

УДК 332.142.4+630\*43

*Регион: экономика и социология, 2014, № 1 (81), с. 257–271*

## **ПРИЧИНЫ И ПОСЛЕДСТВИЯ ПОЖАРОВ В БОРЕАЛЬНЫХ ЛЕСАХ СИБИРИ**

**Ю.Н. Самсонов**

*Институт химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского СО РАН*

**Г.А. Иванова**

*Институт леса им. В.Н. Сукачева СО РАН*

*Статья подготовлена по планам НИР Института химической кинетики и горения СО РАН в рамках приоритетного направления V.46 «Физико-химические основы рационального природопользования и охраны окружающей среды» (проект V.46.5.3) и Института леса СО РАН в рамках приоритетного направления VI.5. «Биологическое разнообразие» (проект VI.52.2.5)*

### **Аннотация**

В период 2000–2010 гг. проведено свыше 30 натурно-модельных экспериментов по исследованию пожаров в бореальных лесах Красноярского края. Получены репрезентативные и статистически достоверные экспериментальные данные по поведению лесных пожаров в климатических и ландшафтных условиях Сибири, по энергетическим параметрам горения лесной биомассы, по эмиссии дымового вещества в атмосферу и по его воздействию на химические, оптические и респираторные свойства приземной атмосферы, по степени послепожарной гибели древостоя в зависимости от интенсивности лесных пожаров, по воздействию пожаров на лесные биоценозы и по динамике их послепожарного восстановления. Практически

все таежные пожары в Сибири являются низовыми, распространяющимися по напочвенной лесной подстилке. Эксперименты показали, что в случае невысокой интенсивности горения лесной подстилки доля погибших деревьев составляет 10–15%. Это означает, что хвойный древостой за время своей естественной продуктивной жизни (150–200 лет) сможет благополучно пережить три-пять пожаров с межпожарным интервалом примерно в 30–40 лет. Полученные экспериментальные данные могут быть использованы при оценках экологического воздействия и экономического ущерба от лесных пожаров в сосновых и лиственничных лесах, наиболее распространенных на территории Сибири.

**Ключевые слова:** лесные ресурсы, горение лесной биомассы, лесной пожар, дымовая эмиссия, погодно-климатические изменения, ущерб от лесных пожаров

### **Abstract**

The authors carried out more than thirty simulative fire experiments in the forests of Krasnoyarsk Krai within the framework of the international projects on fires in boreal forests. We obtained the representative and statistically-valid experimental data on how wildfires behave in the conditions of Siberian climate and landscape; what energy combustion properties of the forest biomass are; what smoke emissions into atmosphere are and how they impact on the chemical, optic, and respiratory properties of the near-earth atmosphere as well as weather and climate; to what degree, depending on fire intensity, the forest stand is destructed after fires; how physical and chemical properties of the forest soils can change; how fires impact on forest biocoenosis; and for how long biocoenosis can be restored after wildfires. In practice, almost all fires in Siberian taiga forests are surface ones and they are spread on the forest ground cover. The experiments show that a share of the destructed trees is 10–15% when combustion intensity is not so high. This means that the softwood timber stand may well survive three-five fires with intervals approximately of 30–40 years over its natural productive life. The data obtained could be applied to assessing ecologic and economic damages from fires happened in the pine and larch forests commonly observed in Siberia.

**Keywords:** forest resources, combustion of the forest biomass, forest fire, smoke emission, weather and climate changes, ecologic and economic damage from fires

Бореальные (таежные) леса Северного полушария, площадь которых насчитывает примерно 1,2 млрд га, представляют собой одну из величайших растительных зон мира (30% от всех мировых лесов) и составляют примерно 25% мировых запасов наземной биомассы. Российские бореальные леса оцениваются в 620–774 млн га, причем их большая часть (520–540 млн га) – это почти сплошные хвойные леса в Сибири.

Лесные пожары являются главным процессом, воздействующим на леса и лесные экосистемы. Хотя официальная статистика недооценивает масштабы лесных пожаров в России, спутниковые наблюдения и наземные обследования показывают, что пожары ежегодно происходят на площади 5–14 млн га в лесных и прилегающих к ним лесостепных зонах Сибири, Якутии и Дальнего Востока<sup>1</sup> [1, 2]. Следует уточнить широко распространенное мнение, что пожары в основном вызываются неосторожным обращением людей с огнем. Действительно, причиной большинства пожаров являются человеческие действия. Однако надо учитывать, что эти пожары происходят вблизи населенных мест, быстро обнаруживаются и тушатся, их площадь не превышает нескольких гектаров. Напротив, природный пожар (здесь можно использовать термин «wildland fire» – пожар в «диких» местах) обычно происходит на удаленных лесных территориях, к нему трудно, а часто и невозможно добраться. При таком пожаре фронт огня самопроизвольно продвигается на многие километры, до тех пор пока не выйдет к естественному препятствию, которым может быть лесной ручей, увлажненный болотистый участок, выгоревшая ранее лесная территория. Площадь одного такого пожара может составлять несколько тысяч гектаров.

Основной причиной пожаров на удаленных лесных территориях являются «сухие грозы» – молниевые разряды, но без выпадения дождя. Возгорание возникает вследствие попадания молнии в дерево. В зоне удара молнии древесина дробится на горящие крупинки, образуя источники возгорания для подсушенной наземной растительной подстилки или для хвои в кроне дерева. Далее происходит распрост-

---

<sup>1</sup> В экстремально пожароопасные сезоны 2003, 2008 и 2011 гг. пожары таежных лесов охватывали площади 18–20 млн га.

ранение огня вокруг первичного очага возгорания, что при определенных условиях (достаточное количество горючих материалов на поверхности, их сухость) приводит к лесному пожару [3]. Нельзя также исключать возгорание леса от регулярно падающих на землю малых метеоритов, из-за самовозгорания выходящих из земли газовых метановых выделений, от разрядов статического электричества между ветками и землей. Существует также мнение, что иногда возгорание может возникнуть при интенсивном микробиологическом гниении биомассы, например в муравьиных кучах. Однако этот процесс маловероятен и труднодоказуем в отличие от повсеместно наблюдаемых «сухих гроз», сопровождаемых молниевыми разрядами.

Исследованием лесных пожаров в Сибирском регионе в течение многих лет занимались сотрудники Института леса СО РАН. Новый этап исследований лесных пожаров осуществлялся начиная с 2000 г. специалистами из Института леса СО РАН, Института химической кинетики и горения СО РАН, Сибирской государственной геодезической академии, Американского агентства по аэрокосмическим исследованиям, Лесных служб США и Канады в рамках нескольких проектов, финансово поддержанных российскими фондами (РФФИ, интеграционные программы СО РАН) и международными организациями (USDA Forest Service, CRDF, NASA, Natural Resources of Canada, ISTC). Особенности этих исследований являлись проведение серии натуральных пожарных экспериментов по моделированию поведения пожаров непосредственно на лесной территории, применение комплекса современных приборов для количественного измерения тех или иных показателей горения лесной биомассы в разных гео-, био- ландшафтных и погодных условиях, использование спутниковых данных по лесным пожарам в Сибири, регулярный многолетний мониторинг послепожарного восстановления лесных экосистем. Ниже мы представим некоторые результаты экспериментов по моделированию пожаров. Эти эксперименты и результаты актуальны для лесной пирологии, биологии и экологии, они также имеют экономическое и социальное значение.

Целью исследований было получение репрезентативного и статистически достоверного количества экспериментальных данных по

поведению лесных пожаров в климатических и ландшафтных условиях Центральной Сибири, по энергетическим параметрам горения лесной биомассы, по эмиссии дымового вещества в атмосферу и по его воздействию на химические, оптические и респираторные свойства приземной атмосферы, по балансу (стоку-притоку) углерода на выгоревших лесных территориях, по изменению общей биомассы и послепожарному отпаду (гибели) древостоя, по изменению свойств лесных почв, по воздействию на лесные экосистемы и по их послепожарному восстановлению в зависимости от интенсивности лесных пожаров. В период 2000–2010 гг. было выполнено свыше 30 натурно-модельных пожарных экспериментов в нескольких таежных районах Красноярского края.

Остановимся на исследованиях, проводившихся на участке «Ярцево» в 2000–2002 гг. Это был изолированный лесной участок («остров») размером примерно 3×2 км, окруженный со всех сторон болотами, что гарантировало невозможность распространения пожара на большую территорию в случае чрезвычайных ситуаций. Участок был разбит на отдельные площадки размером 200×200 м, по границам которых были проложены защитные противопожарные полосы, не позволявшие огню переходить на соседние площадки. Несколько площадок предназначалось для экспериментов по моделированию пожаров (всего было проведено 10 модельных пожаров), остальные были использованы в качестве сравнительных (контрольных) участков для последующего многолетнего мониторинга восстановления лесных экосистем на «пожарных» площадках.

Выжигание площадок проводилось после выполнения подготовительных мероприятий, включавших количественное и качественное описание различных видов лесной растительности до пожара, структуры и исходного запаса основных лесных горючих материалов на площадке, а также их пирологического состояния (степени сухости материалов). Устанавливалась необходимая измерительная аппаратура в 49 позициях по территории площадки (в виде сетки 25×25 м). Текущая информация с датчиков температур во время пожара передавалась на запоминающие электронные устройства, укрытые от перегрева слоем земли, с последующей перезаписью в цифровой форме для

хранения и обработки полученных данных. Зажигание горючего лесного материала осуществлялось зажигательными аппаратами одновременно по всей длине подветренного или пониженного края площадки. Эта операция, контроль за распространением фронта огня, а также суточное наблюдение за слепожарным тлением на площадке выполнялись привлекаемым для этих целей персоналом местных лесных служб.

Для визуализации процесса продвижения огня использовалась видеокамера, помещенная в теплозащитный кожух и установленная непосредственно в зоне лесного горения. С вертолета, зависающего на высоте 1000 м над горящим участком, проводилась инфракрасная регистрация пожара, позволяющая следить, несмотря на сильную задымленность, за продвижением фронта огня и за последующим догоранием лесной биомассы и температурами тления в тыловой части пожара. В дальнейшие после эксперимента дни вновь проводились инспекция и количественный учет слепожарного состояния разных компонентов лесных биоценозов, в том числе определялось количество сгоревшей биомассы в расчете на 1 га выгоревшей площади.

Сравнительно большие размеры опытных площадок позволяли считать, что горение лесной биомассы на них вполне соответствует особенностям природного лесного пожара. Именно в таких натурно-модельных пожарных экспериментах можно было проводить вышеперечисленные допожарные, пожарные и слепожарные количественные и качественные инспекции, учеты и измерения. При природных лесных пожарах получать такие количественные данные было бы физически и технически невозможно.

Во время горения и некоторое время после того, как фронт огня дошел до края площадки, но еще продолжались горение и тление в тыловой зоне пожара, проводился отбор дымовых аэрозолей прокачкой дыма через аэрозольные фильтры. Фильтродержатели располагались непосредственно над «горящей и дымящей» лесной подстилкой на высоте 0,5–1 м, причем потоки дыма здесь имели почти вертикальное восходящее направление. В такой позиции на фильтры попадали только что образовавшиеся горячие дымовые аэрозольные частицы, еще не подвергнутые вторичным физико-химическим трансформаци-

ям (например, насыщению атмосферной влагой) и химическим реакциям в атмосфере (например, с окислами азота и серы). В этом также заключается особенность натурно-модельных пожарных экспериментов, в которых имеется возможность отбора в контролируемых условиях дымовых аэрозолей с их исходным химическим и дисперсным составом, что практически невозможно обеспечить в условиях «диких» лесных пожаров. Отбор газообразных продуктов горения осуществлялся накачкой задымленного воздуха в специальные сосуды. Помимо этого производился забор дымовых аэрозольных и газовых проб во время пролета вертолета на высотах 100–300 м через дымовой шлейф над горящим лесным участком. Пролеты на этих и других высотах (500–700 м) позволяли визуальную оценивать высоту подъема дымовых шлейфов после пожаров разной интенсивности. Высота первичного подъема дымового шлейфа в решающей степени предопределяет дальнейшее распространение дымового вещества на локальные, региональные и даже глобальные расстояния.

В последующие 5–12 лет проводились регулярные наблюдения, во время которых количественно оценивалась динамика послепожарного восстановления различных видов лесной растительности и лесных биоценозов на исследуемых участках. До и после пожарных опытов осуществлялись панорамные (в том числе в 3D-формате) фотосъемки избранных мест пожарных площадок. Фотосъемки выполнялись с фиксированных точек периодически в течение нескольких лет после горения леса, что позволяло визуализировать как степень начального повреждения лесной растительности, так и динамику послепожарного отпада лесного древостоя и последующего восстановления лесных экосистем после горения разной интенсивности. Такие данные дают возможность количественно и качественно прогнозировать характер и степень повреждений сибирских лесов от природных пожаров, которые ежегодно и неизбежно происходят на огромных таежных территориях.

Одним из практических результатов экспериментов является опреление истории пожаров, например, на лесном участке «Ярцево». Каждый низовой лесной пожар оставляет на комле дерева ожоговый след на текущем годичном древесном кольце. С годами след покрывается новыми кольцами, и дерево продолжает расти. Спилев дерево

(живое или старые пни) у комля и отшлифовав спил, можно видеть на срезе ряд «черных» пятен на годовых кольцах. Подсчитав количество колец между ними, можно восстановить историю лесных пожаров на том или ином лесном участке. Нам удалось выявить 14 пожаров (1599, 1661, 1701, 1722, 1737, 1744, 1779, 1813, 1860, 1869, 1912, 1919 и 1956 гг.) за 450-летний период, которые происходили с разной силой на территории участка «Ярцево» в среднем каждые 30–40 лет с вариацией межпожарных промежутков от 7 до 62 лет. За указанное время происходило восстановление наземной растительности после предыдущего пожара, формировался достаточный слой растительных горючих материалов, способствующий возникновению и распространению пожара. Вариация промежутков между пожарами связана скорее всего со случайностью «сухих гроз». Можно предположить, что горение участка после длительного межпожарного периода должно быть более интенсивным из-за большего количества накопленного горючего материала. Однако это не всегда так, поскольку большое значение имеют также текущие погодные условия, которые определяют пирологические свойства (высушенность) лесных горючих материалов.

Выявленная история пожаров позволяет сделать два важных вывода. Во-первых, поскольку лесные участки находятся среди болот и недоступны для людей в летний период (наши экспедиции доставлялись вертолетом), все пожары возникали здесь только по естественным причинам. Во-вторых, из среднего межпожарного периода в 30–40 лет следует, что на таежной территории Сибири ежегодно могут происходить пожары на площади 13–18 млн га (общая площадь 520–540 млн га, деленная на межпожарный интервал 30–40 лет). Эти оценки близки к спутниковым данным – 5–14 млн га [1, 2, 4].

Практически все таежные пожары в Сибири являются низовыми, когда огонь распространяется только по напочвенной лесной подстилке (мох, лишайник, древесный и хвойный опад, упавшие ветки и валежник, кустарнички). Верховые пожары здесь практически невозможны, поскольку для этого необходимы сомкнутость крон хвойных деревьев и/или большое количество разновысокой растительности (растительные ярусы), через горение которых огонь будет подниматься до кроны. Из-за сурового и сухого климата полог древостоя в сосновых лесах Си-



бири весьма разреженный (как правило, деревья не соприкасаются кронами), здесь редко встречаются древесные ярусы, наземная растительность не очень высокая, и, следовательно, нет условий для устойчивого распространения кроновых пожаров. В этом сибирские леса отличаются от бореальных лесов Северной Америки, где тихоокеанские воздушные потоки смягчают климат и увлажняют леса, формируя густые древостои и богатую наземную растительность.

Можно полагать, что низовые пожары не должны вызывать катастрофических последствий для древостоя в сибирской тайге. Натурно-модельные эксперименты показали, что в случае невысокой интенсивности горения лесной подстилки (это типичный пожар в тайге) доля погибших деревьев составляет 10–15%. Это означает, что хвойный древостой за 150–200 лет своей естественной продуктивной жизни сможет более или менее благополучно пережить три-пять таких пожаров с межпожарным интервалом примерно 30–40 лет. В случае высокоинтенсивного низового пожара восходящие потоки горячего воздуха от сгорающих напочвенных горючих материалов повреждают крону деревьев на высоте 10–20 м, что приводит в последующие годы к гибели 70–100% древостоя (рис. 1). К счастью для сибирских лесов, высокоинтенсивные пожары возникают только в экстремальные пожароопасные сезоны на фоне длительных засух, поскольку для таких пожаров необходимо сочетание нескольких факторов, например наличие большого количества лесного горючего материала, его низкое влагосодержание и, главное, появление в это время источника возгорания.

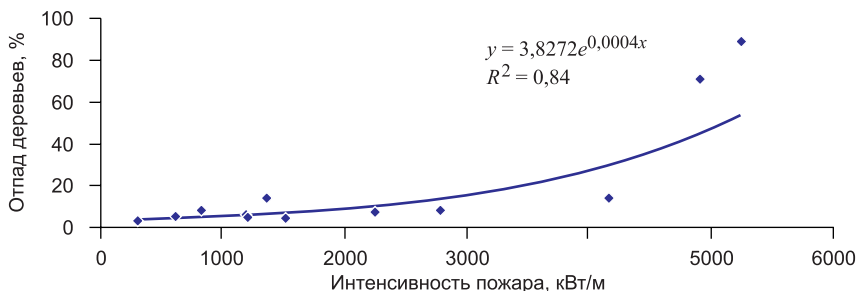


Рис. 1. Зависимость степени отпада (гибели) деревьев в сосняках от интенсивности пожара

В модельных опытах мы имели возможность организовывать пожары низкой, средней и высокой интенсивности, получать при этом не только качественные, но и количественные результаты, используя данные по температурам на разных высотах пламенного горения и по скорости продвижения кромки пламени. Установлено, что максимальные значения температур иногда достигали 1000 °С в зоне пламенного горения напочвенного покрова. Такие пожары и сопутствующие им высокие температуры оказывали губительное воздействие на компоненты экосистемы сосняков. Однако в почве на глубине 5 см температура редко превышала 50°С, в большинстве случаев она повышалась лишь на несколько градусов. Поэтому воздействие лесных пожаров на почвенную микробиоту и на корневую систему некоторых видов растительности оказалось не столь существенным. Количественные данные об уровнях тепловыделения в совокупности со сведениями о запасах и структуре горючих материалов и о сгоревшем их количестве (10–30 т/га для пожаров разной силы) могут служить основой для создания теплофизических моделей горения на огромных лесных территориях и для оценки воздействия пожаров на лесные экосистемы.

Важной особенностью уже выполненных и продолжающихся до настоящего времени работ является комплекс биологических и экологических исследований. Их цель состояла в том, чтобы количественно оценить прямое и косвенное воздействие лесных пожаров разной интенсивности на различные компоненты лесных экосистем. В последующие годы проводился мониторинг послепожарной сукцессии (постадийного восстановления) растительности, отслеживались изменения химических и физических свойств почвы, почвенной микробиоты и прочих компонентов лесных экосистем. Кроме того, наблюдались благоприятные для жизни леса изменения, которые были вызваны лесными пожарами.

После пожаров низкой интенсивности (типичный случай для сибирской тайги) восстановление напочвенной растительности и почвенной микробиоты проявлялось в заметной степени уже через два-три года. Через 7–10 лет многие компоненты экосистемы восстановились практически до допожарного уровня. Полученные данные могут быть использованы при оценке экологического ущерба от лес-

ных пожаров в сосновых и лиственничных лесах, наиболее распространенных на территории Сибири.

Наши исследования показали, что от лесных пожаров имеется по крайней мере один положительный эффект. На выгоревших площадках всегда наблюдается хорошее лесовозобновление хвойных пород (в нашем случае – сосны *Pinus sylvestris*). Такое происходит не случайно, поскольку естественное лесовозобновление на лесных территориях крайне затруднено тем, что почва там обычно покрыта толстым слоем мха, лишайника, травами и кустарничками. Семена (шишки) хвойных деревьев падают на этот слой, они не могут проникнуть через него в почву, где могли бы прорасти. При пожаре лесная подстилка полностью или частично выгорает, шишки падают на обнаженную почву, и семена прорастают. Как следствие, на выгоревших участках появляется большое количество всходов. Вероятно, лесные пожары играют эволюционную роль в периодическом обновлении хвойного древостоя в сибирских лесах. Кроме того, пожары способствуют обновлению ягодников и травяного покрова, создают благоприятную кормовую базу для лесных животных.

Постоянный мониторинг лесных пожаров на территории Сибири с использованием спутниковых систем NOAA/AVHRR и Terra/MODIS и последующая обработка данных (несколько сотен космоснимков) позволили создать геоинформационную базу о лесных и лесостепных пожарах в азиатской части России за 1993–2012 гг. Оценки площадей пожаров в Сибири за 2000–2011 гг. по данным спутниковых наблюдений и по сведениям от региональных лесных служб приведены на рис. 2 (использованы данные из работы [4]). Видим, что статистика лесных служб в 5–20 раз занижает реальные площади пожаров, что связано с невозможностью наземных учетов пожаров на удаленных таежных территориях.

Наши измерения и оценки показывают, что при лесных пожарах в Сибири ежегодно в атмосферу поступает 300–500 млн т продуктов сгорания растительной биомассы в виде газообразных веществ (главным образом это двуокись углерода) и жидко-твердых аэрозольных частичек (дым). Массовая доля аэрозольной эмиссии варьирует от 1–2 до 5–7% от количества сгоревшей биомассы в зависимости от условий

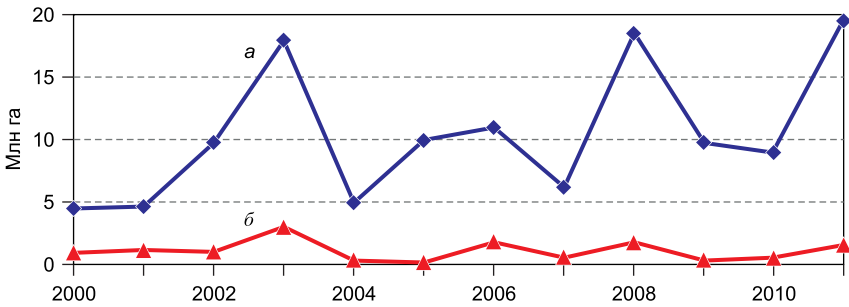


Рис. 2. Площади лесных и лесостепных пожаров в 2000–2011 гг. по спутниковым наблюдениям AVHRR/MODIS (а) и по данным лесных служб России (б)

горения (собственные и литературные данные), однако роль аэрозольной эмиссии в атмосферном теплообмене часто является доминирующей. Это связано с тем, что в дымовой эмиссии присутствуют тонкодисперсные (субмикронные) частицы, в значительной мере состоящие из элементарного углерода (сажа, черный углерод). Такие частицы, длительно находясь во взвешенном состоянии в атмосфере, эффективно поглощают и рассеивают солнечное излучение, т.е. могут влиять на теплообмен между атмосферой, земной поверхностью и солнечной радиацией и, следовательно, могут воздействовать на локальную погоду и глобальный климат. Здесь важно отметить, что потенциальное климатическое действие аэрозольной дымовой эмиссии (охлаждение?) является компенсирующим по отношению к воздействию газовых продуктов горения (диоксида и оксида углерода, метан, другие «парниковые» химические соединения), гипотетически приводящему к глобальному потеплению. Поэтому сведения о количестве, химическом и дисперсном составе дымовой эмиссии от крупномасштабных лесных пожаров являются необходимыми для создания и верификации прогностических компьютерных моделей глобального или регионального погодного-климатического тренда. Они важны для исследований оптических и химических свойств атмосферы, а также для оценки респираторного качества приземного воздуха.

На рисунках 3 и 4 показаны результаты измерения дисперсных размеров и химического состава дымовых аэрозольных частиц. Мате-

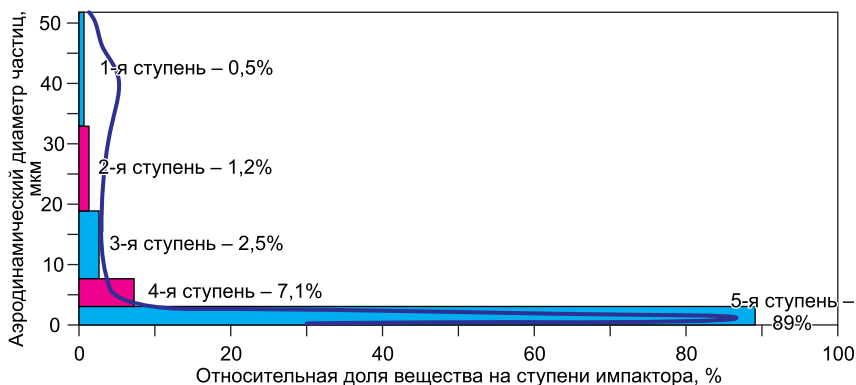


Рис. 3. Массовое распределение дымовой эмиссии от лесных пожаров по дисперсным фракциям, измеренное инерционным каскадным импактором с пятью рабочими ступенями

Гистограммные прямоугольники – прямые импакторные данные; двумодовая кривая – результаты, скорректированные на особенности импакторного отбора дымовых аэрозолей

матическая обработка этих и других измерений показала, что, во-первых, около 90% от полной массы дымовых частиц имеют размеры меньше и около 1 мкм по диаметрам. Такие частицы могут эффективно рассеивать солнечное излучение в атмосфере. Во-вторых, частицы содержат значительное количество – примерно 3–18% – элементарного углерода (сажи, черного углерода), который может эффективно поглощать солнечный свет. Все это подтверждает тезис, что дымовые эмиссии от широкомасштабных лесных пожаров являются существ-

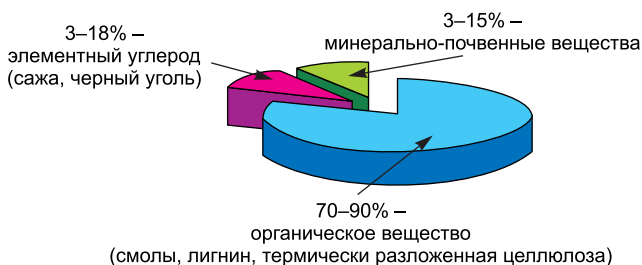


Рис. 4. Обобщенный химический состав дымовых частиц

венным фактором в постоянно проходящем теплообмене между атмосферой, земной поверхностью и солнечным излучением. Эти процессы в той или иной степени связаны с погодно-климатическими изменениями, по крайней мере в региональных масштабах.

Дымовые частицы с субмикронными и околомикронными размерами могут попадать в органы дыхания людей и животных и задерживаться там, что потенциально опасно для здоровья. Полученные данные о концентрациях и дисперсных размерах дымовых частиц дают основу для количественных и качественных прогнозов химического, экологического и медицинского воздействия пожарных дымов на качество приземной атмосферы, на здоровье населения на территориях, находящихся в створе ветрового переноса дымов от лесных пожаров. Эти данные необходимо учитывать при прогнозе и категоризации экологических и санитарно-гигиенических условий проживания людей на тех или иных сибирских территориях. Отметим также, что помимо спонтанного горения природной биомассы проводится сжигание больших количеств биотоплива (дров) для бытовых целей.

Экономическое значение воздействия лесных пожаров двоякое. Пожары в удаленных и недоступных лесных массивах (в большинстве случаев эти пожары не катастрофические) не наносят какого-либо прямого экономического ущерба. Однако пожары на лесных участках в зоне эксплуатационной доступности существенно влияют на кадастровую стоимость этих участков<sup>2</sup>. Во-первых, ухудшается возможность для лесничеств и населения использовать природные ресурсы (ягоды, грибы, древесную живицу, объекты охоты) на выгоревшей площади леса. Во-вторых, снижается категория (ценность) оставшегося древостоя при последующей вырубке участка. В-третьих, ослабленные огнем деревья часто подвергаются атакам вредных насекомых, повреждающих древесину. Поэтому выгоревшие лесные участки необходимо как можно быстрее выделять для сплошной рубки. Отметим, что сплошная рубка, которая обычно сопровождается разрушением (сдиранием) живого напочвенного покрова и дернины,

---

<sup>2</sup> Сведения об экономическом ущербе от лесных пожаров приведены в работах [5, 6].

способствует попаданию семян в почву и успешному росту новой генерации хвойных деревьев.

Общий ущерб от лесных пожаров в России оценивается в 3–7 млрд руб. ежегодно [6]. Суммарный ущерб включает в себя потери древесины на корню в средневозрастных, приспевающих, спелых и перестойных насаждениях. Номинально эти потери составляют 50–100 млн куб. м древесины в расчете на полную площадь пожаров в 5–14 млн га, что в денежном выражении составит сумму в десятки миллиардов рублей. Однако столь большой ущерб экономически не проявляется из-за того, что большинство пожаров происходит на эксплуатационно недоступных таежных территориях. Сюда также входит ущерб от повреждения молодняков естественного и искусственного происхождения, прямые затраты на организацию противопожарной службы и расходы на тушение лесных пожаров, а также разного рода косвенные расходы, например на расчистку горельников, на дополнительные санитарные рубки, на лесопосадки на выгоревших площадях.

### Литература

1. **Conard S.G., Ivanova G.A.** Wildfires in Russian boreal forest: Potential impacts of fire regime characteristics on emission and global carbon balance estimates // *Environmental Pollution*. – 1997. – V. 98. – P. 305–313.
2. **Cahoon D.R., Stocks B.J., Levine J.S. et al.** Satellite analysis of the severe 1987 forest fires in northern China and southeastern Siberia // *J. Geophys. Research*. – 1994. – V. 99. – P. 18627–18638.
3. **Иванов В.А., Иванова Г.А.** Пожары от гроз в лесах Сибири. – Новосибирск: Наука, 2010. – 164 с.
4. **Kukavskaya E., Soja A., Petkov A. et al.** Fire emission estimates in Siberia: evaluation of uncertainties in area burned, land cover, and fuel consumption // *Canadian J. Forest Research*. – 2013. – V. 43. – P. 493–506.
5. **Global Forest Resources Assessment 2010 Main Report**. – URL: <http://www.foris.fao.org/static/data/fra2010/KeyFindings-ru.pdf> (дата обращения 16.12.2013).
6. **Воробьев Ю.Н., Акимов В.А., Соколов Ю.И.** Лесные пожары на территории России: состояние и проблемы. – М.: ДЭКС-ПРЕСС, – 2004. – 312 с.

*Рукопись статьи поступила в редколлегию 16.12.2013 г.*