

ПОЖАРНАЯ ЭМИССИЯ ПОЛЛЮТАНТОВ НА ЮГЕ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА РОССИИ

Р.М. Коган

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,
e-mail: koganrm@mail.ru

Исследована эмиссия поллютантов при пожарах растительности на территории Среднего Приамурья; показано ее влияние на экологическое состояние и физические свойства атмосферы.

Ключевые слова: пожары, растительность, эмиссия, поллютанты, атмосфера.

Введение

Пожары растительности во многом определяют локальную, региональную и даже глобальную экодинамику, поскольку оказывают многовариантное воздействие на компоненты геосистем различного уровня. Основным из них является поступление в атмосферу химически и оптически активных газовых компонентов, проявляющих значительное и специфическое влияние на химические процессы и перенос излучения в атмосфере, на трансформацию структуры, состава и динамики лесообразующих пород, подлеска, травяного яруса и подстилки, изменение экологических функций фитоценозов, заключающиеся в охране природных вод от загрязнения, образование кислорода и поглощение углекислого газа, предотвращение смыва и закрепление склонов поверхностных водотоков, улучшение водного режима, создание микро- и мезоклиматов ландшафтов, трансформацию химического и механического состава, водного и микробиологического режимов, теплофизических свойств и дыхания, уменьшение эрозии и дефляции почв [24, 26]. Горение биомассы является источником многих газов, но в основном исследуют эмиссию твердых веществ и парниковых газов: CO_2 , CO , CH_4 , неметановых летучих органических соединений, оксидов азота (N_2O , NO_x), и некоторых других газов с высоким радиационным эффектом, таких как молекулярный азот (N_2), аммоний (NH_3), метилхлорид (CH_3Cl), метилбромид (CH_2Br), некоторые соединения серы (в основном SO_2), твердые частицы (в том числе органический и элементный углерод).

Непосредственными источниками выбросов разнообразных химических соединений вследствие лесных пожаров являются первичные процессы образования нагретых газообразных и дисперсных продуктов во время сгорания биомассы (целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина и т.п.) и медленного освобождения углерода в результате разложения органического вещества на горелниках, а также вторичные процессы коагуляции, конденсации, хемосорбции-десорбции, термокрекинга и термоконденсации органических соединений. Содержание элементов в аэрозолях зависит от вида растительных горючих материалов (ГМ); так для растительности бореальных лесов Сибири экспериментально установлено, что наиболее обогащенными К, Са, Мп являются мох, ба-

гульник, черника, листья и веточки брусники; наибольшее содержание Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Ga, Cu, Br, Sr, Zr и Pb наблюдается в подстилке; концентрация Ba выше в 3–10 раз в багульнике по сравнению с остальными видами ГМ; содержание других элементов в исследуемых субстратах достаточно близко между собой. Сравнение данных, полученных авторами для мхов и некоторых растений из других экосистем, указывает на некоторое сходство их минерального состава [8, 11, 12].

Следует принимать во внимание термодеструкцию органических (гумусных) веществ при высокотемпературном прогреве лесной почвы; образующиеся при этом аэрозольные частицы будут в большей степени минерализованными, чем исходная лесная почва [12]. Часть аэрозольной эмиссии минерального происхождения связана с запыленностью поверхности лесных растений, которая может накапливаться в течение длительного времени до возникновения лесного пожара, причем особенно интенсивно в засушливый период; по дисперсному и химическому составу пыль может отличаться от исходной почвы, и при сгорании растений эти минеральные пылинки также попадают в атмосферу [11].

Таким образом, суммарная «пожарная» аэрозольная эмиссия является смесью частиц как минерального, так и органического происхождения, и она может существенно отличаться по концентрации, дисперсному и химическому составу от обычных атмосферных аэрозолей [11].

Объем выбросов в атмосферу зависит от массы сгоревшего органического вещества, его химического состава, условий воспламенения и распространения огня, типа и интенсивности пожара [1, 9].

Методы расчета выбросов поллютантов можно разбить на две группы: определение валового и текущего объемов. Для каждого из них необходимы данные о количестве сгоревших ГМ, удельных коэффициентах эмиссий на единицу их массы (Ка); для второго требуются дополнительные сведения о скорости распространения пожара, теплофизических характеристиках крошки, температурно-влажностных параметрах атмосферы.

Для определения общей эмиссии загрязнителей, поступивших в атмосферу за определенный промежуток времени, например, за пожароопасный сезон, исполь-

зуются методики, отличающиеся набором исходных данных, коэффициентами и допущениями. Например, предложена формула $M_i = 10^{-3} V_j c_j q_i$, где: M_i – масса i -того компонента газовой смеси, кг/т сгоревшего ГМ, V_j – объем сгоревших ГМ; c_j – плотность ГМ; q_i – удельный показатель выбросов с учетом следующих допущений: при низовых пожарах сгорает в среднем 8–10 т/га; при верховых – потери биомассы составляют 70 % от количества древесины; при подземных лесных пожарах массу выгоревшего органического вещества (без древостоя) принимают за 100 т/га; потеря углерода составляет 0,27 частей от объема сгоревшего леса [15]. Количество метана (CH_4), оксидов углерода (II) (CO), азота (II и IV) (NO и NO_2) в зависимости от освобожденного углерода можно рассчитать как: $Q_{CH_4} = A * B * 16 / 12$; $Q_{CO} = A * B * 28 / 12$; $Q_{N_2O} = A * B * D * 44 / 28$; $Q_{NOx} = A * B * D * 46 / 14$, где Q – масса выброса; A – освобожденный углерод; B – пропорция выбросов; D – отношение N/C [10]. Зейлером и Крутценом описан метод расчета количества поллютантов при пожарах растительности: $E_x = V A_{ij} F_{ij} C C_i (EF_x)_{ij}$, где: E_x – пирогенная эмиссия соединения, A_{ij} – площадь горельника ($км^2$), F_{ij} – запас горючих материалов ($кг/км^2$), $C C_i$ – полнота сгорания материалов, $(EF_x)_{ij}$ – эмиссионный фактор ($г/кг$), x – соединение, для которого ведется расчет [25]. На его основе проведен анализ пожарной эмиссии на юге Африки с использованием характеристик растительности данного региона [23]. Формула была модифицирована для расчета эмиссии поллютантов на основе данных спутниковых систем [19]. По ней количество сгоревшего органического вещества DF_i (в единицах массы углерода) определяется как произведение общей пройденной огнем площади на вероятность типа пожара, количество горючих материалов, долю сгораемой органики и процент содержания углерода в сухой растительной массе: $DF_i = V S_{ilkd} (FF)_{ilkq} C_{jilkq}^2_{ilkd}$, где S_{ilkq} – оценка площади пожара (га) земельного класса i (т.е. количество соседствующих пикселей с одинаковыми индикаторами) и типа пожара j , $(FF)_{ilkq}$ – количество горючего вещества (т/га в абсолютно сухом состоянии) вида q , C_{jilkq} – доля q горючих материалов, сгораемых во время пожара, и $г_{ilkd}$ – коэффициент пересчета сухой органической массы в углеродные единицы. Состав газовых и твердых продуктов горения оценивается при помощи эмиссионных факторов (emission factors), представленных в последней версии базы данных Andrea [20, 21].

Оценка эмиссии поллютантов на выгоревшей площади может быть проведена по формуле: $Q = K b C F$, где Q – эмиссия (фунт), $K b$ – коэффициенты эмиссии (фунт/тону), представленные в документах Американского агентства по защите окружающей среды, C – потребление топлива (тонн/акр), F – выгоревшая площадь (акр) [22].

Приказом Госкомэкологии РФ рекомендована методика расчета итоговых выбросов вредных веществ при распространении лесных пожаров [13] на основе данных о запасе лесных ГМ и их недожоге, типе пожара и выгоревшей площади. Масса выброса поллютанта a – сорта, возникающего при горении единицы площади растительного покрова, рассчитывается как: $ma = Ka(m_o - m_n)$, кг/м; где: K – коэффициент эмиссии, m_o и m_n – соответственно

массы исходного и несгоревшего ГМ в абсолютно сухом состоянии. Итоговый выброс массы a – компонента для любого типа лесного пожара следует определять по формуле: $Ma_i = S_i K_i Ka_i m_{30r}$, где: S_i – площадь лесной территории, пройденная огнем, K_i – полнота сгорания, индекс i , равный 1, соответствует параметрам низового лесного пожара; 2 – верхового лесного пожара; 3 – пожара на торфяниках.

При проведении расчетов актуальной проблемой является получение репрезентативных исходных данных, поскольку основным источником информации являются отчетные документы природоохранных организаций, направленные в первую очередь на определение экономического ущерба от уничтожения древостоя, и в них отсутствуют сведения, необходимые для количественного анализа экологических последствий пожаров, например, не указываются коэффициенты недожога, количество сгоревшей травяной растительности и опада и др. Кроме того, приводимая в них «лесная площадь, пройденная пожарами», по мнению многих исследователей, гораздо ниже фактических значений [2, 17].

Значительные неопределенности возникают при расчете массы сгоревших материалов на основе их объема, поскольку, во-первых, одновременно сгорает несколько видов ГМ с различной плотностью; во-вторых, в нормативных документах, которые заполняются на каждый пожар, приводится объем сгоревшей древесины, в то время как основными проводниками горения являются травянистые растения, кустарники, при основных видах пожаров древостой уничтожается не полностью, а сгорает в основном кора и мелкие ветви.

Проблемой является пересчет сгоревшей биомассы на абсолютно сухое вещество вследствие того, что ее влажность – это трудно измеряемая и рассчитываемая переменная величина, определяемая многими динамическими факторами. Решением может быть использование соответствующих экспериментально определенных коэффициентов с обоснованным интервалом их применения.

Коэффициенты эмиссии Ka поллютантов определены не для всех фитоценозов и условий их горения. В настоящее время они предложены для лесов и саванн Африки [23], лиственных и хвойных пород умеренных широт [3, 9, 22], некоторых типов пожаров и растений [6]; иногда используют усредненные значения [13]. Наиболее полный набор коэффициентов содержится в документах Американского агентства по защите окружающей среды [22].

Различие в методах оценки, в полноте и надежности используемых данных может привести к достаточно большому разбросу в оценке эмиссионных процессов, поэтому выбор методики зависит от поставленных задач. Например, для последующей оценки экономического ущерба от валового выброса загрязнителей при природно-антропогенных пожарах можно, на наш взгляд, применять методику, рекомендованную Роскомэкологией России [13] с использованием суммарных площадей пожаров и средних коэффициентов эмиссии по Andrea [20, 21].

Каждая из вышеперечисленных методик дает возможность с различной степенью достоверности рассчитать объем эмиссии, но не позволяет оценить ее влияние на экологическое состояние объектов окружающей среды, например, атмосферы, поскольку в них не учитываются различие в этоксикологических свойствах и степени воздействия эмитантов на физические свойства атмосферы. Поэтому в данной работе нами предпринята попытка не только провести количественный анализ эмиссии поллютантов при пожарах растительности, но и исследовать их влияние на экологическое и физическое состояние атмосферы на примере территории юга Дальнего Востока России.

Материалы и методики

Для расчетов использованы данные о лесных пожарах за 10-летний период (2000–2009 гг.) на территории филиалов ОГБУ «Лесничество ЕАО» в Еврейской автономной области (ЕАО) (табл. 1).

Масса сгоревших ГМ рассчитана по формуле:

$m_r = m_0 c K$ (1), где: m_0 – потеря горючего материала, м³, c – плотность ГМ, принята равной 0,8 кг/м³, K – коэффициент, учитывающий недожог, равен 20 % от массы сгоревшего материала.

Масса i – того поллютанта определена как: $M_i = m_r K_{\sigma}$ (2), или в % от количества образовавшегося оксида углерода (IV) (3) [13]. Используются средние значения коэффициентов эмиссии K_{σ} [20, 21], поскольку отсутствуют данные о видовом и химическом составе и плотности горючих материалов (табл. 2).

Реестр парниковых газов установлен согласно Приложению А к Киотскому протоколу; для определения их кумулятивного действия объемы выражены в единицах CO₂-эквивалента, т.е. умножены на коэффициенты глобального потепления (ПГП) со столетним коэффициентом осреднения [16].

Результаты и их обсуждение

ЕАО по общему лесопирологическому районированию РФ относится к Уссурийской области [18], по клима-

Т а б л и ц а 1

Сведения о пожарах в лесном фонде Еврейской автономной области (2000–2009 гг.)

Год	Количество пожаров	Площадь горельников, (лесная), га	Потеря древесины, м ³	Год	Количество пожаров	Площадь горельников, (лесная), га	Потеря древесины, м ³
Облученский филиал лесничества				Бирский филиал лесничества			
2000	12	75,5	87,0	2000	31	138,8	1191,0
2001	7	49,0	81,2	2001	39	1042,5	5059,5
2002	16	509,8	3726,0	2002	22	365,9	4111,0
2003	17	200,0	1247,0	2003	34	2437,7	20756,0
2004	5	43,5	81,0	2004	19	1691,0	10059,0
2005	1	20,0	7,5	2005	31	7857,5	995,0
2006	14	152,0	269,6	2006	18	1028,5	4988,5
2007	–	–	–	2007	18	693,0	4583,6
2008	10	500,0	7478,0	2008	10	217,0	1783,9
2009	26	1041,0	245674,0	2009	40	14269,0	136682,0
Ленинский филиал лесничества				Биробиджанский филиал лесничества			
2000	43	476,0	2089,5	2000	12	218,5	247,0
2001	51	3662,0	100,0	2001	43	1849,8	3871,0
2002	26	161,5	816,0	2002	22	145,9	404,2
2003	40	578,5	604,0	2003	46	1624,5	7330,0
2004	29	3912,0	19000,0	2004	36	3608,5	6914,7
2005	18	419,0	204,0	2005	19	290,0	1420,0
2006	26	730,0	1112,2	2006	26	395,0	2250,0
2007	42	516,5	759,2	2007	17	782,0	3744,8
2008	33	5958,6	4748,0	2008	16	5912,0	18023,9
2009	43	21414,1	8707,5	2009	42	12805,5	48234,9
Октябрьский филиал лесничества				Кульдурский филиал лесничества			
2000	6	428,5	325,0	2000	32	268,8	6730,0
2001	2	220,0	200,0	2001	16	207,5	3083,5
2002	2	54,0	212,0	2002	19	154,2	3334,0
2003	4	52,0	–	2003	28	878,0	9361,0
2004	2	110,0	–	2004	13	65,7	430,0
2005	3	14,0	50,0	2005	23	288,7	6346,0
2006	4	247,0	4109,0	2006	5	57,0	1621,0
2007	3	134,0	120,0	2007	4	7,0	390,0
2008	7	48,0	843,5	2008	5	147,0	783,0
2009	10	1005,0	3478,3	2009	19	13483,0	168508,0

Коэффициенты для расчета эмиссии поллютантов при пожарах растительности

Коэффициенты	CO ₂	CO	CH ₄	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Сажа	Альдегиды	Углеводороды
Эмиссии, Ка, г/кг сухого вещества	1572 ±126	106 ±36	4,8 ±1,8	3,41 ±1,92	0,26 ±0,07	1,63 ±1,26	1,40	1,5 % от CO ₂	1,7 % от CO ₂
Глобального потепления ПГП	1,0		21,0		310,0		140		

тическому – к Малохинганскому району Среднеамурской провинции муссонной лесной климатической области [14], по растительности – к подзонам средней тайги и широколиственных лесов, для которых характерны хвойные (еловые, елово-кедровые, елово-кедровые с пихтой, елово-лиственные, сосново-лиственничные,) кустарничково-мелкотравно-зеленомошные, зеленомошные леса с болотами и широколиственные дубравнотравные леса [4]. Растительный покров распределяется в соответствии с особенностями рельефа, климата, почвенных и гидрологических условий [10].

Облученский, Бирский филиалы лесничества расположены в горной местности на отрогах хребтов Малый Хинган, Сутарский, Гольцы, на юго-восточных отрогах Буреинского и в северо-западной части хребта Щуки-Поктой. Для первого из них наиболее характерны кедрово-широколиственные, лиственничные и лиственнично-белоберезовые леса. Горению подвержены в основном лиственнично-белоберезовые, белоберезовые, дубово-черноберезовые и лиственнично-белоберезовые леса, расположенные на горных склонах вдоль полевых, асфальтированных и грунтовых дорог, железнодорожных путей и речных долин. Во втором преобладают пихтово-еловые, белоберезовые, кедрово-широколиственные леса; пожары возникают преимущественно в кедрово-

широколиственных лесах и лиственнично-белоберезовых редколесьях с ерниковыми зарослями, но наиболее интенсивно выгорают подверженные вырубкам пихтово-еловые и кедрово-широколиственные леса в северной и южной частях территории.

В Ленинском, Биробиджанском и Октябрьском филиалах лесничества сочетаются равнинный (восточная часть Среднеамурской низменности) и горный рельефы (хребты Даур, Чурки и Помпеевский). В Ленинском и Биробиджанском филиалах преобладают белоберезовые леса, черноберезовые дубово-лиственничные редколесья в сочетании с ерником и ивовыми зарослями; в Октябрьском – пихтово-еловые и дубово-черноберезовые леса. Пожары в основном отмечаются в белоберезовых, дубово-черноберезовых и дубовых лесах, черноберезовых дубово-лиственничных редколесьях в сочетании с ерником и ивовыми зарослями, в осоково-вейниковых разнотравных лугах [5].

На территории лесного фонда в рассматриваемый период преимущественно происходили низовые, беглые пожары слабой интенсивности, наибольшее количество которых, а также сгоревшей древесины наблюдалось в 2003, 2004 и 2009 гг. в Облученском, Бирском и Кульдурском филиалах лесничеств (табл. 3).

Таблица 3

Количество сгоревшей древесины на территории филиалов лесхозов в Еврейской автономной области

Год	Филиалы лесничеств						Всего	
	1	2	3	4	5	6	м ³ *1000	т
	Объем сгоревшей древесины, м ³							
2000	87,0	325,0	1191,0	2089,5	247,0	6730,0	10,70	6,78
2001	81,2	200,0	5059,5	120,0	3871,0	3083,5	12,41	7,87
2002	3726,0	212,0	4111,0	816,0	404,2	3334,0	12,60	8,04
2003	1247,0	200,0	20756,0	604,0	7330,0	9361,9	39,50	2,53
2004	81,0	60,0	10059,0	19000,0	6914,7	430,0	36,55	23,40
2005	7,50	50,0	995,0	204,0	1420,0	6346,0	9,02	5,76
2006	269,6	4109,0	4988,5	1112,2	2250,0	1621,0	14,35	9,18
2007	–	120,0	4583,6	759,2	3744,8	390,0	9,60	5,84
2008	7478,0	843,5	1783,9	4748,0	18023,9	783,0	33,66	21,54
2009	245674,0	3478,3	136682,0	8707,5	48234,9	168508,0	61,13	23,40

Примечание: 1 – Облученский, 2 – Октябрьский, 3 – Бирский, 4 – Ленинский, 5 – Биробиджанский, 6 – Кульдурский филиалы лесничества

Объем эмиссии поллютантов в атмосферу при пожарах растительности
на территории Еврейской автономной области

Год	Объем поллютантов, т								
	CO ₂ ,	CO,	CH ₄ ,	NO _x	N ₂ O	NH ₃	Сажа	Альдегиды	Углеводороды
2000	10,65± 0,009	0,72± 0,024	0,032± 0,012	0,022± 0,014	0,018± 0,0001	0,011± 0,009	0,009	1,60	1,81
2001	21,5± 0,011	0,83± 0,028	0,037± 0,014	0,027± 0,016	0,021± 0,0002	0,012± 0,010	0,100	3,22	3,65
2002	19,81± 0,011	0,85± 0,029	0,040± 0,015	0,038± 0,016	0,021± 0,0002	0,013± 0,010	0,011	2,88	3,36
2003	6,30± 0,033	0,27± 0,009	0,012± 0,005	0,008± 0,005	0,007± 0,0007	0,004± 0,003	0,004	0,95	1,07
2004	36,78± 0,008	2,48± 0,084	0,11± 0,042	0,080± 0,047	0,061± 0,0006	0,038± 0,029	0,766	5,53	6,25
2005	9,05± 0,013	0,92± 0,020	0,027± 0,011	0,020± 0,012	0,024± 0,0002	0,093± 0,007	0,008	1,35	1,53
2006	14,43± 0,008	0,97± 0,033	0,044± 0,017	0,031± 0,018	0,015± 0,0001	0,014± 0,011	0,013	2,16	2,45
2007	9,20 ± 0,030	0,98± 0,021	0,030± 0,011	0,002± 0,012	0,006± 0,0005	0,009± 0,007	0,007	1,38	0,99
2008	33,86± 0,032	2,28± 0,078	0,103± 0,040	0,007± 0,043	0,015± 0,0001	0,035± 0,027	0,030	5,01	5,75
2009	36,78± 0,033	2,48± 0,084	0,112± 0,042	0,110± 0,047	0,061± 0,0006	0,052± 0,030	0,032	5,52	6,25

В суммарном объеме эмитантов (табл. 4) преобладают соединения IV класса этотоксикологической опасности (оксиды углерода II и IV, метан, аммиак), которые влияют на углеводородный, фосфорный, липидный, водно-солевой обмен; оказывают раздражающее действие. Наиболее токсичны оксиды азота и сажа, проявляющие наркотическую, гомолитическую, аллергенную и мутагенную активность, вызывающие патологию дыхательных путей, нервной системы, сердечной мышцы, желудочно-кишечного тракта [26].

Выбросы составляют не более 10 % от общего количества загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу на территории автономии. Но следует иметь в виду, что это кратковременные выбросы, происходящее на небольшой площади, и они могут привести к значительному увеличению концентрации токсичных соединений

в воздухе. Большинство пожаров в ЕАО происходит на расстоянии не многим более 10 км от населенных пунктов, и вполне вероятно влияние эмитантов на качество атмосферы урбанизированных территорий, поэтому актуальным является включение наблюдений за объемом и составом пожарной эмиссии в общую систему экологического мониторинга.

Кроме того, оксиды углерода (IV) и азота (I), метан и сажа относятся к «парниковым» газам и их кумулятивное воздействие на физические параметры атмосферы показано переводом объемов в единицы CO₂ эквивалента. Как видно из данных, приведенных в табл. 5, основной вклад вносят оксиды углерода (IV) и азота (I); они составляют 50,2–66,6 и 15,2–30,5 % соответственно, что согласуется с данными о том, что пожары растительности относятся к основным источникам несанкционированных и

Таблица 5

Объем эмиссии «парниковых» газов на территории Еврейской автономной области
в единицах CO₂ эквивалента

Поллютант	Массы выбросов, т									
	Год									
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
CO ₂	10,65 ±0,01	21,5 ±0,01	19,81 ±0,011	6,30 ±0,033	36,78 ±0,008	9,05 ±0,030	14,43 ±0,008	9,20 ±0,030	33,86 ±0,032	36,78 ±0,033
CH ₄	0,67± 0,25	0,80 ±0,03	0,84 ±0,12	0,25 ±0,01	2,31 ±0,11	0,57 ±0,02	0,65 ±0,15	0,63 ±0,12	2,16 ±0,09	2,53 ±0,08
N ₂ O	5,58± 0,03	6,51 ±0,02	6,52 ±0,02	2,17 ±0,06	18,20 ±0,18	7,44 ±0,06	4,65 ±0,03	1,86 ±0,15	4,65 ±0,03	18,20 ±0,18
Сажа	1,40	14,00	1,54	0,56	10,64	1,12	1,82	0,98	4,20	4,48
Всего	18,3 ±0,30	42,81 ±0,061	28,71 ±0,44	9,28 ±0,11	57,29 ±0,30	18,18 ±0,11	21,55 ±0,26	10,81 ±0,10	44,87 ±0,45	61,99 ±0,30

трудно контролируемых выбросов углекислого газа, а оксиды азота (I) при высокотемпературных процессах образуются в меньшей степени, чем при низких. Происходящее при пожарах уничтожение и последующая дигрессия растительности снижает фотосинтез, что эквивалентно дополнительной эмиссии оксида углерода в атмосферу.

Приведенные данные относятся к прямым пожарным эмиссиям, в которых не учтены объемы газообразных веществ, выделяющихся при сгорании опада, подстилки и при последующем разложении сгоревшей древесины.

Заключение

Анализ пожарной эмиссии твердых и газообразных соединений показал, что большая плотность пожаров растительности на юге Дальнего Востока России может нанести значительный экологический ущерб, и это требует принятия решений, направленных не только на улучшение противопожарного мониторинга, но и на проведение рекультивационных работ, которые позволят восстановить растительный покров и улучшить качество объектов окружающей среды вообще, и атмосферы в частности. Кроме того, необходимо учитывать количество поллютантов, поступающих в атмосферу, при расчетах ущерба при пожарах растительности при определении размеров штрафных санкций.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Болтнева Л. И., Быстрова В.И. Региональные особенности лесных пожаров в России и возможные экологические последствия // Использование и охрана лесных ресурсов в России. 2012. № 3. С. 30.
2. Вивичар А.В., Моисеенко К.Б., Панкратова Н.В. Оценка эмиссий оксида углерода от природных пожаров в Северной Евразии в приложении к задачам регионального атмосферного переноса и климата // Известия РАН. Физика атмосферы и океана. 2012. № 46(3). С. 317–320.
3. Выбросы парниковых газов при лесных пожарах. Национальный отчет о кадастре парниковых газов в Украине за 2003 год. Киев: Министерство ООПС, 2005. Т. 1. 71 с.
4. Геосистемы Дальнего Востока России на рубеже XX–XXI веков. Т. 1. Природные геосистемы их компоненты / отв. ред. С.С. Ганзей. Владивосток: Дальнаука, 2008. 428 с.
5. Дорошенко А.М., Коган Р.М. Анализ пространственного распространения лесных пожаров на территории Еврейской автономной области // Вестник Томского государственного университета. 2008. № 311. С. 172–177.
6. Иванов А.И., Макаров В.И. Расчет объема эмиссии при сгорании некоторых видов лесных горючих материалов // Оптика атмосферы и океана. 2005. Т. 15. С. 488–490.
7. Коган Р.М. Антропогенные загрязнители территории Еврейской автономной области. Владивосток: Дальнаука, 2001. 166 с.
8. Конев Э.В. Физические основы горения растительных материалов. Новосибирск: Наука, 1977. 237 с.
9. Кузнецов Г.В., Барановский Н.В. Прогноз возникновения лесных пожаров и их экологические последствия. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. 301 с.
10. Куренцова Г.Э. Очерк растительности Еврейской автономной области. Владивосток: ДВ книжн. изд-во, 1967. 63 с.
11. Куценогий К.П., Самсонов Ю.Н., Чуркина Т.В., Иванов А.В., Иванов В.А. Содержание микроэлементов в аэрозольной эмиссии при пожарах в бореальных лесах центральной Сибири // Оптика атмосферы и океана. 2003. Т. 16, № 5–6. С. 461–465.
12. Куценогий К.П., Чанкина О.В., Ковальская Г.А., Савченко Т.И., Иванов А.В., Тарасов П.А. Постпирогенные изменения элементного состава лесных горючих материалов и почв в сосновых лесах Средней Сибири // Сибирский экологический журнал. 2003. № 6. С. 735–742.
13. Методика определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров. Приказ Госкомэкологии России № 90 от 5 марта 1997 г.
14. Петров Е.С., Новороцкий В.Т. Леншин. Климат Хабаровского края и Еврейской автономной области. Владивосток: Дальнаука, 2000. 174 с.
15. Правила расчета выбросов при пожарах. Минск: МПР, 2007. 47 с.
16. Рабочая книга по инвентаризации парниковых газов. Пересмотренные Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов / под ред. Д.Т. Хоутона, Л.Г. Майра и др. М.: МГЭИК, 1996. 251 с.
17. Росстат 2012. Регионы России. Социально-экономические показатели 2012: статистический сборник. М.: Федеральная служба Гос. Статистики, 2012. 1000 с.
18. Софронов М.А., Волокитина А.В. Пирологическое районирование в таежной зоне. Новосибирск: Наука, 1990. 205 с.
19. Швиденко А.З., Щепашенко Д.Г., Ваганов Е.А., Сухинин А.И. и др. Эмиссии парниковых газов вследствие природных пожаров в России в 1998–2012 гг. // Охрана атмосферного воздуха. Атмосфера. 2012. № 1. С. 6–13.
20. Andreae M.O., Merlet P. Emission of trace gases and aerosols from biomass burning // Global Biogeochemical Cycles. 2001. N 15. P. 955–966.
21. D'Andrea M., Fiorucci P., Holmes T.P. A stochastic Forest Fire Model for future land cover scenarios assessment // Natural Hazards and Earth System Science. 2010. N 10. P. 2161–2167.
22. Dennis A., Fraser M., Anderson S., Allen D. Air pollutant emissions associated in forest, grassland and agricultural burning in Texas // Atmospheric Environment. 2002. V. 36, N 23. P. 3779–3792.
23. Korontzy S. Seasonal patterns in burning emissions from Southern African vegetation fires for the year 2000 // Global Change Biology. 2005. V. 11, N 10. P. 1689–1700.
24. Nobble I.R., Stayer R.O. The use of vital attributes to predict successional changes in plant communities subject to recurrent disturbances // Vegetatio. 1980. V. 43. P. 5–21.

25. Seller W., Crutzen P.J. Estimates of gross and net fluxes of carbon between the biosphere and the atmosphere from biomass burning // *Climate change*. 1980. N 2. P.207–247.
26. Valette J.-C., Gomendy V., Gillon D. Heat transfer in the soil during very low-intensity experimental fires-the role of duff and soil-moisture content // *International Journal of Wildland Fire*. 1994. V. 4, N 4. P. 225–237.

In the paper the author gives the results of research on the pollutants emission by vegetation fires in Middle Priamurie, revealing its influence on the atmosphere ecological condition and physical properties.

Key words: *fire, vegetation, emissions, pollutants, atmosphere.*