма слабо-разложившийся	Вода выжимается частыми каплями, почти образуя сплошную струю светло-желтого цвета.
20–25 – слабо-разложившийся	Вода отжимается в большом количестве, желтого цвета. Растительные остатки заметны хуже.
25–35 – средне-разложившийся	Масса торфа почти не продавливается в руке. Заметны остатки растительности. Вода отжимается частыми каплями светло-коричневого цвета. Торф слабо пачкает руку.
35–45 – хорошо разложившийся	Масса торфа продавливается слабо. Вода коричневого цвета, выделяется редкими каплями.
45–55 – сильно-разложившийся	Масса торфа продавливается между пальцами, пачкая руку. В торфе заметны отдельные растительные остатки. Вода темно-коричневого цвета, отжимается в малом количестве.
55 – весьма сильно-разложившийся	Торф продавливается между пальцами в виде грязеподобной черной массы. Вода не отжимается. Растительные остатки совершенно неразличимы.

Институт экспериментальной метеорологии оценивает увлажненность географических районов по коэффициентам увлажнения почв ( $\eta$ ). Градация увлажненности при этом следующая:

- оптимально увлажненный район –  $\eta = 0,9 \div 1,1$ ;
- избыточно увлажненный район –  $\eta = 1,5 \div 1,3$ ;
- влажный район –  $\eta = 1,3 \div 1,1$ ;
- слабозасушливый район –  $\eta = 0,9 \div 0,7$ ;
- умеренно засушливый район –  $\eta = 0,7$ .

По мнению ряда исследователей, коэффициенты увлажнения почв – это оценка влагообеспеченности растений, т. е. увеличение почвенного плодородия, т. к. плодородие почвы – это ее способность удовлетворять потребности растений в питательных веществах, воздухе, биотической и физико-химической среде, включая тепловой режим, и на этой основе обеспечивать урожай сельскохозяйственных культур, а также биологическую продуктивность диких форм растительности. Различают естественное и искусственное плодородие. Естественным называется плодородие почвы, определяемое природными запасами минеральных и органических пита-

тельных веществ и естественным гидротермическим режимом. Искусственное – плодородие почвы, определяемое внесением удобрений и проведением комплекса агротехнических мероприятий, включая севообороты, мелиорацию и др. [5].

Зольность торфа – количество минеральных составных частей в процентах к абсолютно сухому веществу торфа [2].

Развитие торфяных пожаров обусловлено комплексом климатических, метеорологических, топографических факторов и зависит от:

- продолжительности засушливого периода;
- скорости ветра;
- интенсивности солнечной радиации;
- времени суток;
- температуры воздуха;
- влажности, структуры и уплотнения торфяной залежи;
- степени разложения торфа;
- рельефа местности;
- наличия преград огню;
- уровня стояния грунтовых вод и т. д. [6].

Именно в условиях недостаточного выпадения атмосферных осадков и аномально высоких температур воздуха могут участиться

пожары на торфяных почвах. Торфяные пожары чаще происходят во второй половине лета, когда в результате длительной засухи верхний слой торфа просыхает. Выработанные торфяники и сельскохозяйственные земли на месте когда-то осушенных болот – наиболее пожароопасные площади. Из-за постоянного воздействия на торф температуры, влажности, биологических особенностей растений он постепенно разлагается. Чем выше степень разложения, тем больше вероятность возникновения пожароопасной ситуации на торфяных почвах, т. к. такой торф имеет меньшую влажность, большую среднюю плотность и теплоемкость. Кроме этого торф – продукт неполного разложения растительной массы в условиях избыточной влажности и недостаточной аэрации. Основными горючими составляющими у торфов являются углерод (52–56 % от общей массы) и водород (5–6 % от общей массы). Кроме этого, в состав торфа входит 30–40 % атомов кислорода, связанного в молекулах химических веществ, из которых состоит торф.

Торфяные пожары характеризуются стабильностью процесса горения. В значительной мере этому способствует слабое рассеивание тепла в атмосферу и низкая способность впитывать и удерживать влагу. При горении торфа около 50 % высвобождающегося тепла идет на прогрев смежных слоев. В результате этого распространение пожара осуществляется независимо от скорости и направления ветра, а в нижних покровах – во время дождя, снегопада. Пожаротушение на участках тор-

фяных полей затрудняется из-за возможности переброски горячей торфокрошки на значительные расстояния, в результате чего образуются новые очаги горения как по фронту, так и в тылу. По этой причине работающие на пожаре сотрудники МЧС могут быть отрезаны огнем и в условиях задымления слабо ориентироваться на местности [7].

Данные о количестве пожаров, произошедших на торфяных почвах и в лесах за 2005–2015 гг. в Республике Беларусь, приведены в табл. 2.

В табл. 3 представлена среднегодовая температура воздуха в Беларуси за 2005–2017 гг.

Анализ табл. 3 показывает, что самой высокой среднегодовой температурой воздуха характеризовался 2015 год – 8,5 °С. Затем по убывающей линии среди высоких температур воздуха идут года: 2008 г. – 8,0 °С, 2007 и 2014 – 7,8 °С, 2011 и 2013 – 7,5 °С, 2005, 2006 и 2012 гг. – 6,8 °С.

По литературным источникам, именно в 2015 г. средняя годовая температура воздуха была на 2,7 °С выше климатической нормы и оказалась самой высокой за весь период инструментальных наблюдений, начиная с 1881 г. [10].

При этом, исходя из табл. 4, среднегодовое количество осадков в Республике Беларусь было минимальным в 2015 г. и составило 540 мм. В 2008 г. количество выпавших осадков составило 689 мм, а в 2007 и 2014 гг. – соответственно 635 и 567 мм, в 2011 и 2013 гг. – 583 и 671 мм, 2005 и 2006 гг. – 649 и 635 мм.

Таблица 2 – Количество пожаров на торфяных почвах и в лесах [8]

Год	Количество пожаров
2005	1114
2006	3252
2007	1079
2008	673
2009	1485
2010	607
2011	433
2012	544
2013	272
2014	687
2015	1218



Таблица 3 – Среднегодовая температура воздуха по областям Республики Беларусь и г. Минску [9]

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Среднегодовая температура, °С</b>													
Республика Беларусь	6,8	6,8	7,8	8,0	7,0	6,9	7,5	6,8	7,5	7,8	8,5	7,7	7,6
Области и г. Минск:													
Брестская	7,5	7,5	8,5	8,6	7,8	7,4	8,2	7,6	8,2	8,5	9,3	8,5	8,3
Витебская	6,1	6,2	6,9	7,3	6,3	6,2	7,0	6,0	6,8	7,1	7,8	6,9	6,8
Гомельская	7,4	7,2	8,4	8,6	7,7	7,8	8,0	7,4	8,3	8,4	9,2	8,3	8,2
Гродненская	7,0	7,1	7,8	8,1	7,0	6,5	7,6	6,9	7,5	7,8	8,6	7,7	7,6
г. Минск	6,8	6,9	7,8	7,9	6,9	6,9	7,5	6,7	7,5	7,8	8,7	7,8	7,6
Минская	6,6	6,8	7,6	7,8	6,8	6,7	7,4	6,6	7,3	7,7	8,4	7,4	7,4
Могилевская	6,3	6,2	7,3	7,6	6,7	6,7	7,0	6,2	7,1	7,2	8,1	7,2	7,1

Таблица 4 – Среднегодовое количество осадков по областям Республики Беларусь и г. Минску [11]

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
<b>Среднегодовое количество осадков, мм</b>													
Республика Беларусь	649	645	635	689	811	728	583	757	671	567	540	742	765
Области и г. Минск													
Брестская	572	583	635	685	756	742	560	647	712	548	518	743	715
Витебская	668	720	639	732	752	770	657	785	670	622	571	741	824
Гомельская	637	703	589	708	637	624	704	844	660	533	520	720	712
Гродненская	713	620	638	710	773	769	583	672	675	589	569	786	797
г. Минск	766	728	586	684	899	820	631	839	677	604	563	756	788
Минская	695	663	585	691	805	788	579	766	657	582	574	778	806
Могилевская	649	601	657	643	828	651	574	830	650	523	499	671	730

То есть, анализируя данные табл. 3 и 4, можно говорить о тенденции влияния атмосферных осадков, температуры воздуха на частоту возникновения торфяных пожаров: с уменьшением выпадения атмосферных осадков или с увеличением температуры воз-

духа возрастает и количество пожаров. При этом не надо забывать, что человеческий фактор – небрежно брошенный окурок, оставленная зажженная спичка, несанкционированное сжигание палов сухой травы дачниками, работниками сельскохозяйственных организа-

ций – в полной мере участвует в возникновении торфяных пожаров.

После пожаров торфяные почвы претерпевают как физико-химические (зольность, степень разложения, влажность), так и агрохимические (содержание подвижных форм  $K_2O$ ,  $P_2O_5$ , доступного азота) изменения. Их плодородие изменяется. Процессы потерь питательных веществ из почв во время и после пожаров можно разделить на пять групп:

- окисление веществ почвы до газообразных форм;
- испарение (возгонка) веществ почвы;
- распыление частиц пепла с потоками горячего воздуха и ветром;
- вымывание ионов из почвенных растворов после пожара;
- эрозию почв.

Отрицательные последствия пожаров на торфяных почвах проявляются также в следующем:

- в травостое уменьшается количество ценных в кормовом отношении трав;
- в травостое начинают доминировать сорные растения;
- нарушается корневая система растений путем вымерзания (обугливание поверхности почвы приводит к увеличению амплитуды ее температур);
- исчезают поверхностно коренящиеся травы за счет ветровой эрозии, ведущей к более легкому выносу мелкозема, пепла и углистых частиц;
- слабее задерживается снег, и меньше влаги попадает в почву;
- повышается pH почвенного раствора.

Известно, что торфяные почвы являются крупнейшими хранилищами земного органического углерода. Установлено, что в разных по ботаническому составу торфяных почвах выделение углекислого газа, характеризующее процесс трансформации органического вещества, изменяется согласно результатам исследования от 5,5 до 540 мг  $CO_2/m^2 \cdot час$  [12]. При этом в экстремально теплые периоды интенсивность выделения углекислого газа увеличивается до максимальных значений. В Республике Беларусь ежегодная эмиссия углекислого газа из осушенных, но неиспользуемых выработанных торфяников составляет до 24 т/га в год, что в 1,6–2,7 раза больше, чем

при возделывании зерновых культур и многолетних трав. Это объясняется тем, что на выработанных торфяных почвах происходит очень незначительное восполнение органического вещества из-за слабого развития растительного покрова [13–15]. В настоящее время с каж-дым годом средняя температура воздуха у поверхности Земли увеличивается на 0,2 °С. Это так называемый парниковый эффект, вызванный повышенным содержанием углекислого газа в атмосфере. Углекислый газ, подобно стеклу парника, пропускает лучистую энергию Солнца к поверхности Земли, но задерживает исходящие от Земли инфракрасные (тепловые) лучи и в результате создает тепличный (парниковый) эффект [16]. В условиях торфяных пожаров горючие материалы торфа полностью не сгорают. Из-за этого в результате химических реакций, кроме углекислого газа, образуются такие вещества, как метан, водород, оксиды азота, диоксид серы, органические соединения (аммиак, формальдегид, фенолы, бензопирен, альдегиды, диоксины), сажа и дым. Данные соединения входят в состав атмосферы и определяют химические процессы в ее верхних слоях. Ухудшение экологической обстановки на территории, подверженной торфяным пожарам, наиболее опасно для детей и людей, страдающих дыхательными заболеваниями. На радиоактивно загрязненной территории, а также территории сопредельных государств возможно еще и вторичное загрязнение территории радионуклидами. Кроме этого, существует вероятность радиационного облучения, в первую очередь пожарных, а также другого контингента лиц, попавших в область прохождения аэрозольного радиоактивно облака.

Потери от пожаров на торфяных почвах наносят большой экономический и экологический ущерб Республике Беларусь, т. к. выводят из оборота земли на длительные сроки, что не позволяет производить на них сельскохозяйственную продукцию в нужном количестве и соответствующего качества.

Под экономическим ущербом от пожаров на торфяных почвах понимаются выраженные в стоимостной форме прямые потери, упущенная выгода землевладельцев, землепользователей и собственников земли, затраты на

ликвидацию последствий от пожаров и экологический ущерб [17].

К прямым потерям относятся стоимость поврежденных или уничтоженных основных и оборотных фондов, готовой продукции предприятий и организаций и затраты под урожай будущего года (например, здания, сооружения, мелиоративная сеть с построенными сооружениями, подъездные пути, машины и оборудование, транспортные средства, горюче-смазочные и строительные материалы, запчасти, узлы, заготовленные торф и древесина, затраты на подсев сельскохозяйственных культур, семена и удобрения, закладку плантаций).

В общем виде прямые потери рассчитываются по формуле

$$U_{\text{пр}} = C_{\text{ioф}} + C_{\text{ioбф}} + \Gamma_{\text{пр}} + Z, \quad (1)$$

где  $U_{\text{пр}}$  – прямые потери, руб.;

$C_{\text{ioф}}$  – сумма основных фондов, уничтоженных (сгоревших) полностью или частично по данным бухгалтерского учета с учетом износа и переоценки, руб.;

$C_{\text{ioбф}}$  – сумма оборотных фондов, уничтоженных пожарами по данным бухгалтерского учета с учетом переоценки, руб.;

$\Gamma_{\text{пр}}$  – себестоимость готовой продукции, уничтоженной пожаром, руб.;

$Z$  – затраты под урожай будущего года (сельскохозяйственные затраты, затраты лесхозов).

Затраты на ликвидацию последствий от пожара включают расходы на расчистку, захоронение остатков, тушение пожара и рекультивацию земель.

Затраты на ликвидацию последствий пожара рассчитываются по формуле

$$U_{\text{зтр}} = Z_{\text{туш}} + Z_{\text{рек.зем}}, \quad (2)$$

где  $U_{\text{зтр}}$  – затраты на ликвидацию последствий от пожара, руб.;

$Z_{\text{туш}}$  – затраты на тушение пожара, руб.;

$Z_{\text{рек.зем.}}$  – затраты на рекультивацию земель после пожара, включающие затраты на расчистку земель, захоронение остатков, посадку лесных насаждений, залужение или зарыбление, руб.

К упущенной выгоде относятся недополученный доход (прибыль) из-за неиспользования сгоревших (уничтоженных) основных фон-

дов, готовой продукции и затрат под урожай будущего года.

Упущенная выгода рассчитывается по формуле

$$Y_y = C_{\text{ioф}} \times R_o + (\Gamma_{\text{пр}} + Z) \times R_{\text{и}}, \quad (3)$$

где  $Y_y$  – упущенная выгода в результате уничтожения продукции, руб.;

$R_o$  – рентабельность основных фондов, %;

$R_{\text{и}}$  – рентабельность, рассчитанная по издержкам производства, %.

Ущерб от потери торфа при пожаре определяется в зависимости от характера его использования. На торфяниках, используемых после осушения в сельскохозяйственном производстве, ущерб будет складываться из оцененной в рублях сгоревшей массы торфа как природного ресурса и недобора урожая сельскохозяйственных культур на сгоревших площадях. В этом случае ущерб от пожара на торфяниках будет равен:

$$U_{\text{сх}} = 1000 \times F \times h \times Y \times C_y + F \times X \times C_{\text{сх}}, \quad (4)$$

где  $U_{\text{сх}}$  – ущерб от пожара на торфяниках, используемых в сельском хозяйстве, руб.;

$F$  – площадь сгоревших торфяников, га;

$h$  – средняя глубина сгоревшего торфа, м;

$Y$  – выход воздушно-сухого торфа при 40 % влажности (т/куб. м), определяемый по специальным таблицам при известных влажности и степени разложения сгоревшего торфа. Влажность и степень разложения торфа берутся из «Паспорта торфяного месторождения»;

$C_y$  – цена за одну тонну торфа, руб./т;

$X$  – урожай сельскохозяйственных культур, ц корм.ед. с одного гектара;

$C_{\text{сх}}$  – цена за ц корм.ед. сельскохозяйственной продукции, руб.;

10000 – переводной коэффициент гектар в кв.м.

Поскольку пожар приводит к безвозвратной потере торфяников как основы сельскохозяйственного производства, то ущерб в сельском хозяйстве должен считаться не за один год, а за все время, в течение которого не предоставится возможным производить сельскохозяйственную продукцию на сгоревших территориях. Как свидетельствуют данные опыта и практики, минимальный срок, в течение которого торфяники после пожара выбывают из оборота для проведения необходимого

комплекса работ по рекультивации и освоению земель, составляет не менее пяти лет. С учетом этого экономический ущерб на использовавшихся в сельском хозяйстве торфяниках будет равным:

$$Y_{\text{эсх}} = 5 \times (2000 \times h \times k \times Y \times C_y + X \times C_{\text{сх}}). \quad (5)$$

Водорегулирующая и водоохранная роль болот после пожара уменьшится. В связи с этим величина ущерба от пожара на торфяниках должна быть увеличена на поправочный коэффициент  $k$ , величина которого принимается равным 1,05 при сгорании торфа на глубину до 25 см и 1,5 – при сгорании торфа на глубину 100 см и больше. При сгорании торфа на глубину 26–100 см коэффициент  $k$  принимается по интерполяции.

$$Y_{\text{эсх}} = 5 \times F \times (2000 \times h \times k \times Y \times C_y + X \times C_{\text{ох}}), \quad (6)$$

Суммарная величина ущерба на площадях, используемых в сельском хозяйстве будет равна:

$$Y_{\text{сх}} = Y_{\text{пр}} + Y_{\text{зтр}} + Y_y + Y_{\text{эсх}}. \quad (7)$$

На торфяниках, используемых для заготовки торфа на топливо или удобрение, экологический (природоохранный) ущерб от пожара определяется потерянными сгоревшей массой торфа, выраженной в рублях, с учетом водорегулирующей и водоохранной роли болот. Величину экологического ущерба в этом случае можно рассчитать по первому слагаемому формулы (6):

$$Y_{\text{эзт}} = 1000 \times k \times F \times h \times Y \times C_y, \quad (8)$$

где:  $Y_{\text{эзт}}$  – экологический ущерб на площадях, используемых для заготовки торфа.

Общая величина ущерба на используемых для заготовки торфа на удобрение или топливо площадях определяется:

$$Y_{\text{зт}} = Y_{\text{пр}} + Y_{\text{зтр}} + Y_y + Y_{\text{эзт}}, \quad (9)$$

т. е. суммой прямых потерь основных и оборотных фондов, затрат на ликвидацию последствий и тушение пожара, упущенной выгоды и экологического ущерба.

Оценка ущерба от пожаров на торфяниках, находящихся в естественном состоянии, будет включать экологическую (природоохранную) составляющую и затраты на ликвидацию последствий пожара. Экологический ущерб при этом должен учесть все виды природных

ресурсов, произраставших на этой площади. Ущерб на таких площадях включает прежде всего потерю торфа как природного ресурса. Для его оценки используется формула

$$Y_{\text{эес}} = 10000 \times k \times F \times h \times Y \times C_y, \quad (10)$$

где:  $Y_{\text{эес}}$  – экологический ущерб от потери торфа, находящегося в естественном состоянии.

Недревесные ресурсы на сгоревших торфяниках (клюква, черника, малина, голубика, грибы и др.) оцениваются на основе данных о запасах и по действующим ценам. Для этого используется формула

$$Y_{\text{энед}} = 5 \times \sum_j^m F_j \times X_j \times C_j, \quad (11)$$

где:  $Y_{\text{энед}}$  – ущерб от сгоревших недревесных ресурсов на торфяниках, руб.;

$F_j$  – площадь  $j$ -го недревесного ресурса, га;

$X_j$  – урожайность  $j$ -го недревесного ресурса, кг/га;

$C_j$  – цена (закупочная, сдаточная) за единицу недревесной продукции леса, руб./кг;

5 – срок в годах, в течение которых можно восстановить искусственным путем потерянные ресурсы после проведения необходимого комплекса работ по биологической рекультивации выгоревших торфяников.

Затраты на ликвидацию последствий и тушение пожара рассчитываются по формуле (2). Общий экологический ущерб от пожара на торфяниках, находившихся в естественном состоянии, рассчитывается по формуле

$$Y_{\text{эес}} = 10\,000 \times j \times F \times h \times Y \times C_y + 5 \times \sum_j^m F_j \times X_j \times C_j. \quad (12)$$

При любом использовании торфяников величина ущерба дополняется ущербом от загрязнения атмосферы массой выбросов вредных веществ с учетом их агрессивности. Его величина рассчитывается по формуле

$$Y_{\text{в}} = K \times I \times G \times f \times \sum_j^m A_j \times F + h \times Y \times b_j, \quad (13)$$

где:  $K$  – коэффициент, значение которого равно 24 руб./усл. т;

$I$  – индекс (дефлятор) цен по отношению к уровню 1986 г.;

$G$  – коэффициент, учитывающий характер загрязняемой территории;



$f$  – поправка на характер рассеивания примеси в атмосфере для пожаров на торфяниках, равная 1,0

$i...m$  – перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при пожаре на торфяниках;

$A_i$  – относительная агрессивность  $i$ -го загрязняющего вещества.

$b_i$  – удельный выброс  $i$ -го загрязняющего вещества, выбрасываемого в атмосферу при пожаре на торфяниках, кг/т.

Общая сумма ущерба от пожара на торфяниках будет складываться из прямых потерь в виде уничтоженных пожаром основных и оборотных фондов, готовой продукции и затрат под урожай будущего года ( $Y_{пр}$ ); дополнительных затрат на ликвидацию последствий пожара ( $Y_{зтр}$ ); упущенной выгоды ( $Y_v$ ); экологического ущерба в зависимости от характера использования торфяника ( $Y_{эсх}$ ;  $Y_{эст}$ ;  $Y_{эес}$ ), а также из ущерба, наносимого народному хозяйству загрязнением окружающей среды выбросами вредных веществ при пожарах на торфяниках. В общем виде это можно выразить следующей формулой:

$$Y = Y_{пр} + Y_v + Y_{зтр} + (Y_{эсх} \times Y_{эст} \times Y_{эес}) + Y_z, \quad (14)$$

На торфяниках, находящихся в естественном состоянии и имеющих научное, историческое или особое защитное значение, заповедниках и заказниках к общей сумме ущерба от пожаров на торфяниках применяется коэффициент 2 [17].

При этом затраты на тушение пожаров на торфяных почвах составляют около 20 % от суммы общего ущерба. Однако, если не принимать мер по локализации и ликвидации данных пожаров, ущерб увеличивается в разы за счет распространения огня на соседние торфяники и расположенные поблизости населенные пункты, что также может сопровождаться человеческими жертвами.

С целью поиска альтернативных способов тушения торфяных пожаров по отношению к традиционным белорусским способам был произведен обзорно-аналитический анализ литературных источников, который показал, что на территории Российской Федерации на данный момент применяются несколько

новых способов тушения и/или предотвращения распространения торфяного пожара.

1. Способ, основанный на использовании сверхпоглощающих полимеров, включает следующие этапы: выкапывание канавы по периметру участка возникшего или вероятного пожара и заполнение этой канавы сверхпоглощающими (со)полимерами (СПП). При этом для полного или частичного набухания полимер постоянно обрабатывают водой в последовательных резервуарах или специальном центре и перевозят автоцистерной к месту засыпания. После этого его засыпают в канаву. Сверхпоглощающие полимеры хорошо известны в области тонкого органического синтеза. Их обычная форма – порошок. В основе их структуры лежит трехмерная сетка, аналогичная совокупности небольших лунок, каждая из которых подвержена деформации и поглощению воды. Благодаря этому они способны абсорбировать огромные количества воды и за счет этого набухать. Исходя из вышеописанного, основной характеристикой этих полимеров является высокая способность к набуханию в водных средах. Они могут абсорбировать и удерживать огромные количества воды – более чем в 100 раз превышающие их по массе. Они нашли широкое применение в сельском хозяйстве для удержания воды в почве, в гигиенических средствах для младенцев для впитывания мочи и других областях. Выявлено, например, что сшитые полиакриламидные сверхпоглощающие (со)полимеры поглощают объем воды в 100–250 раз больше собственного в зависимости от содержания солей. Поэтому они являются чрезвычайно эффективными теплоизоляторами.

В первом варианте СПП должны частично или полностью набухнуть, т. е. перед заполнением канавы их предварительно смешивают с водой, которую они абсорбируют. Во втором варианте СПП не обрабатывают предварительно водой, а заполняют канаву ими и водой по отдельности. Таким образом, канаву заливают водой до или после засыпания в нее СПП, в результате чего полимеры частично или полностью набухают уже в канаве. При небольшой глубине канавы (1 м) и малой рыхлости ее стенок полимер можно

поместить на дно и залить водой. В этом случае предпочтительны более крупные частицы (но менее 4 мм), обеспечивающие лучшее распределение воды и при этом достаточно долгое время набухания [18].

2. Способ, основанный на обеспечении профилактической локализации возможных очагов возгорания и повышении оперативности подавления действующих очагов путем быстрого их оконтуривания стенками-завесами из негорючего материала, обладающего свойством переходить из текучего состояния в неподвижное. Технический результат достигается тем, что перед прокладкой траншей по их линии определяют уровень критической влажности торфяника или лигнина путем глубинного зондирования. Производят одновременно прокладку траншей и заполнение их негорючим материалом. При этом траншеи прокладывают в виде щели глубиной до уровня критической влажности с формированием невозгораемой стенки-завесы из подаваемого в них негорючего материала, в качестве которого используют текучий гелеобразный слаботвердеющий раствор. Определение уровня критической влажности торфяника или лигнина проводят с шагом, обусловленным удаленностью от очага возгорания. Кроме того, щелевидные траншеи прокладывают с помощью кабелеукладчика и в качестве гелеобразного слаботвердеющего раствора используют раствор, составленный из минеральных компонентов на основе глины, цемента с добавкой структурообразователя.

3. Способ, основанный на применении быстротвердеющей пены для локализации очагов горения торфяных пожаров. Применение новой быстротвердеющей пены для локализации очагов горения торфяных пожаров позволяет создать негорючий затвердевающий при заполнении вертикальной завесы в виде полой щели материал, обладающий повышенной огнестойкостью.

4. Способ, основанный на использовании выхлопных газов в качестве завесы для предотвращения распространения пожара. Сущ-

ность указанного способа заключается в том, что, продвигаясь по намеченной трассе, пожарный агрегат дисковой фрезой прорезает в толще торфяного пласта узкую (шириной 80–100 мм) заградительную щель. При этом по гибкому рукаву, один конец которого подсоединен к выхлопной трубе агрегата, а другой – протягивается по дну щели, в ее полость подаются выхлопные газы от работающего двигателя. Поскольку эти газы тяжелее воздуха, они вытесняют его из полости щели, полностью заполняя собой весь ее объем. Одновременно из емкостей, установленных на агрегате, к его пеногенератору поступают пенообразующие компоненты, в качестве которых используют легко растворимые в воде карбомиднофенольные смолы и пенообразователи. В результате на выходе пеногенератора образуется поток огнестойкой пены, который в виде валика, более широкого, чем щель, наносится на поверхность торфяного пласта, закрывая сверху полость щели. Так как объемный вес пены незначителен, а ширина щели невелика, пена не проваливается вглубь, а лишь смыкает кромки щели, зависая над ней, что подтверждено опытным путем. В дальнейшем пена затвердевает и приобретает механическую прочность, что предотвращает вероятность разгерметизации замкнутого пространства, которое представляет собой полость щели после прохода агрегата. Выхлопные газы, проникая в пористые стенки щели, способны остановить горение раньше, чем оно дойдет до ее внутренней, обращенной к пожару, стенке. Заградительная щель, созданная по данному способу и полностью заполненная практически бескислородной средой, способна сдерживать продвижение торфяного пожара более эффективно, чем щель, заполненная пеной, поскольку в пузырьках пены содержится значительное количество кислорода. Вместе с тем способ обеспечивает резкое сокращение расхода пенообразующих компонентов, т. к. объем пенного валика в несколько раз меньше объема полости заградительной щели [19].

### Заключение

Итак, на фоне более частых и длительных по времени засушливых явлений заметным фактором деградации торфяных почв становятся торфяные пожары. Торфяной пожар – неконтролируемое горение осушенных торфяных почв. В будущем, при непринятии своевременных мер относительно возникающих торфяных пожаров, есть угроза быстрого роста экологического и экономического ущерба в результате засух и засушливых явлений,

что может отразиться на устойчивом развитии Республики Беларусь [20].

Описанные в статье новые способы тушения торфяных пожаров на территории Республики Беларусь не применяются, поэтому требуют более детального изучения со стороны наших исследователей для дальнейшего их внедрения при ликвидации и локализации пожаров на почвах данного типа.

### Библиографический список

1. Лихацевич, А. П. Мелиорация земель в Беларуси / А. П. Лихацевич, А. С. Мееровский, Н. К. Вахонин. – Минск : БелНИИМил, 2001. – 308 с.
2. Справочное руководство по ликвидации лесных и торфяных пожаров / сост. А. М. Сегодняк [и др.]. – Гродно : Гродненское областное управление МЧС Республики Беларусь, 2012. – 160 с.
3. Рекомендации по оптимизации структуры посевных площадей в сельскохозяйственных организациях с высоким удельным весом торфяных почв, загрязненных радионуклидами / Е. Г. Сарасеко [и др.]. – Гомель: Институт радиологии, 2011. – 38 с.
4. Развитие исследований в области генезиса и использования болот и торфяных месторождений республики Беларусь / Н. Н. Бамбалов [и др.] // Природные ресурсы. – 1999. – № 1. – С. 14-23.
5. Реймерс, Н. Ф. Охрана природы и окружающей человека среды / Н. Ф. Реймерс. – М. : Просвещение, 1992. – 320 с.
6. Сегодняк, А. М. Справочное руководство по ликвидации лесных и торфяных пожаров / А. М. Сегодняк. – Гродно : Гродненское областное управление МЧС Республики Беларусь, 2012. – 40 с.
7. Сарасеко, Е. Г. Чем опасен торфяной пожар? / Е. Г. Сарасеко, В. Ф. Тимошков // Повышение плодородия почв и применение удобрений: материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 110-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Беларуси, члена-корреспондента АН БССР, д-ра с.-х. наук, профессора Иванова С. Н. и 100-летию со дня рождения Героя Социалистического Труда, заслуженного деятеля науки Беларуси, академика ВАСХНИЛ, д-ра с.-х. наук, профессора Кулаковской Т. Н., Минск, 14 февр. 2019 г. / редколл.: В. В. Лапа [и др.] ; НАН Беларуси, РУП «Ин-т почвоведения и агрохимии», науч.-практ. центр НАН Беларуси по земледелию. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019. – С. 92-93.
8. Интернет портал Национального статистического комитета Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 11.03.2016.
9. Изменение климата. Температура воздуха. Национальный статистический центр Республики Беларусь. Официальная статистика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/b-izmenenie-klimata/v-1-temperatura-vozduha/> – Дата доступа: 18.01.2019.
10. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь / В. Мельник, В. Яцухно, Н. Денисов, Л. Николаева, М. Фалолеева. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.minpriroda.gov.by/uploads/files/Agroklimaticheskoe-zonirovanie-Respubliki-Belarus.pdf>. – Дата доступа: 09.01.2019.

11. Изменение климата. Атмосферные осадки. Национальный статистический центр Республики Беларусь. Официальная статистика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.belstat.gov.by/ofitsialnaya-statistika/makroekonomika-i-okruzhayushchaya-sreda/okruzhayushchaya-sreda/sovместnaya-sistema-ekologicheskoi-informatsii2/b-izmenenie-klimata/v-2-atmosfernye-osadki/>. – Дата доступа: 18.01.2019.
12. Выработанные торфяные месторождения, их характеристика и функционирование / Л. И. Инишева [и др.]. – Томск: Издательство Томского государственного педагогического университета, 2007. – 185 с.
13. Бамбалов, Н. Н. Баланс органического вещества торфяных почв и методы его изучения / Н. Н. Бамбалов. – Минск: Наука и техника, 1984. – 175 с.
14. Ракович, В. А. Особенности функционирования выработанных торфяных месторождений в биосфере / В. А. Ракович, Н. Н. Бамбалов // Природопользование. – Минск, 1996. – Вып. 1. – С. 158-163.
15. Ракович, В. А. Влияние болот на формирование парниковых газов (на примере Беларуси) / В. А. Ракович, Н. Н. Бамбалов // Болота и биосфера: материалы Третьей научной школы, Томск, 3–16 сент. 2004 г. – Томск: Издательство ЦНТИ, 2004. – С. 137-146.
16. Родькин, О. И. Охрана окружающей среды / О. И. Родькин, В. Н. Копица. – Минск: Беларусь, 2010. – 166 с.
17. Об утверждении методических рекомендаций [Электронный ресурс] : приказ Мин. прир. ресурсов и охраны окружающей среды Респ. Беларусь, 22 июля 1996 г. № 166. / БелНИЦ «Экология», 1995. – Режим доступа: <http://zoneby.net/legal/n77docs/zk77273i/stranica3.htm>. – Дата доступа: 15.04.2016.
18. Процедуры тушения и/или предотвращения распространения торфяных пожаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://findpatent.ru/patent/257/2574983.html>. – Дата доступа: 09.09.2019.
19. Способ локального тушения торфяных пожаров и быстротвердеющая пена для локализации очагов горения торфяных пожаров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://edrid.ru/rid/218.016.3271.html>. – Дата доступа: 09.09.2019.
20. Агроклиматическое зонирование территории Беларуси с учетом изменения климата в рамках разработки национальной стратегии адаптации сельского хозяйства к изменению климата в Республике Беларусь // Выполнение работ по проекту СЕЕF2016-071-BL в рамках Службы предоставления экспертных услуг. – Минск : Женева, 2017. – 84 с.

Поступила 11.10.2019