



УДК 504.054:614.841(571.53)

Загрязнение территории Прибайкальского национального парка выбросами от лесных пожаров

С. А. Новикова, И. В. Щербакова

Новикова Светлана Александровна, старший преподаватель, Иркутский государственный университет, novikovasveta41@mail.ru

Щербакова Ирина Владимировна, магистрант образовательной программы «Геоэкология: мониторинг, природопользование и экологическая безопасность», Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет, super.bagira-98@yandex.ru

Целью статьи является оценка вклада выбросов от лесных пожаров в загрязнение атмосферного воздуха на примере территории Прибайкальского национального парка. Для достижения этой цели были осуществлены расчеты валовых выбросов на основе данных лесничеств о пожарах. С помощью программного комплекса «Эколог» проведены расчеты концентраций примесей, выбрасываемых в атмосферу при лесных пожарах. По результатам проведенных расчетов построены карты концентраций загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу от пожаров. Анализ полученных результатов позволил сделать вывод о превышении установленных санитарно-гигиенических нормативов. Среди рассмотренного перечня загрязняющих веществ обнаружены максимальные концентрации акролеина, оксида углерода, ацетона, диоксида азота. Выявлены территории, находящиеся в зоне повышенного атмосферного загрязнения, создаваемого пожарами в лесничествах Прибайкальского национального парка.

Ключевые слова: особо охраняемая природная территория, атмосферный воздух, лесные пожары, загрязняющие вещества, санитарно-гигиенические нормативы, повышенные концентрации, карты.

Поступила в редакцию: 20.07.2020 / Принята: 21.09.2020 / Опубликовано: 30.11.2020

Статья опубликована на условиях лицензии Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

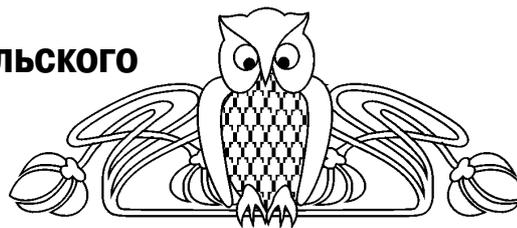
Pollution of the Territory of the Pribaikalsky National Park by Emissions from Forest Fires

S. A. Novikova, I. V. Shcherbakova

Svetlana A. Novikova, <https://orcid.org/0000-0003-2534-3379>, Irkutsk State University, 1 K. Marx St., Irkutsk 664003, Russia, novikovasveta41@mail.ru

Irina V. Shcherbakova, <https://orcid.org/0000-0002-7316-2129>, Saint Petersburg State University, 7–9 University Embankment, Saint Petersburg 199034, Russia, super.bagira-98@yandex.ru

The aim of the work is to assess the contribution of emissions from forest fires to air pollution using the example of the territory of the Pribaikalsky National park. To achieve this goal, calculations of gross emissions were carried out based on forestry data on fires. With the



help of the program complex «Ecologist» calculations of concentrations of impurities emitted into the atmosphere during forest fires were carried out. Based on the results of the calculations, maps of the concentrations of pollutants released into the atmosphere from fires were created. The analysis of the received results obtained allowed us to conclude that the established sanitary and hygienic standards were exceeded. Among the considered list of emissions, the maximum concentrations of acrolein, carbon monoxide, acetone, and nitrogen dioxide were revealed. The areas located in the zone of increased atmospheric pollution created by fires on the territory of the forestries of the Pribaikalsky National park were identified.

Keywords: specially protected natural areas, atmospheric air, forest fires, pollutants, sanitary and hygienic standards, high concentrations, schematic maps.

Received: 20.07.2020 / Accepted: 21.09.2020 / Published: 30.11.2020

This is an open access article distributed under the terms of Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0)

DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-240-249>

Введение

Территория Иркутской области имеет самую высокую лесистость (78%) среди субъектов Российской Федерации. На одного жителя в Иркутской области приходится 21,6 га покрытой лесом площади, что почти в 5 раз больше, чем в среднем по Российской Федерации, и в 84 раза – чем в Западной Европе [1]. Этот показатель говорит о значительном лесосырьевом потенциале территории. Особенностью лесного фонда Иркутской области является преобладание пожароопасных хвойных насаждений.

Одной из главных проблем региона является ухудшение экологической обстановки как за счет увеличения числа функционирующих антропогенных источников – промышленных предприятий, автомобильного транспорта, так и природных – лесных пожаров, спровоцированных изменением метеорологических условий. Сильный ветер, высокие температуры воздуха, длительное отсутствие осадков способствуют возникновению очагов возгораний и быстрому распространению огня.

Проблема лесных пожаров является актуальной во всем мире, подтверждение тому – конференция 2003 г. Организации Объединенных Наций (ООН) по изменению климата, на которой в качестве мер по сокращению выбросов было предложено реформирование охраны леса и усовершенствование системы лесного хозяйства. Природные пожары стали бедствием мирового



масштаба. Чрезвычайные ситуации, связанные с природными пожарами, возникающими в Прибайкальском национальном парке, представляют собой совокупность экономических, социальных и экологических факторов риска. В Иркутской области ежегодно в среднем возникает более 1,3 тыс. природных пожаров, в результате которых выгорают десятки тысяч гектаров лесных массивов и угодий [1]. От пожаров страдают флора и фауна на значительных территориях, в том числе представители редких, эндемичных видов. В результате природных пожаров в воздушный бассейн поступает огромное количество примесей, оказывающих негативное влияние на компоненты окружающей среды и живые организмы.

Объект исследования

Прибайкальский национальный парк, основанный 13 февраля 1986 г., относится к объекту общенационального достояния и является частью участка Всемирного наследия «Озеро Байкал». Площадь парка составляет 417 297 га. Национальный парк имеет статус федерального, его основной задачей является сохранение природы западного побережья озера Байкал [2]. Особо охраняемая природная территория (ООПТ) находится в ведении Федерального государственного бюджетного учреждения «Заповедное Прибайкалье». Однако мониторинг очагов возгораний, количественная оценка вклада в загрязнение атмосферы эмиссий от пожаров не входят в первостепенные задачи ведомства.

Территория парка в виде узкой полосы охватывает большую часть (около 470 км) западного

побережья оз. Байкал – от пос. Култук на юге до мыса Кочериковского на севере – и занимает восточные склоны Приморского хребта, южную часть Олхинского плато, бассейн р. Большая Речка, а также о. Ольхон. Южная часть расчленена вытекающей из Байкала р. Ангарой. Национальный парк расположен на территории Слюдянского, Иркутского и Ольхонского районов Иркутской области, которые подразделены на лесничества (рис. 1).

Прибайкальский национальный парк разделен на пять функциональных зон: заповедную, рекреации и познавательного туризма, обслуживания посетителей, хозяйственного значения, экстенсивного природопользования. В *заповедной зоне* сохраняются ценные экосистемы в их естественном состоянии. В этой зоне запрещена любая рекреационная и хозяйственная деятельность, разрешены научная деятельность и проведение мероприятий по защите лесов от пожаров и браконьерства. *Зона рекреации и познавательного туризма* предназначена для отдыха посетителей, обустроена туристическими маршрутами, местами отдыха и ночлега. *Зона обслуживания посетителей* обеспечивает массовый отдых туристов, а также жизнедеятельность постоянных жителей национального парка. На ее территории разрешено строительство гостиниц и других объектов туристического сервиса. *Зона хозяйственного назначения* предусматривает производство работ, которые обеспечивают жизнедеятельность местного (коренного) населения. В *зоне экстенсивного природопользования* разрешено разумное использование природных ресурсов: охота, рыбалка, выпас скота, сбор грибов и ягод [3]. Таким образом, функциональное зонирование позволяет



Рис. 1. Схема расположения районов и лесничеств Прибайкальского национального парка (составлено в программе «QGIS»)



управлять ресурсами национального парка наиболее эффективно и рационально.

Климат территории исследования имеет общие черты континентального типа. Среднегодовая температура в Прибайкальском парке близка к 0°C, при этом средняя температура января до -18°C, июля до +15°C. Абсолютный максимум температур плюс 29°C, минимум – минус 32–33°C. Влияние холодной водной массы Байкала сказывается летом в ослаблении восходящих потоков воздуха и в уменьшении облачности. В связи с этим на побережье преобладает ясная с переменной облачностью погода [4]. Наибольшее количество осадков приходится на период апрель – октябрь. Годовая сумма летних осадков в южной части парка 500–600 мм, минимальная в Приольхонье и на Ольхоне – 150–200 мм. Снежный покров устанавливается в середине ноября и разрушается в конце апреля. Скорости основных ветров могут достигать 25–40 м/с, время наиболее сильных ветров – ноябрь. В летний период преобладают ветры западного и юго-западного направления, а в зимний – юго-западного и северного [3].

Территория Прибайкальского национального парка является частью гор Южной Сибири и входит в состав Прибайкальской лесорастительной области, целиком относясь к Приморскому округу Западно-Прибайкальской провинции. Список флоры парка включает порядка 1385 видов сосудистых растений. Охранный статус в настоящее время имеют 100 видов, включенных в Крас-

ную книгу растений Иркутской области (из них 19 видов занесены в Красную книгу Российской Федерации) [5].

Методы исследования

На первом этапе исследования были проанализированы данные из государственных докладов «О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области» [6, 7] и летописей природы Прибайкальского национального парка [8–10]. Динамика лесных пожаров на территории национального парка за 2017–2019 гг. представлена в табл. 1. Кроме того, для последующего сравнительного анализа была изучена динамика пожаров на территории Иркутской области за исследуемый период (рис. 2).

Далее были произведены расчёт токсикантов, поступающих в атмосферный воздух, и оценка дальности их распространения от очагов возгораний в 2017–2019 гг. В качестве одного из методов использовалась стандартная «Методика расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров» (2009 г.) [11], которая составлена и дополнена с учетом и на основе ранее введенной «методики определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров» (1997 г.) [12]. Выбор методики обусловлен возможностью производить расчеты большого спектра выбросов вредных газообразных и дисперсных веществ в атмосферу при неконтролируемом горении лесных

Таблица 1

Площади, пройденные пожарами на территории Прибайкальского национального парка за период 2017–2019 гг.

Год	Район	Лесничество	Дата возгорания и ликвидации	Выгоревшая площадь, га
2017	Иркутский	№ 1 Прибайкальское	20 июня – 23 июня	1,70
		№ 2 Большереченское	13 июля – 15 июля	160,00
		№ 3 Большереченское	6 августа – 9 августа	30,00
	Соудянский	№ 4 Маритуйское	28 апреля – 1 мая	283,00
		№ 5 Половинское	24 июня – 28 июня	134,00
	Ольхонский	№ 6 Островное	5 августа – 6 августа	0,80
		№ 7 Онгурёновское	28 августа – 29 августа	0,60
2018	Иркутский	№ 8 Листвянское	28 апреля – 24 апреля	7,00
		№ 9 Прибайкальское	3 мая – 3 мая	0,08
		№ 10 Листвянское	20 августа – 21 августа	0,04
	Слюдянский	№ 11 Байкальское	6 мая – 6 мая	3,00
		№ 12 Байкальское	2 сентября – 3 сентября	0,90
	Ольхонский	№ 13 Островное	14 августа – 15 августа	10,00
2019	Иркутский	№ 14 Листвянское	15 апреля – 16 апреля	1,50
		№ 15 Листвянское	15 апреля – 16 апреля	0,10
		№ 16 Листвянское	15 апреля – 16 апреля	1,10
		№ 17 Прибайкальское	7 мая – 14 мая	1250,00
		№ 18 Листвянское	3 июля – 9 июля	8,00
	Ольхонский	№ 19 Еланцинское	20 июля – 23 июля	17,00

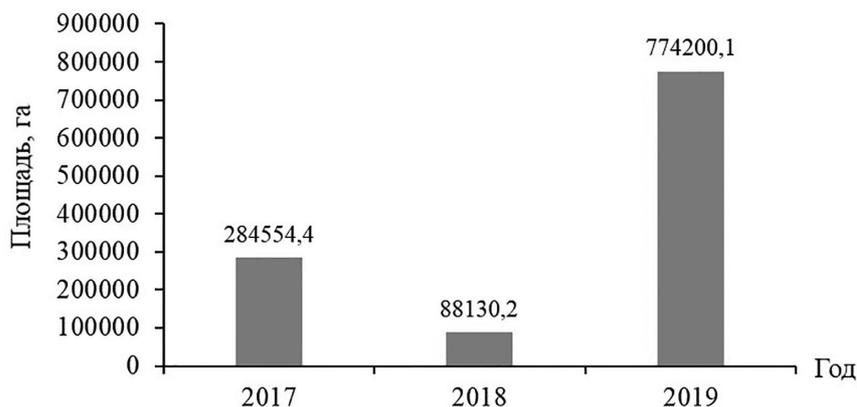


Рис. 2. Площадь лесных пожаров в период 2017–2019 гг. на территории Иркутской области

горючих материалов (ЛГМ) на пожарах разного типа (низовых, верховых и торфяных). Выбросы загрязнителей атмосферы рассчитывались как сумма токсикантов, выделившихся при сгорании ЛГМ и древесины. В качестве значений массы древесины и ЛГМ были взяты усредненные значения, применение которых доказано рядом авторов. Так, например, учеными было научно обоснованно применение значения 2 кг/м^2 в качестве массы древесины, $0,25 \text{ кг/м}^2$ – в качестве массы ЛГМ. Коэффициент полноты сгорания K учитывает, какая часть исходной массы ЛГМ или древесины сгорела при пожаре: для древесины принимается значение $0,3$, для ЛГМ – $0,1$. Из чего следует, что коэффициент недожога равен $0,7$ для древесины и $0,9$ – для ЛГМ [11].

Масса токсикантов, полученная расчетным путем на предыдущем этапе в рамках настоящего исследования (табл. 2–9), была использована в качестве входной информации в программный комплекс (ПК) «Эколог» (фирмы «Интеграл», г. Санкт-Петербург), базирующийся на «Методах расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе» [13], для расчета концентраций вредных веществ, поступающих от лесных пожаров, и последующего построения карт распространения выбросов по территории Прибайкальского национального парка в 2019 г. Поскольку лесные пожары не являются постоянными источниками выбросов загрязняющих веществ, как, например, стационарные источники промышленных предприятий, автомобильный транспорт или торфяные пожары, выбросы от лесных пожаров одномоментны, поступают в атмосферу в течение нескольких часов (суток). В связи с этим в настоящей статье сравнение концентраций, создающихся в результате выбросов от лесных пожаров, проводилось с максимальными разовыми предельно допустимыми концентрациями ($\text{ПДК}_{\text{мр}}$), рассчитанными на 20–30-минутный интервал пребывания живых организмов в зоне загрязнения [13].

Для построения карт распространения выбросов от лесных пожаров на территории При-

байкальского национального парка в ПК «Эколог» использовались метеорологические параметры (коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы, определяющий условия горизонтального и вертикального рассеивания примесей в атмосферном воздухе (200), направление и скорость ветра), регистрируемые на ближайших метеорологических станциях (табл. 10) [14], а также координаты пространственного расположения выбранных очагов возгораний, площади пожаров и коэффициент учета рельефа местности (1).

В результате проведенных расчетов было проведено сравнение значений концентраций, полученных с помощью программы «Эколог», с установленными санитарно-гигиеническими нормативами.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе анализа статистических данных было выявлено, что в 2019 году в Иркутской области были обнаружены масштабные лесные пожары. Площадь возгораний и их количество превысили среднегодовые значения примерно в 1,5 раза [15]. Более 66% лесных пожаров возникли по вине человека. В Прибайкальском национальном парке было ликвидировано 6 очагов возгорания. Расположение очагов пожаров представлено на рис. 3. Так, наибольшая выгоревшая площадь составила 1250 га на территории Прибайкальского лесничества в 2019 г., наименьшая – в Листвянском лесничестве в 2018 г. ($0,04$ га). В 2019 г. в Слюдянском районе возгораний не было выявлено (см. табл. 1). Большую площадь лесных пожаров составили очаги, которые находились в зоне контроля, но в труднодоступных местах, без доступа авиатрулирования к ним, в результате чего тушение пожаров оказалось нецелесообразным по экономическим причинам.

Расчеты выбросов загрязняющих веществ по стандартной методике [11] были проведены для трех районов Прибайкальского национального парка (Иркутского, Слюдянского и Ольхонского)



Таблица 2

Расчет массы токсикантов в лесничествах Иркутского района в 2017 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг	Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_p^{ЛГМ}$, кг	Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, $M_p^д$, кг			
<i>Прибайкальское лесничество (20 июня – 23 июня)</i>					
Оксид углерода	544,2	Диоксид азота	1,549125	Акролеин	2,08845
Диоксид углерода	544,2	Диоксид серы	0,003825	Ацетон	5,56920
Сажа	42,3	Сероводород	0,003825	Ацетальдегид	45,94590
–	–	Формальдегид	0,003825	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,003825	–	–
<i>Большереченское лесничество (13 июля – 15 июля)</i>					
Оксид углерода	51220,8	Диоксид азота	145,80	Акролеин	196,56
Диоксид углерода	51220,8	Диоксид серы	0,36	Ацетон	524,16
Сажа	3977,8	Сероводород	0,36	Ацетальдегид	4324,32
–	–	Формальдегид	0,36	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,36	–	–
<i>Большереченское лесничество (6 августа – 9 августа)</i>					
Оксид углерода	9603,9	Диоксид азота	27,3375	Акролеин	36,855
Диоксид углерода	9603,9	Диоксид серы	0,0675	Ацетон	98,280
Сажа	745,8	Сероводород	0,0675	Ацетальдегид	810,810
–	–	Формальдегид	0,0675	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,0675	–	–

Таблица 3

Расчет массы токсикантов в лесничествах Слюдянского района в 2017 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг	Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_p^{ЛГМ}$, кг	Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, $M_p^д$, кг			
<i>Маритуйское лесничество (28 апреля – 1 мая)</i>					
Оксид углерода	90596,8	Диоксид азота	257,88375	Акролеин	347,6655
Диоксид углерода	90596,8	Диоксид серы	0,63675	Ацетон	927,1080
Сажа	7035,8	Сероводород	0,63675	Ацетальдегид	7648,6410
–	–	Формальдегид	0,63675	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,63675	–	–
<i>Половинское лесничество (24 июня – 28 июня)</i>					
Оксид углерода	42897,4	Диоксид азота	122,1075	Акролеин	164,619
Диоксид углерода	42897,4	Диоксид серы	0,3015	Ацетон	438,984
Сажа	3331,4	Сероводород	0,3015	Ацетальдегид	3621,618
–	–	Формальдегид	0,3015	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,3015	–	–

Таблица 4

Расчет массы токсикантов в лесничествах Ольхонского района в 2017 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг	Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_p^{ЛГМ}$, кг	Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, $M_p^д$, кг			
<i>Островное лесничество (5 августа – 6 августа)</i>					
Оксид углерода	256,1	Диоксид азота	0,729	Акролеин	0,9828
Диоксид углерода	256,1	Диоксид серы	0,0018	Ацетон	2,6208
Сажа	19,9	Сероводород	0,0018	Ацетальдегид	21,6216
–	–	Формальдегид	0,0018	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,0018	–	–
<i>Онгуренское лесничество (28 августа – 29 августа)</i>					
Оксид углерода	192,1	Диоксид азота	0,54675	Акролеин	0,7371
Диоксид углерода	192,1	Диоксид серы	0,00135	Ацетон	1,9656
Сажа	14,9	Сероводород	0,00135	Ацетальдегид	16,2162
–	–	Формальдегид	0,00135	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,00135	–	–



Таблица 5

Расчет массы токсикантов в лесничествах Иркутского района в 2018 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_i^{ЛГМ}$, кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, M_i^D , кг	
<i>Листвянское (23 апреля – 23 апреля)</i>					
Оксид углерода	2 240,9	Диоксид азота	6,379	Акролеин	8,6
Диоксид углерода	2 240,9	Диоксид серы	0,016	Ацетон	22,9
Сажа	174,0	Сероводород	0,016	Ацетальдегид	189,2
–	–	Формальдегид	0,016	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,016	–	–
<i>Прибайкальское (3 мая – 3 мая)</i>					
Оксид углерода	3,3	Диоксид азота	0,00580	Акролеин	0,1
Диоксид углерода	3,3	Диоксид серы	0,00012	Ацетон	0,3
Сажа	0,2	Сероводород	0,00012	Ацетальдегид	2,2
–	–	Формальдегид	0,00012	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,00012	–	–
<i>Листвянское (20 августа – 20 августа)</i>					
Оксид углерода	12,2	Диоксид азота	0,03545	Акролеин	0,00087
Диоксид углерода	12,2	Диоксид серы	0,00090	Ацетон	0,00024
Сажа	1,0	Сероводород	0,00090	Ацетальдегид	0,00210
–	–	Формальдегид	0,00090	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,00090	–	–

Таблица 6

Расчет массы токсикантов в лесничествах Слюдянского района в 2018 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_i^{ЛГМ}$, кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, M_i^D , кг	
<i>Байкальское (6 мая – 6 мая)</i>					
Оксид углерода	960,4	Диоксид азота	2,7340	Акролеин	3,7
Диоксид углерода	960,4	Диоксид серы	0,0070	Ацетон	9,8
Сажа	74,6	Сероводород	0,0070	Ацетальдегид	81,1
–	–	Формальдегид	0,0070	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,0070	–	–
<i>Байкальское (2 сентября – 3 сентября)</i>					
Оксид углерода	288,1	Диоксид азота	0,8201	Акролеин	1,1
Диоксид углерода	288,1	Диоксид серы	0,0020	Ацетон	2,9
Сажа	22,4	Сероводород	0,0020	Ацетальдегид	24,3
–	–	Формальдегид	0,0020	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,0020	–	–

Таблица 7

Расчет массы токсикантов в лесничествах Ольхонского района в 2018 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_i^{ЛГМ}$, кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, M_i^D , кг	
<i>Островное (14 августа – 15 августа)</i>					
Оксид углерода	3 201,3	Диоксид азота	9,1125	Акролеин	12,3
Диоксид углерода	3 201,3	Диоксид серы	0,0225	Ацетон	32,8
Сажа	248,6	Сероводород	0,0225	Ацетальдегид	270,3
–	–	Формальдегид	0,0225	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,0225	–	–



Таблица 8

Расчет массы токсикантов в лесничествах Иркутского района в 2019 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_i^{ЛГМ}$, кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, $M_i^Д$, кг	
<i>Листвянское лесничество (15 апреля – 16 апреля)</i>					
Оксид углерода	480,2	Диоксид азота	1,3670	Акролеин	1,84
Диоксид углерода	480,2	Диоксид серы	0,0034	Ацетон	4,91
Сажа	37,3	Сероводород	0,0034	Ацетальдегид	40,54
–	–	Формальдегид	0,0034	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,0034	–	–
<i>Листвянское лесничество (15 апреля – 16 апреля)</i>					
Оксид углерода	32,0	Диоксид азота	0,091000	Акролеин	0,12
Диоксид углерода	32,0	Диоксид серы	0,000225	Ацетон	0,33
Сажа	2,5	Сероводород	0,000225	Ацетальдегид	2,70
–	–	Формальдегид	0,000225	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,000225	–	–
<i>Листвянское лесничество (15 апреля – 16 апреля)</i>					
Оксид углерода	352,1	Диоксид азота	1,0024	Акролеин	1,35
Диоксид углерода	352,1	Диоксид серы	0,0025	Ацетон	3,60
Сажа	27,3	Сероводород	0,0025	Ацетальдегид	29,73
–	–	Формальдегид	0,0025	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,002475	–	–
<i>Прибайкальское лесничество (7 мая – 14 мая)</i>					
Оксид углерода	400 162,5	Диоксид азота	1 139,06	Акролеин	1 535,6
Диоксид углерода	400 162,5	Диоксид серы	2,81	Ацетон	4 095,0
Сажа	31 076,9	Сероводород	2,81	Ацетальдегид	33 783,8
–	–	Формальдегид	2,81	–	–
–	–	Уксусная кислота	2,81	–	–
<i>Листвянское лесничество (3 июля – 9 июля)</i>					
Оксид углерода	2 561,0	Диоксид азота	7,290	Акролеин	9,8
Диоксид углерода	2 561,0	Диоксид серы	0,018	Ацетон	26,2
Сажа	198,9	Сероводород	0,018	Ацетальдегид	216,2
–	–	Формальдегид	0,018	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,018	–	–

Таблица 9

Расчет массы токсикантов в лесничествах Ольхонского района в 2019 г.

Общая масса токсиканта, попавшего в атмосферу, M_p , кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании ЛГМ, $M_i^{ЛГМ}$, кг		Масса токсиканта, попавшего в атмосферу при сгорании древесины, $M_i^Д$, кг	
<i>Еланцинское лесничество (20 июля – 23 июля)</i>					
Оксид углерода	5 442,2	Диоксид азота	15,490	Акролеин	20,9
Диоксид углерода	5 442,2	Диоксид серы	0,038	Ацетон	55,7
Сажа	422,6	Сероводород	0,038	Ацетальдегид	459,5
–	–	Формальдегид	0,038	–	–
–	–	Уксусная кислота	0,038	–	–

Примечание. Пустые ячейки в табл. 2–9 обусловлены разным компонентным составом эмиссий, поступающих в атмосферу при сжигании древесины и ЛГМ.

Таблица 10

Метеорологические параметры, используемые при построении карт распространения выбросов в программе «Эколог» (2019 г.)

Метеостанция	Дата	t_{max} , °C	t_{min} , °C	Скорость ветра, м/с	Направление ветра							
					С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Большое Голоустное	15.04	7,3	3,9	3	13	–	11	–	3	3	–	–
	07.05	20,6	3,7	7	8	–	–	–	1	7	3	14
	03.07	25,9	10,6	4	6	2	7	2	6	–	–	–
Хужир	20.07	21,4	16,2	3	1	12	2	–	–	–	–	–

Примечание. t_{max} – максимальная температура воздуха; t_{min} – минимальная.

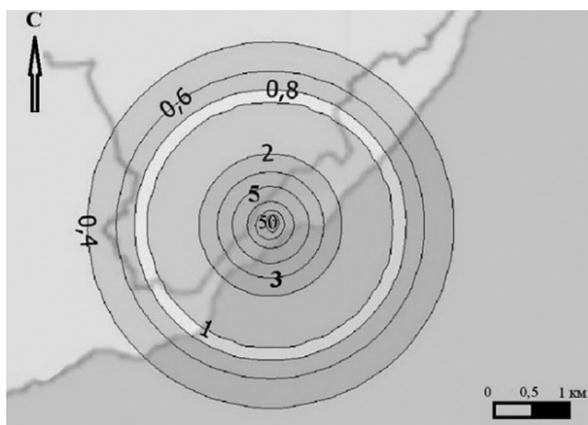


Рис. 3. Карта очагов лесных пожаров на территории Прибайкальского национального парка в 2019 г.: 1 – Еланцинское лесничество (20.07.2019; 1,5 га); 2 – Листвянское (15.04.2019; 1,5 га); 3 – Листвянское (15.04.2019; 0,1 га); 4 – Листвянское (15.04.2019; 1,1 га); 5 – Листвянское (3.07.2019; 8 га); 6 – Прибайкальское (7.05.2019; 1250 га)

отдельно по каждому лесничеству, на территории которых зарегистрированы очаги возгораний в исследуемый период – 2017–2019 гг. (см. табл. 1). Проведенные расчеты позволили сделать вывод о том, что масса токсикантов, попавших в атмосферу, зависит от площади, пройденной пожаром. Можно заметить, что наибольшие значения выбросов, которые выделились при горении древесины и ЛГМ на территориях лесничеств Прибайкальского национального парка, пришлось на оксид углерода, диоксид углерода и сажу.

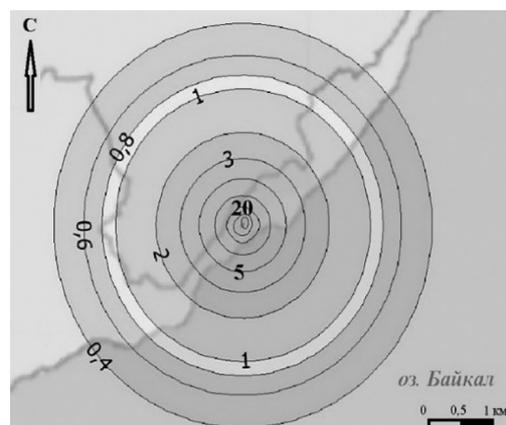
Масса выделившихся загрязняющих веществ при горении древесины намного больше, чем при горении ЛГМ (в среднем в 34 раза). В то же время при горении древесины наибольшим значением массы обладает вещество ацетальдегид, которое относится к I классу опасности (см. табл. 2–9).

Карты распределения концентраций токсикантов на территории Прибайкальского национального парка в наиболее пожароопасный период – 2019 г. – представлены на рис. 4–7. Для лучшей визуализации полученных результатов изолинии



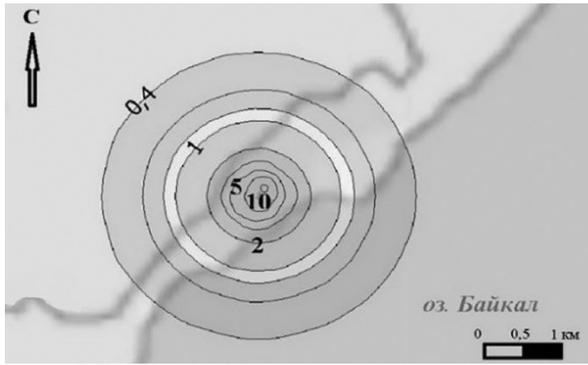
— граница Прибайкальского национального парка
1 и > – доли ПДК_{кр}

Рис. 4. Карта распределения концентраций акролеина на территории Прибайкальского национального парка от лесных пожаров в 2019 г.



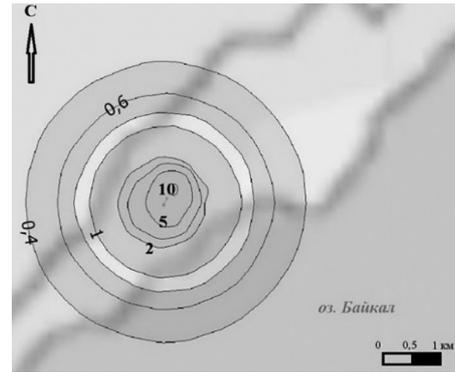
— граница Прибайкальского национального парка
1 и > – доли ПДК_{кр}

Рис. 5. Карта распределения концентраций оксида углерода на территории Прибайкальского национального парка от лесных пожаров в 2019 г.



— граница Прибайкальского национального парка
1 и > – доли ПДК_{мр}

Рис. 6. Карта распределения концентраций ацетона на территории Прибайкальского национального парка от лесных пожаров в 2019 г.



— граница Прибайкальского национального парка
1 и > – доли ПДК_{мр}

Рис. 7. Карта распределения концентраций диоксида азота на территории Прибайкальского национального парка от лесных пожаров в 2019 г.

расчетных концентраций загрязняющих веществ были совмещены с картами, взятыми из программы «QGIS». В качестве примера для расчета распространения выбросов в программе «Эколог» был взят лесной пожар на территории лесничества «Прибайкальское» (см. рис. 3), площадь которого составила 1250 га. Пожар был обнаружен 7 мая, ликвидировать его удалось только 14 мая. За это время в атмосферный воздух выделились следующие вредные вещества: акролеин – максимальная концентрация составила 50 ПДК_{мр} (см. рис. 4), оксид углерода – максимальные концентрации составили 20 ПДК_{мр} (см. рис. 5), ацетон (см. рис. 6) и диоксид азота – значения ПДК_{мр} превышены в 10 раз (см. рис. 7).

На данном этапе исследования опытным путём было установлено, что программный комплекс «Эколог» имеет ряд недостатков, так, например, пренебрежение характеристиками рельефа местности и метеорологическими параметрами для одиночных источников (лесных пожаров) позволяет воспринимать полученные результаты скорее как качественные, чем количественные.

Заключение

Особо охраняемые природные территории создаются для сохранения уникального биоразнообразия и поддержания природных комплексов в их естественном состоянии. Лесные пожары также являются естественным фактором природной среды. Полное исключение огня как природного фактора невозможно. Однако увеличение площадей возгорания совершенно не допустимо. Пожары приводят к температурным аномалиям и гибели людей, изменению циркуляционных и гидрологических процессов, которые могут заметно повлиять на увеличение количества и площади возгорания, уничтожению животных, растительности, населенных пунктов, промышленных предприятий, естественного и культурного наследия,

лесного фонда, выводу из строя линий электропередач, изменению состава атмосферного воздуха.

В статье были собраны и систематизированы данные, полученные из государственных докладов и летописей природы Прибайкальского национального парка, находящегося в ведомстве ФГБУ «Заповедное Прибайкалье». Анализ статистических данных позволил заключить, что наиболее пожароопасным годом был 2019, максимальная площадь возгорания составила 1250 га, наименьшая выгоревшая площадь – в 2018 г. (0,04 га).

Расчеты количества эмиссий, поступающих в атмосферный воздух при лесных пожарах, по стандартной методике позволили сделать следующие выводы:

- при горении древесины и ЛГМ на территориях лесничеств в 2017–2019 гг. в атмосферу поступило наибольшее количество оксида углерода, диоксида углерода и ацетальдегида;

- масса выделившихся загрязняющих веществ при горении древесины превышает их массу при горении ЛГМ в 34 раза.

Анализ полученных с помощью программы «Эколог» результатов позволил сделать следующие выводы:

- в атмосферный воздух поступила наибольшая масса токсикантов в результате лесного пожара 07.05.2019 в Прибайкальском лесничестве;

- приоритетными загрязняющими веществами, поступившими в атмосферный воздух от лесных пожаров, явились оксид углерода и ацетальдегид. Концентрации данных веществ максимальны и согласно проведённым расчётам превышали значения ПДК_{мр} в 20–50 раз соответственно, с максимальными радиусами распространения 100 м от эпицентров пожаров.

Таким образом, выбросы от лесных пожаров на ООПТ распространяются на значительные расстояния и вносят огромный вклад в загрязнение атмосферы. Подводя итог, следует отметить, что в результате неконтролируемого горения ЛГМ и дре-



весины на территориях лесничеств Прибайкальского национального парка за рассматриваемый пожароопасный период (2019 г.) в атмосферный воздух поступил большой спектр выбросов вредных газообразных и дисперсных веществ.

Необходимо постоянное проведение мероприятий по снижению объема выбросов загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух в результате лесных пожаров, возникающих на ООПТ:

– создание организованного пропускного пункта для отслеживания количества посетителей;

– ограничение лесной рекреации в пожароопасный период в целях сокращения неорганизованного потока людей на заповедной территории [16];

– проведение мониторинга возгораний с помощью беспилотных летательных аппаратов, усиление авиапатрулирования, использование спутникового мониторинга с высоким разрешением снимков;

– установка автоматических станций контроля загрязнения атмосферы на территориях с высокой вероятностью возникновения и распространения лесных пожаров;

– организация эффективной метеорологической сети путем установки дополнительных метеостанций для повышения точности прогнозов [16].

Библиографический список

1. Воронова О. С. Зима А. Л., Кладов В. Л., Черепанова Е. В. Аномальные пожары на территории Сибири летом 2019 г. // Исследование Земли из космоса. М.: Издательство РАН, 2020. С. 70–82.
2. Заповедное Прибайкалье [Электронный ресурс]. URL: <https://baikal-1.ru>. (дата обращения: 10.06.2020).
3. Кадастровый отчет по ООПТ национальный парк федерального значения «Прибайкальский». Иркутск: ИАС «ООПТ России», 2017. 14 с.
4. Прибайкальский национальный парк. Заповедное Прибайкалье [Электронный ресурс]. URL: <https://baikal-1.ru> (дата обращения: 04.04.2019).
5. Прибайкальский национальный парк. Заповедники и национальные парки мира [Электронный ресурс]. URL: <http://www.zapovedniki-mira.com> (дата обращения: 08.04.2019).
6. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2017 году: гос. доклад. Иркутск: ООО «Мегапринт», 2018. 249 с.
7. О состоянии и об охране окружающей среды Иркутской области в 2018 году: гос. доклад. Иркутск: ООО «Мегапринт», 2019. 307 с.
8. Летопись природы Государственного природного заповедника «Байкало-Ленский» и Прибайкальского национального парка за 2017 г. Иркутск: ФГБУ «Заповедное Прибайкалье», 2018. 463 с.
9. Летопись природы Государственного природного заповедника «Байкало-Ленский» и Прибайкальского национального парка за 2018 г. Иркутск: ФГБУ «Заповедное Прибайкалье», 2019. 423 с.
10. Летопись природы Государственного природного заповедника «Байкало-Ленский» и Прибайкальского национального парка за 2019 г. Иркутск: ФГБУ «Заповедное Прибайкалье», 2020. 380 с.
11. Гармышев В. В., Зырянов В. С., Матюшин В. П. Экологические последствия лесных пожаров на территории Иркутской области. Иркутск: Издательство Иркутского государственного университета, 2009. 145 с.
12. Методика определения и расчета выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров. Приложение 2 к Приказу Государственного комитета Российской Федерации по охране окружающей среды от 5 марта 1997 г. № 90 [Электронный ресурс]. URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=EXP&n=357188#030895540946237654> (дата обращения: 10.04.2020).
13. Методы расчетов рассеивания выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферном воздухе: приказ от 6 июня 2017 г. № 273. М.: Министерство природных ресурсов и экологии РФ, 2017. 80 с. [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/456074826> (дата обращения: 10.02.2020).
14. Прогноз погоды [Электронный ресурс]. URL: <https://m.gp5.ru> (дата обращения: 20.04.2020).
15. Пожары в Иркутской области в 2019 году уничтожили 1,5 млн га леса [Электронный ресурс]. URL: <https://tass.ru> (дата обращения: 07.06.2020).
16. Новикова С. А., Щербакова И. В. Количественная оценка выбросов загрязняющих веществ от лесных пожаров на территории Байкало-Ленского заповедника // Российская цивилизация: история, проблемы, перспективы: материалы XXIII межрегион. молодежной науч.-практ. конф. с междунар. участием. Иркутск: Оттиск, 2020. С. 525–529.

Образец для цитирования:

Новикова С. А., Щербакова И. В. Загрязнение территории Прибайкальского национального парка выбросами от лесных пожаров // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. Сер. Науки о Земле. 2020. Т. 20, вып. 4. С. 240–249. DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-240-249>

Cite this article as:

Novikova S. A., Shcherbakova I. V. Pollution of the Territory of the Pribaikalsky National Park by Emissions from Forest Fires. *Izv. Saratov Univ. (N. S.), Ser. Earth Sciences*, 2020, vol. 20, iss. 4, pp. 240–249 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.18500/1819-7663-2020-20-4-240-249>