

УДК 504.064. 2

Канд. геогр. наук  
Канд. геогр. наукЛ. В. Лебедь<sup>1</sup>  
И. Б. Есеркепова<sup>1</sup>  
Н. К. Сулейменов<sup>2</sup>**ЛЕСНЫЕ И СТЕПНЫЕ ПОЖАРЫ В КАЗАХСТАНЕ КАК  
ИСТОЧНИКИ ВЫБРОСОВ ГАЗОВ И ТВЕРДЫХ ВЕЩЕСТВ В  
АТМОСФЕРУ**

**Ключевые слова:** природные экосистемы, стихийные пожары, выбросы в атмосферу, парниковые газы, загрязняющие вещества

*В статье содержатся результаты оценки количества выбросов парниковых газов и загрязняющих веществ в атмосферу от природных объектов, охваченных стихийными пожарами на территории Казахстана, в сравнении с национальными выбросами, выбросами стран Европы и мировыми данными.*

**Стихийные пожары, причины возгорания, взаимосвязь с погодой и климатом, охрана лесов.** Казахстан – степная страна с жарким, сухим климатом и лесов в ней сравнительно мало. Они достаточно разрежены и распределяются по территории чаще небольшими массивами. Лесистость территории составляла всего 4,74 %, при лесопокрытой площади 12903 тысяч га (2018 г.). Лес, в соответствии с Лесным кодексом Республики Казахстан (2003 г.), выполняет климаторегулирующие, средообразующие, поле- и почвозащитные, водоохранные и санитарно-гигиенические функции, служит зоной отдыха и восстановления здоровья для населения и, как особо охраняемые природные территории, является средой обитания редких видов флоры и фауны. В глобальном аспекте леса регулируют климат как абсорбент углекислого газа в атмосфере и обеспечивают жизнь на планете, являясь природным источником кислорода. Вместе с тем, лесные площади часто подвергаются пожарам, которые являются причиной дополнительных выбросов в атмосферу парниковых газов, а также химических и органических веществ – загрязнителей атмосферного воздуха.

<sup>1</sup> АО «Жасыл Даму» МЭГПР РК, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup> РГКП «Казахское лесостроительное предприятие», КЛХЖМ МЭГПР РК г. Алматы, Казахстан

Основной вклад в национальные выбросы вносят организованные стационарные источники: горнодобывающая, обрабатывающая промышленность, производство и распределение энергии, сельское хозяйство, коммунальные службы, а также транспорт. Лесные, также и степные пожары, относятся к неорганизованным (стихийным) источникам выбросов в атмосферу, которые происходят на протяжении относительно короткого периода времени и характеризуются значительной неопределенностью.

По сведениям Комитета лесного хозяйства и животного мира МЭГПР РК в стране ежегодно отмечается от 500 до 1315 случаев с лесными пожарами. За последние три десятилетия наиболее обширные лесные пожары приходились в РК на 1995..2007 годы. Максимальная площадь выгоревших лесов, в основном хвойных, отмечалась в 1997 году и составляла 182,5 тысяч га. В 2007 году пожарам подвергались леса на площади 67,4 тысяч га, в основном саксауловые. Из всех лесных пожаров около 90 % случаев приходилось на низовые пожары в лиственных лесах. В более редких случаях верховых пожаров чаще повреждались хвойные породы. Степные пожары распространяются в РК на значительные площади – до 848,78 тысяч га и более. За последнее десятилетие число случаев с лесными пожарами и площади выгорания заметно уменьшались за счет усиления в стране предупреждающих мероприятий. Минимальная величина выгоревшей лесопокрытой площади приходилась на 2016 год и составляла 0,275 тысяч га.

Первопричиной возникновения стихийных пожаров является человеческая деятельность, связанная с авариями техники и транспорта в процессе производственных работ и небрежным обращением с огнем, на долю которых в мире приходится 87 % всех наблюдаемых пожаров [9]. Значительно реже причиной пожаров является природный фактор – разряды молний во время грозы. В Казахстане по сведениям Успенского С.М. [8] на молнии приходится в среднем 20 % случаев с лесными пожарами, а в ленточных борах Прииртышья до 60...70 % случаев. Степень пожароопасности для лесных угодий, по исследованиям Муканова Б.И., Архипова В.А. и Каверина В.С. [3], зависит от природных особенностей местности: рельефа (горы, мелкосопочник, равнина), преобладающих пород деревьев (хвойные, лиственные, кустарниковые), пространственного распределения лесов (крупными или мелкими массивами, колками, полосами). По мнению исследователей, наиболее обширные пожары в Казахстане чаще всего случаются на крупных лесных массивах равнин

Приртышья, Приишимья и Притоболья, в горной местности Алтайского и Алатауского регионов.

Также площади пожаров, интенсивность горения и концентрация газов, выброшенных в нижние слои атмосферы в процессе сгорания органического вещества, зависят от климатических условий местности и погоды в теплый период года. По исследованиям Архипова Е.В, Кожаметова П.Ж. и Чередниченко А.В. [1], выявлена определенная зависимость между числом случаев с лесными пожарами и среднегодовой температурой воздуха, регистрируемой национальной сетью метеорологических станций. Вместе с тем, исследуемые ими зависимости числа случаев с пожарами от числа периодов с жаркой без дождя погодой, а также от количества гроз в теплый период года, оказались статистически не значимыми. Атмосферные осадки, по визуальным наблюдениям за стихийными пожарами авторов статьи, заметно сказываются на пожарах на стадии их тушения: в дождливую погоду эффективность противопожарных мероприятий возрастает.

В РК охрану лесов и ликвидацию пожаров на территории государственного и частного лесного фонда осуществляет РГКП «Казахская база авиационной охраны лесов и обслуживания лесного хозяйства» КЛХЖМ МЭГПР РК. Ликвидацию степных пожаров осуществляет АО «Казавиаспас» и наземные службы ДЧС Комитета по чрезвычайным ситуациям Министерства внутренних дел РК. В число предупреждающих мер входят систематические наблюдения за пожарами в пожароопасное время года с помощью авиации и наземного патрулирования, создание вспаханных защитных полос и противопожарных просек – разрывов, а также другие противопожарные меры. Основные варианты управления пожарами состоят из улучшения противопожарной защиты и технических средств тушения пожаров.

Экономический ущерб от лесных пожаров оценивается в стране до 532 млн. тенге в год, от степных пожаров – до 47 млн. тенге в год. Вместе с тем, экологический ущерб от стихийных пожаров в полной мере не оценивается. В процессе выгорания органического вещества в период пожаров, наряду с выбросами значительного количества водяного пара и углекислого газа ( $\text{CO}_2$ ), в атмосферу поступают и другие химические соединения, в том числе обладающие выраженным парниковым эффектом – метан ( $\text{CH}_4$ ), закись азота ( $\text{N}_2\text{O}$ ), газы – загрязнители атмосферного воздуха, включая продукты неполного сгорания ( $\text{CO}$ ,  $\text{NMLOS}$ ), соединения азота и серы ( $\text{NO}_x$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{SO}_x$ ) с косвенным парниковым эффектом, обеспечиваю-

щие, кроме прочего, бюджет тропосферного озона, а также мелкодисперсные твердые вещества – загрязнители воздуха (TSP, PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>, BC). Сведения о количестве выбросов в атмосферу от лесных и степных пожаров, регистрируемых на территории Казахстана, достаточно ограничены, что определяет актуальность настоящей публикации.

**Методологические подходы, используемая информация.** Расчеты, связанные с количественной оценки выбросов в атмосферу от стихийных лесных, а также от степных пожаров, выполнялись на национальном уровне, в соответствии с методикой оценки выбросов, представленной в Руководящих принципах национальных инвентаризаций парниковых газов МГЭИК, Том 3, Глава 4, СХЛХДВЗ, 2006 [6] и Руководстве по оценке эмиссии в атмосферу загрязняющих веществ ЕМЕР/ ЕЕА 2019, 2016 [9, 10]. Согласно [9], выбросы от стихийных пожаров оцениваются для лесных земель, а также природных лугов и земель с прочей низкорослой растительностью. Лес по критериям FAO, представляет «земли с деревянистым пологом, занимающим более 20 % площади, в основном с деревьями высотой более 7 м, которые могут использоваться для заготовки древесины». В РК лесные земли также включают саксауловый лес пустыни с деревьями – кустарниками, нередко достигающими высоты 7 м и более, кустарники высотой менее 7 м и древесно-кустарниковые насаждения. Под природными лугами в РК подразумеваются природные сенокосы и болотные угодья с крупнотравной растительностью [7]. Земли с прочей низкорослой растительностью включают природные пастбища, покрытые в основном травами и полукустарничками, часто залесенные и закустаренные, а также бывшие пахотные земли, выведенные из севооборота и зарастающие естественной растительностью.

В соответствии с Руководством [9], выбросы от лесных (степных) пожаров зависят в основном от трех факторов: продолжительности и интенсивности пожаров, общей площади их распространения, типа и количества сожженного топлива. Из этих факторов, обычно известная с достаточной точностью, является сожженная площадь. Пожар рассматривается как возмущение, охватывающее надземную биомассу растительности, которая, не полностью сгорая, приобретает смысл «доступного» для горения топлива [9]. Выбросы рассчитываются с использованием выражения:

$$E_x = A \cdot M \cdot C \cdot EF_x, \quad (1)$$

где  $E_x$  – количество выбросов соединения  $x$ , в тысяч тонн,  $A$  – сожженная площадь, в тысяч га,  $M$  – запас топлива, в тысяч тонн сухого органическо-

го вещества (с.о.в.), С – эффективность выгорания топлива, относительные единицы,  $EF_x$  – коэффициент выбросов соединения x на единицу сожженного топлива, тонна на тысячу тонн с. о. в. или тонна с. о. в. на тысячу тонн выбросов углерода.

Коэффициенты для расчета выбросов от лесных и степных пожаров заимствованы из источников [6, 9, 10] и обобщены в таблице 1.

Таблица 1

Коэффициенты  $EF_x$  для расчета выбросов от лесных и степных пожаров на территории РК

ЗВ	Лесные	Степные	Источник
CO <sub>2</sub>	1569 т / тыс. т. с.о.в.	1613 т / тыс. т. с.о.в.	РП МГЭИК, 2006; Р.ЕМЕР/ЕАОС, 2019
CO	230 т / тыс. т. CO <sub>2</sub>	65 т / тыс. т. с.о. в.	РП МГЭИК, 2006; Р. ЕМЕР/ ЕАОС, 2019
NO <sub>x</sub>	8,0 т / тыс. т. CO <sub>2</sub>	3,9 т / тыс. т. с.о. в.	РП МГЭИК, 2006; Р. ЕМЕР/ ЕАОС, 2019
NH <sub>3</sub>	1,8 т / тыс. т. CO <sub>2</sub>	1,8 т / тыс. т. CO <sub>2</sub>	Р. ЕМЕР/ ЕАОС, 2019
SO <sub>x</sub>	1,6 т / тыс. т. CO <sub>2</sub>	1,6 т / тыс. т. CO <sub>2</sub>	Р. ЕМЕР/ ЕАОС, 2019
НМЛОС	21 т / тыс. т. CO <sub>2</sub>	21 т / тыс. т. CO <sub>2</sub>	Р. ЕМЕР/ ЕАОС, 2019
TSP	17 т / тыс. т. с. о.в.	17 т / тыс. т. с.о. в.	Р.ЕМЕР/ЕАОС,2016, 2019
PM <sub>10</sub>	11 т / тыс. т. с.о. в.	11 т / тыс. т. с.о. в.	Р.ЕМЕР/ЕАОС,2016, 2019
PM <sub>2,5</sub>	9 т / тыс. т. с.о. в.	9 т / тыс. т. с.о. в.	Р.ЕМЕР/ЕАОС,2016, 2019
BC	9 % от PM <sub>2,5</sub>	9 % от PM <sub>2,5</sub>	Р.ЕМЕР/ЕАОС,2016, 2019

Количество доступного для горения топлива оценивалось из запаса органического вещества, заключенного в надземной живой и мертвой биомассе, а также в валежнике и подстилке [9, 10]. В том числе количество сухого органического вещества, заключенного в живой надземной биомассе  $M$  для лесных деревьев пород 1...n, в тоннах на га площади, получено авторами с использованием выражения:

$$\sum M_{1..n} = [(M_1 \cdot B_1 \cdot B_2 \cdot B_3 \cdot D_1) + \dots (M_n \cdot B_1 \cdot B_2 \cdot B_3 \cdot D_n)], \quad (2)$$

где  $M_1.. M_n$  – количество древесины на корню для n-ых групп пород деревьев, м<sup>3</sup>/га,  $B_1$  – коэффициент разрастания, безразмерная величина,  $B_2$  – доля надземной биомассы, безразмерная величина,  $B_3$  – доля листьев (хвои), безразмерная величина,  $D_n$  – удельная плотность древесины, тонн с. о. в. на м<sup>3</sup> древесины для n-ой породы (группы пород) деревьев.

Количество древесины на корню рассчитывалось как среднеего-летняя величина из объемов древесины за 1988...2013 гг., полученных по результатам периодического учета лесов в РК. Коэффициент разрастания

$B_1$  и плотность древесины  $D_n$  для лесных деревьев оценивались на базе экспериментальных данных из источника [5] и других сведений (табл. 2).

Таблица 2

Коэффициент разрастания биомассы и удельная плотность древесины по породам лесных деревьев в РК

Порода деревьев	Коэффициент разрастания		Удельная плотность древесины, тонн с.в. на м <sup>3</sup>
	молодняк	приспевающие	
Хвойные	1,22	1,41	0,504
Мягколиственные	1,28	1,39	0,597
Твердолиственные	1,29	1,55	0,711
Саксаульники	1,54	1,54	0,711
Прочие деревья	1,28	1,39	0,554
Кустарники	1,18	1,42	0,384

Значения коэффициентов принимались на уровне 0,63 для хвойно-лиственных и 0,58 для саксауловых лесов ( $B_2$ ) и 0,1 для всех лесов ( $B_3$ ). Количество сухого органического вещества, заключенного в древесине валежника оценивалось с использованием выражения:

$$M_{вал} = M_1 \cdot B_4, \quad (3)$$

где  $M_1$  – объем древесины на корню, м<sup>3</sup>/га,  $B_4$  – коэффициент отпада, безразмерная величина.

Коэффициент  $B_4$  рассчитан по экспериментальным данным и принят равным 0,083 для хвойно-лиственных лесов и 0,076 для саксауловых лесов [5]. Количество органического вещества, заключенного в лесной подстилке получено из количества мертвого органического вещества [2] и биомассы валежника. В том числе для саксауловых лесов доля органического вещества в подстилке принята равной 0,06 от живой биомассы (полевые материалы, полученные авторами статьи, проект ISTC К-1396). Эффективность выгорания топлива, в соответствии с источником [6], принята равной 0,45 для лесных пожаров (прочие умеренные леса) и 0,72 для степных пожаров, включая закустаренные земли. Показатели продуктивности лесов, используемые для расчета доступного для горения топлива в лесных пожарах на территории РК, обобщены в таблице 3. Показатели продуктивности для не лесных угодий (преимущественно сельскохозяйственного назначения) приводятся в таблице 4.

Для оценки выбросов от пожаров использовалась следующая исходная информация: ежегодные сведения о площадях выгорания лесопокрытых и не лесопокрытых земель государственного и частного лесного фонда Комитета лесного хозяйства и животного мира МЭПР РК, периодические данные о продуктивности лесов РГКП «Казахское лесострои-

тельное предприятие» КЛХЖМ за 1990...2018 гг.. Также привлекались сведения о площадях выгорания земель (не покрытых лесом) Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД РК и другая доступная информация.

Таблица 3

Показатели продуктивности лесов для расчета топлива, выгорающего при лесных пожарах в РК

Показатели	Хвойно-лиственные	Саксауловые	Кустарники	Все лесные площади
<i>По данным РГКП «Казахское лесохозяйственное предприятие»</i>				
1. Среднегодовалый запас древесины на корню, м3/га	107,50	2,12	3,73	–
2. Живая надземная биомасса, т/га в. с.в.	60,2	1,59	–	–
3. Валежник, т/га в. с.в.	7,20	0,17	–	–
4. Подстилка, т/га в. с.в.	11,90	0,15	1,90	22,8
Всего биомасса, т/га в. с.в.	79,3	1,92	–	13,12
Доступное для горения топливо, с учетом нижнего яруса, т/га в.с.в (т/га аб. с. в.).				(10,57)
<i>По данным из источника [ 2 ]</i>				
1. Биомасса живая надземная, т/га в. с. в.	–	–	–	18,1
2. Мертвое органическое вещество, т/га в. с. в.	–	–	–	10,70
3. Всего биомасса, т/га в. с. в.	–	–	–	26,78
5. Доступное для горения топливо, т/га в. с.в.	–	–	–	13,03

Таблица 4

Показатели продуктивности угодий для расчета топлива, выгорающего при степных пожарах на территории РК

Показатели	Природные пастбища	Пастбища залежные	Природные сенокосы и болота	Пашня выведенная в пастбища	Всего сенокосы и пастбища	Всего не лесные земли
Живая надземная биомасса, т/га в.с.в.	2,03	2,64	9,68	–	–	–
Опад, т/га в.с.в.	1,30	1,88	9,90	–	–	–
Всего надземная биомасса, т/га в.с.в.	3,33	4,52	19,18	1,5	3,84	–
Доступное для горения топливо, т/га в.с.в.	–	–	–	–	2,44	2,31

**Оценка выбросов в атмосферу.** В соответствии с изложенной методологией, выбросы в атмосферу от стихийных пожаров напрямую зависят от доступного для горения топлива (табл. 5). Количество топлива для

горения и выбросы в атмосферу рассчитывались в годовом разрезе с последующим осреднением и обобщением по пятилетним периодам, в отдельности для лесных и степных пожаров. По результатам расчетов было установлено, что в процессе степных пожаров топлива выгорает в 2...3 раза больше, по сравнению с лесными пожарами. Среднее общего количества топлива, выгорающего в процессе стихийных пожаров, изменялось по периодам в 3...4 раза, при максимальной величине 1858,0 тысяч тонн с. о. в.. В том числе, за 2016...2018 годы, которые отмечались национальной гидрометслужбой, как наиболее жаркие за последнее десятилетие, количество доступного для выгорания топлива в стихийных пожарах, изменялось от 79,63 тыс. т. до 1752,20 тыс. т. с. о. в., т. е. более чем в 20 раз.

**Парниковые газы.** Результаты расчетов выбросов парниковых газов от стихийных пожаров, включая лесные и степные, представлены в табл. 6.

Таблица 5

Площади распространения лесных и степных пожаров (тыс. га) на территории РК за 1990...2018гг и рассчитанное количество доступного для горения топлива (тыс. тонн с. о. в.)

Годы	Величина	Лесные пожары		Степные пожары		Всего стихийные пожары
		тыс. га	тыс. тонн	тыс. га	тыс. тонн	тыс. тонн
1990...	Среднее	2,556	25,39	–	–	–
1994	Мах	4,590	48,53	–	–	–
1995...	Среднее	37,178	350,40	–	–	–
2004	Мах	182,500	1929,57	–	–	–
2005...	Среднее	19,439	205,82	312,079	618,80	824,60
2010	Мах	67,397	712,60	818,108	1626,40	1858,00
2011...	Среднее	2,850	31,34	92,560	184,00	215,34
2015	Мах	5,605	59,26	292,880	582,00	641,40
2016	–	0,575	2,91	38,645	76,72	79,63
2017	–	6,150	65,02	848,783	1687,20	1752,20
2018	–	55,656	588,45	265,000	526,80	1330,60

Общее количество выбросов от стихийных пожаров изменялось на уровне средних по периодам от 371,3 до 1257,6 тыс. тонн с максимумом 2767,0 тыс. тонн в CO<sub>2</sub> экв.. В том числе выбросы от лесных пожаров составляли от 45,73 до 370,8 тыс. тонн с абсолютным максимумом до 3191,8 тыс. тонн.

Таблица 6



**Выбросы парниковых газов в атмосферу от лесных и степных пожаров на территории РК рассчитанные за 1990...2018гг.**

Годы	Величина	Лесные пожары			Степные пожары			Всего пожары	
		CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O	Все газы	
		тыс.т	тыс.т	тыс.т	тыс.т	тыс.т	тыс.т	тыс.т	%*
1990...1994	Сред.	39,84	0,140	0,065	–	–	–	–	–
	Мах	76,10	0,280	0,152	–	–	–	–	–
1995...2004	Сред.	714,2	2,180	0,113	–	–	–	–	–
	Мах	3038	10,95	0,606	–	–	–	–	–
2005...2010	Сред.	332,4	1,170	0,064	831,8	1,05	0,096	1257,6	0,46
	Мах	1218	4,050	0,224	2623	2,75	0,251	2986,7	1,09
2011...2015	Сред.	47,3	0,140	0,009	296,2	0,380	0,035	371,3	0,12
	Мах	93,0	0,330	0,019	939,2	1,003	0,092	1032,2	0,32
2016	–	4,56	0,014	0,001	123,9	0,134	0,012	136,20	0,03
2017	–	102,0	0,360	0,019	2721	2,970	0,280	2992,1	1,10
2018	–	929,3	3,300	0,185	849,8	0,890	0,081	1967,2	0,52

*Примечание:* \*– процент от национальных выбросов, без учета стихийных пожаров [ 4].

Наибольшее количество выбросов парниковых газов (87 %) приходилось на CO<sub>2</sub> – до 2686,0 тыс. т., на остальные парниковые газы – до 7,25 тыс. т. (CH<sub>4</sub>) и до 0,425 тыс. т. (N<sub>2</sub>O).

**Загрязняющие вещества.** Результаты расчетов выбросов загрязняющих веществ от стихийных пожаров на территории РК за 1990...2018 гг (2005...2018 гг), выполненные на уровне средних и максимальных величин по периодам, обобщены в таблицах 7 и 8 и для наглядности показаны на рисунке 1.

Таблица 7

**Выбросы газообразных загрязнителей воздуха от стихийных пожаров на территории РК рассчитанные за 1990... 2018гг.**

Годы	Пожары	Величина	NO <sub>x</sub>		NMLOS		SO <sub>x</sub>		NH <sub>3</sub>		CO	
			тыс. тонн	% *	тыс. тонн	% *	тыс. тонн	% *	тыс. тонн	% *	тыс. тонн	% *
1990...1994	1	Ср.	0.32	0.06	0.840	0.32	0.060	0.01	0.002	0.02	8.12	1.25
		Мах	0.61	0.10	1.600	0.62	0.120	0.02	0.137	0.04	17.50	2.70
1995...2004	1	Ср.	5.00	1.39	12.97	8.72	0.980	0.23	1.480	0.70	142.4	40.7
		Мах	24.3	5.00	63.79	43.1	4.880	1.16	5.440	3.33	696.8	200
2005...2010	1	Ср.	3.73	0.71	6.77	3.85	0.580	0.10	0.580	0.29	107.3	15.8
		Мах	8.04	1.81	23.48	11.3	1.790	0.31	2.010	1.00	257.1	41.6
2011...2015	1+2	Ср.	6.14	1.20	24.40	11.7	21.80	0.38	0.620	0.24	147.0	21.7
		Мах	11.2	2.27	41.53	19.9	3.160	0.55	1.860	0.78	291.8	43.1
2016	1	Ср.	0.38	0.06	0.990	0.34	0.076	0.01	0.085	0.03	10.87	0.79
		Мах	0.74	0.11	1.950	0.67	0.174	0.03	0.167	0.07	21.38	1.56
2017	1+2	Ср.	1.11	0.17	7.140	2.44	0.550	0.08	0.619	0.24	23.83	1.74
		Мах	11.0	1.72	21.67	7.42	1.680	0.22	1.860	0.73	59.23	4.33
2018	1	–	0.04	0.00	0.94	0.32	0.007	0.03	0.008	0.00	1.05	0.73
	1+2	–	0.34	0.05	3.54	1.19	0.207	0.06	0.224	0.09	6.03	0.04
2017	1	–	0.82	0.12	2.14	0.72	0.164	0.03	0.184	0.07	23.46	1.64
	1+2	–	1.48	0.22	7.86	2.66	0.599	0.10	6.674	0.27	34.45	2.46
2018	1	–	7.38	1.10	19.39	6.56	1.400	0.24	1.670	0.68	212.4	14.8
	1+2	–	9.49	1.43	37.24	12.5	2.880	0.49	3.200	1.30	246.6	17.2

*Примечание:* 1 – лесные пожары, 2 – степные пожары; \*– процент от национальных выбросов, без учета стихийных пожаров.

Анализ, приведенных таблиц и рисунка 1, позволяет утверждать, что общие выбросы газообразных загрязняющих веществ от стихийных пожаров,

включая лесные и степные пожары, в 1,3,...2,3 раза превышали выбросы от лесных пожаров. Наибольшее количество выбросов приходилось на 1995...2007 гг. Из загрязнителей по абсолютной величине преобладали выбросы угарного газа (CO) – от 23,83 до 147,0 тыс. т., максимум 291,8 тыс. т. и NMLOS – от 7,140 до 24,20 тыс. т., максимум 41,53 тыс. т. Наименьшие величины выбросов отмечались для NO<sub>x</sub> – от 1,11 до 6,14 тыс. т. (табл. 7).

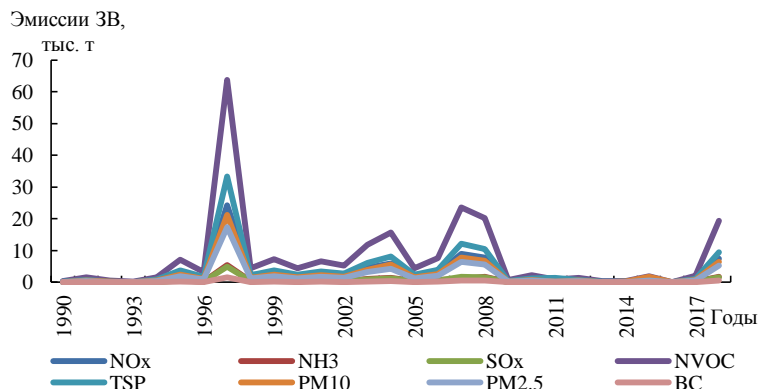


Рис. 1. Динамика выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров в РК по расчетам за 1990...2018 гг.

Таблица 8

Выбросы твердых загрязняющих веществ от стихийных пожаров в РК, рассчитанных за 1990...2018гг.

Годы	По-жа-ры	Вели-ли-чина	TSP		PM <sub>2.5</sub>		PM <sub>10</sub>		BC	
			тыс.т	% *	тыс.т	% *	тыс.т	% *	тыс.т	% *
1990-1994	1	Ср.	0,430	0,26	0,216	1,25	0,260	0,29	0,014	1,30
		Max	0,825	0,49	0,436	0,51	0,534	0,60	0,039	32,5
1995-2004	1	Ср.	6,740	7,94	3,540	3,43	4,470	8,63	0,320	353
		Max	33,34	39,2	17,37	16,8	21,22	40,9	1,560	990
2005-2010	1	Ср.	3,66	4,67	1,860	1,75	2,260	4,84	0,170	128
		Max	12,11	16,8	6,410	6,24	7,840	16,8	0,580	444
	1+2	Ср.	14,13	19,5	4,420	6,97	9,00	19,3	0,670	515
		Max	21,17	29,4	11,23	10,5	13,70	29,3	1,010	777
2011-2015	1	Ср.	0,51	0,73	0,270	0,24	0,320	0,67	0,024	15,0
		Max	1,01	1,44	0,530	0,48	0,650	1,38	0,048	30,0
	1+2	Ср.	3,64	5,20	1,920	1,73	2,340	4,96	0,174	108
		Max	10,91	15,6	5,770	5,20	7,050	14,9	0,518	334
2016	1	–	0,05	0,07	0,026	0,02	0,032	0,05	0,002	1,11
	1+2	–	1,35	1,33	0,705	0,56	0,876	1,42	0,062	34,3
2017	1	–	1,10	1,32	0,580	0,46	0,720	1,16	0,053	29,4
	1+2	–	3,78	4,49	1,840	1,39	2,580	4,18	0,193	107
2018	1	–	9,46	11,3	5,600	4,49	6,470	10,5	0,777	265
	1+2	–	18,42	21,9	10,34	8,30	12,27	19,9	1,010	504

Примечание: 1 – лесные пожары, 2 – степные пожары; \* – процент от национальных выбросов, без учета стихийных пожаров.

На долю твердых мелкодисперсных веществ загрязнителей, как показывают результаты расчетов, также приходилось существенные вы-

бросы в атмосферу. В том числе общие выбросы твердых загрязняющих веществ от стихийных пожаров в 4...6 раз превышали выбросы от лесных пожаров (табл. 8). По абсолютной величине из загрязнителей преобладали: TSP (от 3,64 до 14,13 тыс. т., максимум 21,17 тыс. т.;  $PM_{10}$  (от 2,34 до 9,00 тыс. т., максимум 13,70 тыс. т.; выбросы черного углерода (BC) от стихийных пожаров получены незначительные по абсолютной величине – в среднем от 0,174 до 0,67 тыс. т., максимум 1,01 тыс. т.

**Заключение.** Исследования динамики стихийных пожаров с количественной оценкой выбросов в атмосферу позволили сделать следующие выводы:

1. Выбросы в атмосферу от стихийных пожаров в РК характеризуются значительной межгодовой изменчивостью, которую можно выразить степенью от  $10^{-2}$  до  $10^3$  (лесные пожары) и от  $10^{-1}$  до  $10^3$  (лесные и степные пожары). За последнее десятилетие за счет усиления в стране мероприятий предупреждающих пожары, улучшения технических средств, используемых для их тушения, площади выгорания и выбросы в атмосферу от лесных пожаров заметно уменьшались. Вместе с тем, в этот период заметно увеличивалась доля площадей выгорания и выбросов в атмосферу от степных пожаров – в 2 раза и более, по сравнению с лесными пожарами. Для отдельных видов газов и твердых загрязняющих веществ общие выбросы от стихийных пожаров в РК являлись существенными как по абсолютной величине, так и в долях от национальных ( выбросов от регулируемых источников), которые составляли: 1,74...21,72 %, максимум до 43,1 % (CO); 2,44...11,73 % с максимумом до 19,9 % (NMLOC); 4,96...19,28 % (TSP); 5,2...19,46 %, максимум до 29,44 % ( $PM_{10}$ ); 1,73...4,42 %, максимум 11,93 % ( $PM_{2,5}$ ); 0,17...1,21 %, максимум 2,27 % ( $NO_x$ ); 0,24...0,78 % ( $NH_3$ ); 0,08... 0,49 ( $SO_x$ ). Наряду с загрязняющими веществами, доля выбросов парниковых газов в РК в процессе стихийных пожаров от национальных (регулируемых) выбросов [4], оценивалась как незначительная и составляла по периодам от 0,013 % до 0,14 % с возрастанием в отдельные годы до 1,41 % (лесные пожары ) и от 0,12 % до 0,46 %, в отдельные годы до 1,09 % ( лесные и степные пожары).

2. Практический интерес вызывает сравнение рассчитанных выбросов от стихийных пожаров в РК с аналогичными показателями выбросов для других стран, которые сообщаются в источнике [9]. К примеру, выбросы от лесных пожаров для стран Европы по отношению к европейским регулируемым выбросам составляют для  $NO_x$  – 0,20 %, NMLOC –

0,50 %, CO – 1,90 % и NH<sub>3</sub> – 0,10 %, что меньше выбросов от лесных пожаров в РК в 2...4 раза (для NMLOC более чем в 10 раз). На мировом уровне ежегодные выбросы от выгорания лесных деревьев, кустарников, травяной растительности, включая хозяйственные выбросы от производства древесного топлива и выжигание стерни, сообщаются как 18 % для NO<sub>x</sub>, 25 % для CO и 6 % для NMLOC, что в целом больше количества выбросов этих загрязнителей в РК в 10 раз, 2 раза и 1,2 раза ( в порядке их упоминания).

3. В условиях глобального потепления климата, пожароопасность природных экосистем может повыситься. В частности, по исследованиям метеорологов Казахстана [1], к середине текущего столетия, за счет ожидаемого удвоения концентрации углекислого газа в атмосфере и повышения региональной температуры воздуха, в северной половине Казахстана можно ожидать удлинения теплого периода на 60...70 дней и отсюда увеличения числа случаев возгорания лесов на 15...20 %. В горных районах восточного и юго-восточного Казахстана удлинение теплого периода ожидается менее значительное и отсюда число случаев с лесными пожарами за счет изменения климата может увеличиться всего на 7...9 %.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов Е.В., Кожаметов П.Ж., Чердиченко А.В.. Зависимость распространения пожаров в лесных экосистемах Казахстана от метеорологических условий // Вопросы географии и геоэкологии. – Алматы, 2011. – № 3. – С. 41-46.
2. Базилевич Н.И. Первичная продуктивность природных экосистем Северо-восточной Евразии. – Москва: Наука, 1994. – 312с.
3. Муканов Б.И., Архипов В.А., Каверин В.С. Лесные пожары. Опасные природные процессы и чрезвычайные ситуации в Казахстане // Экологическое состояние природных экосистем Казахстана. – Астана, 2006. – С. 45-52.
4. Национальный доклад Республики Казахстан о кадастре антропогенных выбросов из источников и абсорбции поглотителями парниковых газов, не регулируемых Монреальским протоколом, за 1990-2017 гг. [Электрон. ресурс].– 2019.– [https://unfccc.int / documents/198574](https://unfccc.int/documents/198574) (дата обращения 12.04.2020).
5. Нормативы для таксации лесов Казахстана. – Алма-Ата: Кайнар,1987 – 320 с.
6. Руководящие принципы национальных инвентаризаций парниковых газов, Т.4. Сельское хозяйство, лесное хозяйство и другие виды землепользования – МГЭИК, 2006. [Электронный ресурс]. <https://>

[www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol4.html](http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/russian/vol4.html) (дата обращения: 12.04.2020).

7. Сводный аналитический отчет о состоянии и использовании земель Республики Казахстан за 2018 год. – Нур-Султан, 2019. – 340 с.
8. Успенский С.Н. Загорание леса от молнии и меры предупреждения пожаров в лесных борах Приишимья // Труды КазНИИЛХА. – Алма-Ата, 1959. – С. 237-263.
9. ЕМЕР / EEA air pollutant emission inventory guidebook – 2019 1.
10. .ЕМЕР /EEA air pollutants of emission inventory guidebook – 2016.

Поступила 01.06.2020

Геогр. ғылым. кандидаты	Л. В. Лебедь
Геогр. ғылым. кандидаты	И. Б. Есеркепова
	Н. К. Сулейменов

### **АТМОСФЕРАҒА ГАЗДАР МЕН ҚАТТЫ ЗАТТАРДЫҢ ШЫҒАРЫНДЫ КӨЗІ РЕТІНДЕ ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ОРМАН МЕН ДАЛА ӨРТТЕРІ**

**Түйін сөздер:** табиғи экожүйелер, табиғи өрттер, атмосфера шығарындылары, парниктік газдар, ластаушы заттар

*Мақалада парниктік газдар мен атмосфераға ластаушы заттар шығарындыларын Еуропа елдерінің шығарындыларымен және дүниежүзілік деректермен салыстырғанда Қазақстандағы табиғи өрттерден зардап шеккен табиғи нысандардың бағалау нәтижелері келтірілген.*

L.V. Lebed, I.B. Yesserkepova, N. K. Suleimenov

### **FOREST AND STEPPE FIRES OF THE KAZAKHSTAN AS SOURCES OF GAS AND SOLID EMISSIONS TO THE ATMOSPHERE**

**Key words:** greenhouse gases, land use, cultivated land, emissions/removals, national inventory system

*The article contains the results of greenhouse gases and air pollutants emissions assessments from natural objects covered by natural fires at the territory of the Republic of Kazakhstan. They are presented in comparison with the overall national emissions, emissions from European countries and the worldwide emission data.*