

УДК 614.841.2

## Исследование и анализ пожароопасных ситуаций технологических процессов при производстве канифоли на примере АО «СЛХЗ»

*Жук Ю.В.*

*ООО «Альт»*

**Аннотация.** В статье рассматриваются проблемы управления пожарной безопасностью на химических предприятиях. Приводится анализ пожаров, произошедших на химических предприятиях на территории РФ за 2016-2019гг.

Проводится анализ возникших за последние 5 лет пожаров при производстве канифоли на АО «Сибирский лесохимический завод» в г. Лесосибирске.

Рассматриваются причины возникновения пожаров на АО «Сибирский лесохимический завод», варианты развития пожароопасных ситуаций и оценивается ущерб от общего количества возникших пожаров. Разрабатываются мероприятия для возможного снижения числа пожаров на конкретном производстве.

**Ключевые слова:** химическое производство, аварии, пожары, взрывы, анализ технологических процессов, пожарная безопасность.

## Research and analysis of fire hazardous situations of technological processes in the production of rosin on the example of JSC "Siberian wood-chemical plant"

*Zhuk J.V.*

*LLC "Alt"*

**Abstract.** The article deals with the problems of fire safety management at chemical enterprises. The analysis of fires that occurred at chemical plants on the territory of the Russian Federation for 2016-2019 is given.

The analysis of the fires that have arisen over the past 5 years during the production of rosin at the JSC "Siberian wood-chemical plant" in the city Lesosibirsk.

The reasons for the occurrence of fires at the JSC "Siberian Wood Chemical Plant", the options for the development of fire hazardous situations are considered, and the damage from the total number of fires that have arisen is estimated. Measures are being developed for a possible reduction in the number of fires in a specific production.

**Key words:** chemical production, accidents, fires, explosions, analysis of technological processes, fire safety.

### **Введение**

Химическая промышленность в настоящее время, является наиболее востребованной и динамично развивающейся отраслью экономики во всем мире.

Потребность в продукции химической и, в частности, лесохимической промышленности постоянно растет, что соответственно требует создания и реализации новых высококачественных и высокоэффективных химических продуктов для широкого ряда отраслей.

Особое место среди продуктов лесохимической промышленности в настоящее время, занимает живичная канифоль и её вторичные продукты. Канифоль и её производные находят широкое применение при производстве пластмасс, лаков, красок, резин, пропиточных составов, смазочно-охлаждающих

жидкостей, электроизоляционных компаундов и мастик, водорастворимых и полимерных флюсующих составов. [11].

На сегодняшний день лесохимическая промышленность является единственным поставщиком живичной канифоли. За последние три года в России наблюдалась тенденция к небольшому снижению, а затем росту производства канифоли, смоляных кислот и их производных.

В 2018 году в России было произведено 37 250,8 тонн канифоли и смоляных кислот и их производных, что на -16,8% ниже объема производства 2017 года. [7].

Производство канифоли и смоляных кислот и их производных в ноябре 2019 года увеличилось на 0,4% к уровню ноября прошлого года и составило 2 610,8 тонн [7].

Лидером производства живичной канифоли, смоляных кислот и их производных в (тонн) от общего произведенного объема за 2018-2019 года стал Сибирский федеральный округ с долей около 64,8%. [8].

Одним из основных производителей и поставщиков живичной канифоли в Сибирском федеральном округе является Акционерное общество «Сибирский лесохимический завод» в г. Лесосибирске Красноярского края, входящий в состав Акционерного общества «Управляющая компания «Биохимического холдинга «Оргхим» г. Нижний Новгород.

Сибирский лесохимический завод (далее АО «СЛХЗ»), наряду с современными предприятиями химической промышленности, является технически сложным и пожароопасным производством, управление и анализ деятельности которого требует высокоэффективных и оперативных решений по анализу и раннему обнаружению возможных опасных факторов возникновения пожара.

### **Анализ пожаров на химических производствах на территории РФ**

На текущий период сложилась достаточно сложная ситуация с обеспечением пожарной безопасности на химически опасных производствах. За последние годы, несмотря на попытки правительства и органов государственного пожарного надзора повысить степень пожарной безопасности опасных производств на территории РФ, риск возникновения опасных факторов и количество пожаров на предприятиях химического производства не снижается.

При проектировании, строительстве и эксплуатации объектов химической и нефтехимической промышленности, учитываются и соблюдаются нормы и требования регламентирующих документов в области пожарной безопасности, однако, при фактическом анализе производства установлено, что на объектах химической промышленности, зачастую, эксплуатируется старое оборудование, используются морально устаревшие технологии, основные фонды изношены и не удовлетворяют современным требованиям. Реализация требований к санитарно-защитным зонам не выполняется в полном объеме. При более детальной оценке управления пожарной безопасностью объектов, выявляются нарушения и несоблюдения внутренних распоряжений и требований предприятия.

Все вышеперечисленные показатели, как и многие другие сопутствующие факторы, существенно влияют на неуклонный рост угроз возникновения аварий и увеличение количество пожаров на химических производствах, что подтверждается статистикой МЧС России [14].

Количество пожаров на объектах химической промышленности за период с 2015 по 2019гг., представлено на рис. 1.

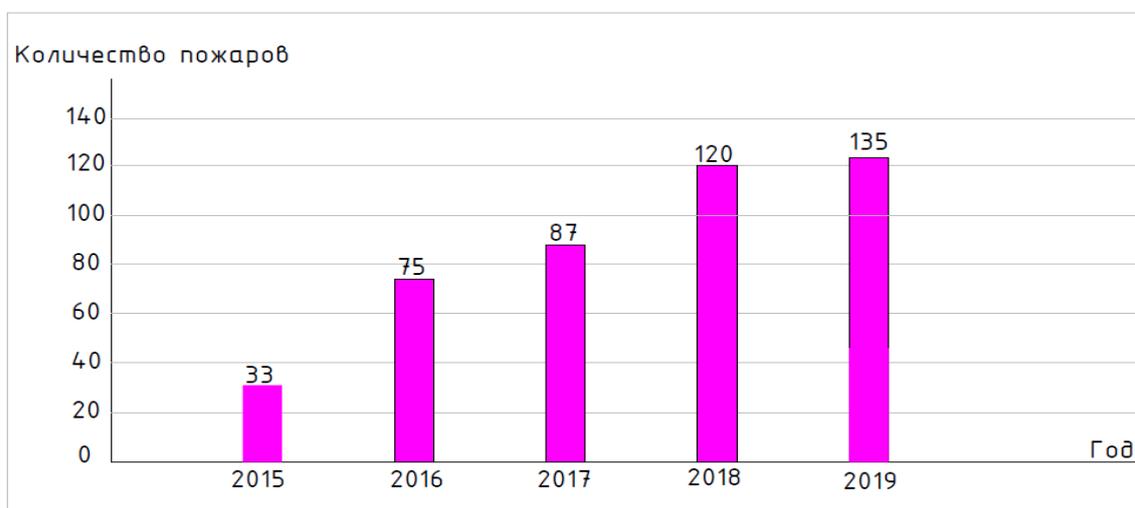


Рис. 1. Количество пожаров на объектах химической промышленности за период с 2015 по 2019гг.

Как видно из рисунка выше, число пожаров в отрасли химической промышленности, несмотря на принимаемые меры пожарной безопасности на предприятиях, за последние годы не снижается. Ежегодное количество пожаров, находится в диапазоне от 26 до 120 пожаров в год.

Как свидетельствует опыт и практика, для реализации пожарной безопасности на химических предприятиях предусматривается создание ряда мероприятий, которые направлены на снижение угрозы возникновения пожаров:

- контроль и применение системы безопасного отключения технологического оборудования;
- поведенческая безопасность работающего персонала;
- наличие современной системы противопожарной защиты;
- наличие системы механической защиты и др.

В то же время, несмотря на все принимаемые решения и действия по снижению угрозы возникновения неблагоприятных факторов, всегда остаются риски, вызываемые как естественными причинами, так и причинами, связанными с человеческим характером.

Химически опасные производственные объекты, как и объекты с хранением химически опасных веществ, в полной мере должны быть оснащены современными техническими средствами, направленными на обнаружения пожара на ранней стадии т.к. каждый малозначительный инцидент или случай, связанный с возможностью развития аварии, может нанести существенный вред экономике предприятия, окружающей среде и как следствие местному населению.

Попробуем проанализировать и понять, возможные сценарии возникновения пожаров, возникающих на химическом производстве на примере Акционерного общества «Сибирский лесохимический завод», основным сырьем которого является живичная канифоль.

### Краткая характеристики пожарной опасности производства канифоли

Основная деятельность АО «СЛХЗ» связана с производством живичной канифоли. Живичная канифоль – твердая часть смолистых веществ хвойных пород деревьев (живицы), получаемая путем дистилляции (отгонки летучих веществ) скипидара. Живичная канифоль, производимая на АО «СЛХЗ», используется в клининге и парфюмерии (лесептик<sup>1</sup> и терпайн<sup>2</sup>), в горнодобывающей отрасли (лесептик), в производстве шин, каучука и РТИ (Norman<sup>3</sup>, терпеновые смолы), производстве лакокрасочных материалов (пентаэритритовые эфиры канифоли) и пр.

Производство продуктов на основе канифоли относится к категории пожароопасных, а отдельные из них к взрывоопасным.

<sup>1</sup> Лесептик - прозрачная жидкость, концентрат, получаемая из соснового масла

<sup>2</sup> Терпайн - смесь терпеновых спиртов, получаемая из скипидара

<sup>3</sup> Norman - технологическое масло. Применяется как пластификатор для синтетического каучука

Живичная канифоль – горючее вещество, склонное к тепловому самовозгоранию. Температура самовоспламенения 321 °С. Воспламеняется от открытого пламени. Горит с образованием токсичных газов и густого дыма. Возможно, тепловое и химическое самовозгорание. Емкости с канифолью могут взрываться при нагревании. Взвешенная в воздухе пыль канифоли взрывоопасна. Осевшая пыль пожароопасна. Причем пыль не имеет верхнего предела пожароопасности, только нижний. Поэтому при хранении канифоли обязательны периодические работы по обеспыливанию помещения [12].

Основную пожарную опасность при производстве канифоли и скипидара на ОАО «СЛХЗ» представляют скипидар и материалы, содержащие его (смола).

Живица имеет температуру воспламенения 46 °С и воспламеняется от любого открытого источника пламени, даже небольшого. Между тем, благодаря высокой вязкости при обычных температурах, смола не растекается по большой площади, а испарение скипидара происходит на небольшой площади, что приводит к локальному характеру образования взрывоопасных смесей.

Процессы плавления смолы, осаждения скипидара и кипения смолы происходят при высоких температурах и являются взрывоопасными и легко воспламеняющимися. Волокна, пропитанные скипидаром или смолой, могут самовоспламеняться на воздухе.

Процесс розлива канифоли крайне опасен, однако при заполнении охлаждающих барабанов в цехе может накапливаться канифольная пыль, что может привести к образованию взрывоопасных смесей.

### Анализ пожаров на АО «СЛХЗ»

Одним из опасных химических объектов, с довольно частыми по статистике возникновениями пожаров, приведенных в анализе выше, является АО «СЛХЗ» г. Лесосибирск.

Количество пожаров на АО «СЛХЗ» г. Лесосибирск за период с 2016 по 2021г., представлено на рис. 2.

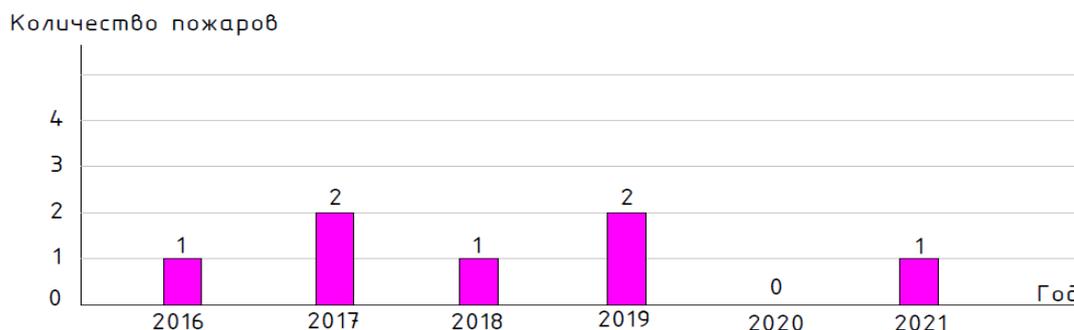


Рис. 2. Количество пожаров на АО «СЛХЗ» г. Лесосибирск за период с 2016 по 2021гг.

Последний факт возгорания на АО «ЛХЗ» произошел 11 января 2021г. [21] и как видно из рис.2., количество пожаров за последние годы на ОА «СЛХЗ» не уменьшается.

Основным возможным фактором возникновения пожара на АО «СЛХЗ» является канифоль и ее производные. Исходным сырьем для производства канифоли служит обыкновенная сосновая смола (живица), в которую кроме канифоли входят летучие соединения скипидара. Процесс изготовления включает в себя очищение канифоли путем выпаривания этих соединений.

При более детальном рассмотрении технологического процесса производства канифоли АО «СЛХЗ», можно проследить несколько возможных факторов возникновения пожаров.

Рассмотрим несколько сценариев пожаров возникших на АО «СЛХЗ» за последние 5 лет.

### Пожар пролива

В рассматриваемом сценарии возможен пролив: скипидара, получаемого при канифольно-терпентинном производстве, либо теплоносителя ТЛВ-330<sup>4</sup>, используемого в системе отопления

<sup>4</sup>ТЛВ-330 – высокотемпературный синтетический теплоноситель на основе полиалкилбензола, Температура начала кипения при 1 атм., 346-350°С, Температура вспышки в открытом тигле, не менее 195°С, Температура самовоспламенения 400°С.

предприятия. При разгерметизации технологического оборудования происходит пролив скипидара либо теплоносителя.

Т.к. производственный процесс связан с повышенной температурой жидкости, при аварии часть пролившейся жидкости (скипидара, либо теплоносителя ТЛВ-330) начинает испаряться. Возникающий в процессе испарения над местом пролива пар, образует воспламеняющуюся с воздухом смесь. Объем образовавшегося облака легковоспламеняющейся смеси будет зависеть от давления паров разлившейся жидкости и скорости движения воздуха в помещении. При возникновении горючей среды и воспламенении паров горючих газов, на поверхности пролива образуется диффузионное пламя, которое классифицируется как пожар пролива.

Излучение и проводимость пламени в результате пролитой жидкости приведут к дальнейшему испарению, которое будет поддерживать пламя до тех пор, пока вся пролитая жидкость не сгорит.

Данный сценарий стал причиной пожара, произошедшего на АО «СЛХЗ» в июне 2017г., на участке гранулирования, в районе электродотла №4.

В результате разуплотнения и разрушения прокладки на обогревательном элементе электродотла, произошла утечка теплоносителя ТЛВ-330, что привело к возникновению пожара и временному выходу из строя оборудования отопления.

### **Взрыв расширяющегося пара кипящей жидкости**

Этот сценарий аварии применим к установке плавления живицы и котлу ВОТ<sup>5</sup> №4 с теплоносителем ТЛВ-330.

Аварийная ситуация может возникнуть, если на резервуар с живицей или котел ВОТ попадает горящий факел. В таком случае давление в резервуаре увеличивается, тогда как стенка резервуара выше уровня жидкости в это время теряет прочность из-за высокой температуры. В результате резервуар выходит из строя, облако пара кипящей жидкости выходит в объем помещения и давление в резервуаре падает. В этом случае перегрев в жидкости, вызывает спонтанное парообразование и испарение с быстрой скоростью, что приводит к всплеску давления в резервуаре. Взрыв высвобождает наружу содержимое всего резервуара.

Резервуары и установки при перегонке смолы и котлы ВОТ работают при высоких температурах и давлениях. Полученные на выходе материалы легко воспламеняются и создают значительную опасность взрыва и пожара.

Похожий сценарий пожара произошел на АО «СЛХЗ» 11 января 2021г.

Во время эксплуатации котла ВОТ-Ф-6, при нагреве циркуляционного контура котла с целью обезвоживания и дальнейшего прогрева, в результате грубого нарушения инструкции по эксплуатации, влага попала в расширительный бак №1, произошло вскипание теплоносителя, давление поднялось до критического уровня в результате чего произошел выброс теплоносителя ТЛВ-330 и его последующее возгорание [21].

### **Факельное горение**

При перегонке скипидара или соснового масла в сосуде или трубопроводе, содержащем пары скипидара или масла соснового под давлением, возможно образование отверстия, через которое будет происходить выход газа в виде струи.

Эта струя переносит воздух и достигает огнеопасной концентрации на небольшом расстоянии от источника события. При воспламенении смеси образуется диффузионное пламя в виде струи или усеченного конуса, что характерно для факельного горения.

Факельное горение также может возникнуть в случае, когда вытекающая жидкость представляет собой жидкость под давлением (например, жидкий скипидар). В этом случае значительная часть жидкости на выходе превращается в пар; оставшаяся жидкость в виде тумана немедленно испаряется, поглощая тепло от пламени, а затем участвует в горении. Примеры распространенных нежелательных случайных возгораний пламени — это те, которые возникают в результате утечки из-за распространяющихся трещин, ослабленных фланцевых соединений, трещин в шлангах или трубах малого диаметра.

<sup>5</sup> Котел ВОТ – котел с высокотемпературным органическим теплоносителем

Данный сценарий стал источником возгорания произошедшего в феврале 2015г., на участке хим. отделения на отм. +6.000.

При ремонтных работах на участке перегонки при замене фланцевых соединений, в результате нарушения техники безопасности и пожарной безопасности при производстве пожароопасных работ, произошла утечка паров скипидара. При дальнейших ремонтных газосварочных работах произошло возгорание.

### **Пожар при разгерметизации технологического оборудования в результате его изношенности**

Коррозия технологического оборудования при канифольно-терпентинном производстве, характеризуется наличием в древесной смоле (живице) серной кислоты, а также присутствием фосфорной кислоты, добавляемой в смолу при технологии ее плавления.

На этапе перекачки холодной смолы коррозия оборудования незначительная, а все технологические устройства (шнеки, бетононасосы, перекачивающие резервуары, емкости) изготовлены из стали с высоким содержанием углерода. Самая сильная коррозия возникает в оборудовании, используемом для плавления смолы и в материале для отстойников канифоли. Сталь в данных условиях имеет недостаточную долговечность, поэтому оборудование для плавления смол должно изготавливаться из сталей, содержащих молибден. Изготовление плавильников и отстойников для канифольно-терпентинного производства, должно быть из углеродистой стали при условии ее защиты от коррозии кислотостойким покрытием.

В случае с оборудованием АО «СЛХЗ», имеющим достаточно устаревший производственный фонд, данное требование выполнено не во всех технологических процессах. Изношенность производственного фонда стала источником возгорания произошедшего в феврале 2008г., на участке сбора канифольных продуктов.

В результате изношенности бака–отстойника для сбора канифоли и разрушения внутренней и внешней изоляции, произошла разгерметизация бака, в результате чего возникла утечка канифоли и в последствии дальнейшее ее возгорание. [20].

Заводские дефекты технологического оборудования.

Причинами возникновения пожаров часто являются нарушение технологических процессов и неисправность оборудования, в том числе заводской брак.

Пожары, произошедшие на АО «СЛХЗ», связанные с заводским браком:

- 05 июня 2017г., - пожар на участке котла КЭТ-ТМ-200. Причина – разгерметизация КЭТ-ТМ<sup>6</sup>, в следствии разрушения прокладки в месте присоединения одного из нагревательных элементов котла;

- 19 декабря 2018г., - в процессе эксплуатации котла ВОТ №4 произошел пожар, из-за выдавливания теплоносителя ГЛВ-330, через верхнюю часть корпуса. В результате расследования пожара было выявлено, что основной причиной выхода котла из рабочего состояния с последующим возгоранием, послужило некачественное изготовление комплектующих котла, а именно ТЭН<sup>7</sup>-ов марки ТЭНБ-8. [20];

- 15 ноября 2018г. – прогорание ТЭНа марки ТЭНБ-8 на котле КЭТ-ТМ, в следствие перегрева корпуса ТЭНа в месте соединения контактного стержня и нагревательной спирали, ввиду внутреннего изолирующего слоя ТЭНа.

При оценке материального ущерба от возникших пожаров на АО «СЛХЗ» установлено, что средний уровень материального ущерба от одного возгорания на рассматриваемом объекте, составляет порядка пятисот тысяч рублей.

Анализ технологических процессов и сценариев возможных и уже произошедших возгораний на АО «СЛХЗ» показал, что основными причинами возникновения и развития пожаров на производстве являются:

- потеря целостности производственного оборудования, разгерметизация технологических установок, в связи с их изношенностью;
- коррозия технологического оборудования;
- ведение работ, связанных с ремонтом и техническим обслуживанием производственного оборудования с грубым нарушением пожарных требований, распоряжений и норм;

<sup>6</sup> КЭТ-ТМ – электрический термомаслянный индукционный котел

<sup>7</sup> ТЭН - нагревательный элемент котла, который представляет собой резьбовой фланец, на котором герметично запрессованы два или три трубчатых электронагревателя напряжением 220В.

- повреждение и выход из строя технологического оборудования, связанное с халатным отношением обслуживающего персонала;
- эксплуатация оборудования неквалифицированным персоналом, не имеющим специальных допусков и подготовки;
- заводской брак оборудования и комплектующих к нему;
- недостатки систем управления безопасностью;
- ошибки персонала.

### **Вывод**

При анализе статистических исследований по количеству аварий и пожаров на объектах химической отрасли, произошедших на территории РФ, можно сделать вывод, что пожары обладают высокой степенью опасности, которая несет тяжкие последствия и затрагивает экономические, социальные и экологическим сферы жизни.

АО «СЛХЗ», как и другие химически-опасные производственные объекты, обладает большой потенциальной опасностью в аварийных ситуациях, для которого в особой мере требуется разработка оперативных и высокоэффективных решений, направленных на раннее выявление пожаров и обнаружение возможных источников возгорания.

При анализе пожаров на примере производства канифоли на АО «СЛХЗ» можно сделать вывод, что возникшие пожары были следствием изношенности или брака технологического оборудования, ошибок персонала при производстве работ и контроле за технологическим процессом.

Существующая система обнаружения пожара является устаревшей и не справляется с возможностью раннего обнаружения, тушения и оповещения персонала о возгорании.

Необходимо ввести строгий контроль за технологическим процессом и провести модернизацию существующего оборудования. Заменить морально устаревшую систему пожарной автоматики, с использованием современных систем противопожарной защиты. Разработать актуальную систему анализа применяемых решений и алгоритмов управления, нацеленных на поддержку повышения уровня пожарной безопасности на предприятии.

Значимость и актуальность данного исследования определена потребностью в создании современной высокотехнологичной системы поддержки и управления решениями при определении потенциальных угроз и рисков возникновения пожаров, с целью распределения ресурсов для обеспечения пожарной безопасности на объектах химического производства, в частности на АО «СЛХЗ». Необходимостью их применения в виде цифровых информационных систем и интеллектуальных методов, сокращающих время принятия решений при большом количестве предварительной информации.

Совокупность полученных результатов позволит сформировать рекомендации и разработать возможные сценарии по применению конкретных мероприятий, направленных на снижение возникновения пожаров при производстве канифоли на АО «СЛХЗ».

### **Литература**

1. Федеральный закон № 69-ФЗ от 21.12.1994 г. «О пожарной безопасности».
2. Федеральный закон № 123-ФЗ от 22.07.2008 г. «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».
3. Федеральный закон от N 116-ФЗ от 21.07.1997 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов»
4. Приказ МЧС России № 630 от 31.12.2002г. «Об утверждении правил по охране труда в подразделениях ГПС МЧС России».
5. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 21 ноября 2013 г. N 559 г. Москва "Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности "Правила безопасности химически опасных производственных объектов".
6. Распоряжение от 28 августа 2019 года №1906-р. «Обеспечение химической и биологической безопасности Российской Федерации».
7. Рынок канифоли и смоляных кислот в России. Текущая ситуация и прогноз 2021-2025гг. Atto Consu.

8. Анализ рынка канифоли и смоляных кислот в России в 2016-2020гг, оценка влияния коронавируса и прогноз на 2021-2025гг. BusnesStat.
9. С.Б. Путин, В.Д. Самарин. Комплексная система химической безопасности России: Теоретические основы и принципы построения.
10. Рекомендации по организации и ведению боевых действий подразделениями пожарной охраны при тушении пожаров на объектах с наличием аварийно-химически опасных веществ. Утверждены Заместителем Министра Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Е.А. Серебренниковым и начальником ФГУ ВНИИПО МЧС России Н.П. Копыловым 8 декабря 2003 года.
11. Лесной и химический комплексы – проблемы и решения. Сборник материалов по итоговой Всероссийской научно-практической конференции (9 декабря 2016г. Красноярск). 2016г.
12. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник. Издание второе, переработанное и дополненное. Часть II., 2004г.
13. Статистика пожаров на объектах химической и нефтехимической промышленности. А.В. Смирнов, Р.Ш. Хабибулин (Академия ГПС МЧС России). Интернет-журнал "Технологии техносферной безопасности" (<http://ipb.mos.ru/ttb>) Выпуск № 5 (69), 2016г.
14. Химическая безопасность и аналитический контроль техногенных объектов. Учебное пособие. С.Г. Сибиряков, Министерство образования и науки РФ. ЯрГУ, 2013г.
15. Статистический сборник «Пожары и пожарная безопасность в 2016г. Статистика пожаров и их последствий», ФГБУ ВНИИПО МЧС России, Москва, 2017г.
16. Статистика пожаров за 2019 год. Статистический сборник: Пожары и пожарная безопасность в 2019г., ВНИИПО, 2020г.
17. РИА Новости/МЧС РФ (<https://ria.ru/20190506/1553290286.html>).
18. Акт технического расследования технологического происшествия на АО «СЛХЗ» г. Лесосибирск, 2017г.
19. Акт технологического расследования причин инцидента возгорания в котельной АО «СЛХЗ» г. Лесосибирск 01.02.2018г.
20. Акт №37 технического расследования технологического происшествия АО «СЛХЗ» г. Лесосибирск 30.01.2019г.
21. Акт технического расследования №1 АО «СЛХЗ» г. Лесосибирск от 12.01.2021г.