

Д. Г. Округин, Г. Ф. Яричина

## **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЖАРНЫМИ РИСКАМИ АДМИНИСТРАТИВНЫХ ТЕРРИТОРИАЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ (С ПРИМЕНЕНИЕМ АВИАЦИОННОГО И КОСМИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА)**

*Обоснованы методы идентификации и оценки пожарных рисков для населенных пунктов и объектов в лесу. Проанализированы экономические механизмы снижения лесопожарных рисков с учетом природно-климатических и экономических условий территории. Описаны принципы и порядок оценки лесопожарных рисков, раскрыты опасности возникновения, позднего обнаружения, развития и безуспешного тушения лесных пожаров, объяснены ключевые факторы обеспечения пожарной безопасности населенных пунктов и объектов в лесу. Приведена экономико-математическая модель управления лесопожарными рисками с использованием критерия минимальности суммарных убытков от лесных пожаров.*

*Ключевые слова:* экономические механизмы, риск, чрезвычайная ситуация, ущерб, пожар.

В настоящее время проблема предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС) по-прежнему актуальна и требует глубокого социально-экономического анализа. Наносимый обществу и экономике ущерб вследствие возникновения аварий и катастроф чрезвычайно велик, поэтому необходим поиск различных путей его снижения. Значительный прогресс в этом направлении достигнут в организационно-правовой и технической сферах. К сожалению, система социально-экономического регулирования безопасности в техногенной и природной сферах разработана недостаточно, есть лишь отдельные элементы такой системы, которая определяется существующей нормативной базой.

В обществе сформировалось понимание решающей роли безопасности как базовой составляющей сохранения цивилизации, обеспечения безопасности жизнедеятельности в рамках устойчивого развития [1]. В связи с этим возникает проблема выбора стратегии социально-экономического развития, важнейшей частью которой является определение различных рисков. Среди множества рисков особую роль играют пожарные риски, характеризующиеся более высокой вероятностью возникновения и присущие практически каждому объекту, территории, населенному пункту.

Достижение высокой эффективности в области предупреждения и снижения последствий ЧС природного и техногенного характера возможно при оптимизации инвестиций в систему мероприятий по снижению соответствующих рисков. Другими словами, возникает проблема управления рисками, заключающаяся в оптимизации соотношения между затратами на предупреждение и снижение отрицательных последствий ЧС и величиной ожидаемого ущерба. Задача состоит в том, чтобы определить оправданные с точки зрения общества расходы на обеспечение безопасности, с одной стороны, а с другой стороны, рационально их распределить по различным направлениям деятельности.

Другим аспектом проблемы повышения эффективности мероприятий по предупреждению ЧС является оценка наносимого ущерба. Во многих случаях учитывается только прямой экономический ущерб, в то же время не оценивается или оценивается в неполной мере социальный, экологический и другие виды ущерба. Уч-

итывая, что при решении вопроса о целесообразности затрат на те или иные мероприятия сопоставляются затраты и величина предотвращенного ущерба, ясно, что недооценка различных составляющих как прямого, так и косвенного ущерба ведет к ошибочным выводам в отношении эффективности рассматриваемых мероприятий.

В действующей законодательной и нормативной базе Российской Федерации практически отсутствуют проработанные экономические механизмы, направленные на стимулирование проведения мероприятий по снижению рисков и смягчению последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий. Слабая нормативная обеспеченность экономического регулирования в области предупреждения и ликвидации ЧС характерна для всех уровней управления. Недооценка роли деятельности по предупреждению ЧС фактически привела к финансированию усилий по их ликвидации, как правило, из резервных государственных фондов. Кроме того, государством предоставляются субсидии предприятиям без учета рисков их деятельности, отсутствуют реальные требования к обновлению средств производства и технологий с меньшим уровнем риска. Важно отметить, что сложившаяся ситуация в сфере управления ЧС приводит к продолжению и расширению выпуска продукции на опасных производствах с морально устаревшими технологиями и физически изношенным оборудованием.

В России объемы государственного финансирования деятельности по предупреждению ЧС недостаточны, и необходимо привлечение негосударственных средств, поэтому большое значение приобретают экономические и финансовые механизмы управления в данной области. Финансирование указанных мероприятий на предприятиях производится в основном по остаточному принципу, в ограниченных объемах. Одной из причин такого положения является то обстоятельство, что правильно не определяется приоритетность осуществления тех или иных мероприятий по снижению риска возникновения ЧС, а это существенно снижает эффективность использования финансовых средств. Следует отметить также, что катастрофические природные явления все чаще возникают в результате принятия необоснованных решений, без соответствующей информационной поддержки.

Техногенные аварии и природные катастрофы нередко сопровождаются пожарами, которые и сами по себе представляют большую опасность для населения, социальных, хозяйственных и природных объектов. Поскольку частота возникновения техногенных и природных пожаров значительно выше по сравнению с другими видами ЧС, вопросы пожарной безопасности имеют особое социально-экономическое значение.

Под экономическим механизмом понимаются различные мероприятия, влияющие на хозяйственную деятельность предприятий, организаций, территориальных образований в целом.

В связи с этим, в работе рассматривается проблема использования экономических механизмов для снижения рисков ЧС на примере лесных пожаров, угрожающих населенным пунктам на территории административных образований, и в дальнейшем будут рассматриваться лесопожарные риски. Это связано с тем, что лесные пожары часто являются причиной ЧС в населенных пунктах, при этом гибнут люди, уничтожаются жилые и административные здания, хозяйственные объекты.

Проанализируем более детально проблему идентификации, определения и управления лесопожарными рисками, а также возможности использования экономических механизмов для их снижения. Под *экономическим лесопожарным риском* понимается произведение вероятности возникновения пожара в течение года на ожидаемое среднее значение материального ущерба. Таким образом, риск для различных объектов – это мера опасности, сочетающая в себе вероятность неблагоприятного события и величину ущерба от него. Управление лесопожарным риском осуществляется опосредованно через системы предотвращения пожара и системы противопожарной защиты как объектов управления. В данном случае рассматриваются экономические механизмы как методы снижения лесопожарных рисков.

К экономическим механизмам, которые могут применяться для снижения лесопожарных рисков, целесообразно отнести следующие:

1. Механизмы экономической ответственности, включающие систему нормативов на проведение лесопожарных работ, оснащение предприятий и организаций противопожарным оборудованием и др. Несоблюдение данных нормативов влечет за собой штрафные санкции. Применяются также механизмы возмещения ущерба, если установлен виновник пожара.

2. Механизмы перераспределения риска, представленные различными видами страхования (обязательное, добровольное). Этот вид экономических механизмов практически не применяется в рассматриваемой области из-за отсутствия экономического обоснования и нормативной базы.

3. Механизмы формирования и использования бюджетных и внебюджетных фондов. Финансирование системы охраны осуществляется в основном без учета региональных природно-климатических и экономических условий, т. е. фактически без учета лесопожарных рисков. Внебюджетные фонды практически отсутствуют.

4. Механизмы стимулирования снижения лесопожарных рисков (повышения уровня безопасности) в виде

льготного налогообложения, льготного кредитования в системе охраны лесов также не применяются. Это связано с отсутствием критериев степени снижения лесопожарных рисков в зависимости от планируемых мероприятий.

5. Механизмы резервирования на случай чрезвычайных пожарных ситуаций, включающие образование резервов и материальных ресурсов, достаточно широко применяются в системе охраны лесов. В период подготовки к пожароопасному сезону на предприятиях создаются резервные пожарные формирования, оснащенные необходимым оборудованием, запасами ГСМ. Данный механизм направлен не на предупреждение лесных пожаров, а на смягчение их последствий (на уменьшение ущерба) посредством их своевременной ликвидации на меньшей площади и снижения угрозы их перехода на населенные пункты.

Для эффективного использования рассмотренных экономических механизмов необходимо прежде всего решение задач идентификации и определения лесопожарных рисков, установления их зависимости от различных противопожарных мероприятий с учетом конкретных природно-климатических и экономических условий, а также влияния финансовых затрат на выполнение противопожарных мероприятий на величину ожидаемого ущерба от пожаров.

Ежегодно на территории Российской Федерации возникает от 10 до 40 тыс. лесных пожаров, значительная часть из которых представляет реальную угрозу населенным пунктам. Эта угроза особенно возрастает в периоды длительной засухи, сопровождающейся сильными ветрами. Положение осложняется горным рельефом, высокой природной пожарной опасностью лесного фонда.

Администрации субъектов Российской Федерации предпринимают попытки решения этой проблемы путем проведения противопожарных работ на прилегающей к населенным пунктам лесной и безлесной территории. Однако практические методы оценки пожарной опасности, ранжирования населенных пунктов по вероятности воздействия на них опасных факторов лесного пожара до настоящего времени не разработаны. Имеющиеся научные разработки в этой области основаны на математическом моделировании, расчеты по которым предполагают однородность структуры и требуют большого объема исходной информации, которая часто недоступна. Кроме того, актуальна задача оптимизации системы мероприятий, снижающих лесопожарные риски для населенных пунктов. Следовательно, необходимо решение задач экспресс-оценки лесопожарных рисков и оптимального управления ими.

При этом возникает вопрос, нужно ли индивидуальное проектирование указанной системы мероприятий для каждого населенного пункта или достаточно разработки типового проекта, который может использоваться для осуществления мероприятий по защите от лесных пожаров любого гражданского или хозяйственного объекта. По нашему мнению, на первом этапе нужно разработать требования пожарной безопасности к содержанию лесных и безлесных территорий вокруг населенных пунктов на основе идентификации и оценки лесопожарных рисков. Эти требования послужат предпосылкой для планирования противопожарных мероприятий.

На следующем этапе разрабатывается типовой проект системы мер по защите населенных пунктов от лесных пожаров, включающий наиболее распространенные мероприятия по противопожарному обустройству территории. Многообразие лесопирологических условий прилегающей к населенным пунктам территории не позволяет ограничиться только типовым проектом, поэтому требуется его привязка для каждого конкретного населенного пункта. Именно на этом этапе должна решаться задача оптимального управления лесопожарными рисками для населенных пунктов. В качестве критерия оптимальности может быть принята величина лесопожарного риска, а параметрами оптимизации – виды и объемы планируемых противопожарных мероприятий. В состав математической модели также входят различные функциональные и статистические зависимости между представленными в ней параметрами и ограничения по использованию трудовых и материальных ресурсов на реализацию планируемой системы мероприятий.

Таким образом, данная ситуация диктует необходимость разработки требований пожарной безопасности к содержанию лесных и безлесных территорий вокруг населенных пунктов, а также методики оценки лесопожарных рисков. Поэтому крайне важно найти новую, адекватно вписывающуюся в экономику страны организационную модель эффективного управления лесопожарными рисками.

С позиций органов местного самоуправления и населения потенциальный ущерб от лесных пожаров имеет две составляющие: 1) ущерб для населенного пункта и его жителей; 2) ущерб примыкающим к ним лесным участкам. Ясно, что вторая составляющая менее важна, однако указанные участки согласно Лесному кодексу РФ относятся к особо ценным и имеют большое значение для обеспечения жизнедеятельности местного населения [2]. Поэтому мероприятия по защите населенных пунктов от лесных пожаров обеспечивают решение не только прямой задачи, но и способствуют охране от пожаров лесных территорий с наиболее высокой антропогенной пожарной опасностью. Таким образом, реализация проектов по защите населенных пунктов от лесных пожаров дает дополнительный экономический и экологический эффект за счет снижения горимости лесов.

ГОСТ Р 12.3.047–98 регламентирует оценку пожарных рисков технологических процессов, включая оценку социального и индивидуального рисков для наружных технологических установок [3]. Используемые в данном случае параметры для оценки лесопожарных рисков в большинстве не пригодны, можно адаптировать только расчеты вероятностей, связанных с действиями оперативных подразделений, и вероятности предотвращения пожара. Но основная сложность заключается в том, что часть информации для оценки лесопожарных рисков имеет численную форму, а значительную часть информации можно получить только экспертным путем. Поэтому при определении лесопожарных рисков целесообразно наряду с количественными характеристиками условий возникновения, обнаружения, распространения и развития лесных пожаров и факторов, обуславливающих эффективность мероприятий по борьбе с ними, использовать метод экспертных оценок.

Оценка суммарного риска лесных пожаров для населенных пунктов включает в себя риски возникновения пожаров в зоне, прилегающей к населенным пунктам, развития (распространения в направлении населенного пункта), позднего обнаружения и безуспешного тушения. Указанные риски зависят от множества факторов, которые можно разделить на благоприятствующие (способствующие) и препятствующие снижению определенного вида риска. Некоторые из этих факторов могут быть благоприятствующими для одного вида риска и препятствующими для другого. Так, наличие развитой дорожной сети является фактором, повышающим антропогенную пожарную опасность, но, с другой стороны, данный фактор препятствует развитию пожара и способствует его успешному тушению. В качестве примера на рисунке приведена структура формирования риска возникновения лесного пожара.

*Функция вероятности возникновения пожаров* определяется погодными условиями, лесопирологическими характеристиками прилегающей территории, антропогенными факторами (наличием источников огня и вероятностью их реализации в пожар).

*Вероятность позднего обнаружения пожаров* наряду с природными факторами определяется существующей системой организации наблюдения за территорией (наличием или отсутствием стационарных наблюдательных пунктов, наземного, авиационного, космического мониторинга, возможностью оперативной передачи информации и др.).

*Вероятность развития пожара* – функция метеорологических и лесопирологических факторов (включая рельеф местности), а также наличия и параметров сети противопожарных барьеров естественного и искусственного происхождения, останавливающих или замедляющих распространение горения по территории.

*Функция вероятности безуспешного тушения* определяется параметрами лесного пожара, обеспеченностью силами и средствами пожаротушения, квалификацией специалистов, наличием рубежей для сдерживания пожара и пуска отжига.

Оценка рисков от лесных пожаров для населенных пунктов производится с учетом периода пожароопасного сезона. В наиболее общем виде она может осуществляться с использованием имитационной математической модели, основанной на вероятностных и экспертных оценках и детерминированных связях различных параметров. На первом этапе риски определяются с помощью экспертных оценок с целью выявления населенных пунктов, в первую очередь нуждающихся в защите от лесных пожаров. При этом оценка рисков производится исходя из наиболее неблагоприятных (экстремальных) условий и факторов, которые обуславливают максимальные риски.

Все факторы, которые определяют лесопожарные риски, можно объединить в три группы:

- факторы, которые нельзя предугадать, проконтролировать, на которые невозможно воздействовать (оптические эффекты, падение метеоритов и т. п.);
- факторы, которые можно учесть (погодные условия, рельеф и др.);

– факторы, которые можно учитывать и на которые можно воздействовать (уровень противопожарной подготовки населения, противопожарное обустройство, организация пожаротушения и т. д.).

Для решения задачи определения и оптимального управления лесопожарными рисками в качестве управляемых параметров рассматривались факторы третьей группы, а неуправляемых – факторы второй группы.

Интегральный индекс лесопожарного риска ( $R_0$ ) определяется по формуле

$$R_0 = F(\bar{a}, \bar{x}) = \sum_{i=1}^4 B_i \left( \sum_{j=1}^k A_{ij} a_j + \sum_{j=k+1}^l A_{ij} x_j \right), \quad (1)$$

где  $\bar{a} = (a_1, \dots, a_k)$  – вектор неуправляемых параметров, выражающих количественные значения различных факторов (природных, социальных, организационно-технических);  $\bar{x} = (x_{k+1}, \dots, x_l)$  – вектор управляемых параметров, значения которых могут изменяться при планировании системы мероприятий по снижению лесопожарных рисков;  $B_i$  – коэффициент значимости  $i$ -го вида пожарной опасности в интегральной оценке ( $i = 1, \dots, 4$ );  $A_{ij}$  – весовой коэффициент, учитывающий влияние на  $i$ -й вид пожарной опасности  $j$ -го параметра (неуправляемого – при  $j = 1, \dots, k$ ; управляемого – при  $j = k + 1, \dots, l$ ).

При управлении лесопожарными рисками изменяются значения  $x_j$  с целью снижения интегральной оценки  $R_0$ . Задача оптимизации управления лесопожарными рисками заключается в минимизации целевой функции (1) при следующем ограничении на финансовые ресурсы, необходимые для реализации системы противопожарных мероприятий:

$$\sum_{j=k+1}^l z_j (x_j - x_j^*) \leq Z_0,$$

где  $x_j^*$  – фактическое значение управляемого параметра  $x_j$ ;  $z_j$  – удельные затраты на выполнение мероприятий, соответствующих  $j$ -му параметру;  $Z_0$  – предельно допустимая сумма расходов на реализацию системы противопожарных мероприятий.

Задача определения экономической эффективности системы мероприятий по снижению лесопожарных рисков основывается на сопоставлении планируемых затрат и ожидаемого ущерба. В качестве критерия оптимальности в таком случае используются суммарные убытки, включающие планируемые затраты и ожидаемый ущерб:

$$Q(R_0) = A(R_0) + B(R_0).$$

Учитывая, что  $R_0 = F(\bar{a}, \bar{x})$ , можно записать критерий оптимальности:

$$\min Q(\bar{a}, \bar{x}) = \min \{A(\bar{a}, \bar{x}) + B(\bar{a}, \bar{x})\}.$$

При снижении лесопожарного риска  $R_0$  посредством увеличения объемов мероприятий величина  $A(\bar{a}, \bar{x})$  возрастает, но при этом уменьшается величина  $B(\bar{a}, \bar{x})$  – ущерб от пожаров. При оптимальном распределении финансовых средств между основными группами мероприятий указанные функции являются, соответственно, монотонно возрастающей и монотонно убывающей. Это означает, что их сумма имеет экстремальную точку, соответствующую некоторому минимальному значению

суммарных убытков при осуществлении оптимальной по данному критерию системы мероприятий.

При такой постановке задачи оптимизации нет необходимости введения дополнительных ограничений на затраты, поскольку чрезмерное их увеличение приводит к отклонению от оптимума. В то же время использование ограничения по величине допустимого лесопожарного риска может повлиять на оптимальное решение в том случае, если оно, минимизируя убытки, не удовлетворяет требованиям по допустимой величине риска.

В качестве критерия оптимальности (эффективности) может быть использован показатель стоимости проведения мероприятий по снижению риска аварий и катастроф на определенной территории при условии обеспечения необходимого (приемлемого) уровня безопасности. С другой стороны, критерием оптимальности может приниматься интегральный показатель риска с учетом ограничений на используемые финансовые ресурсы.

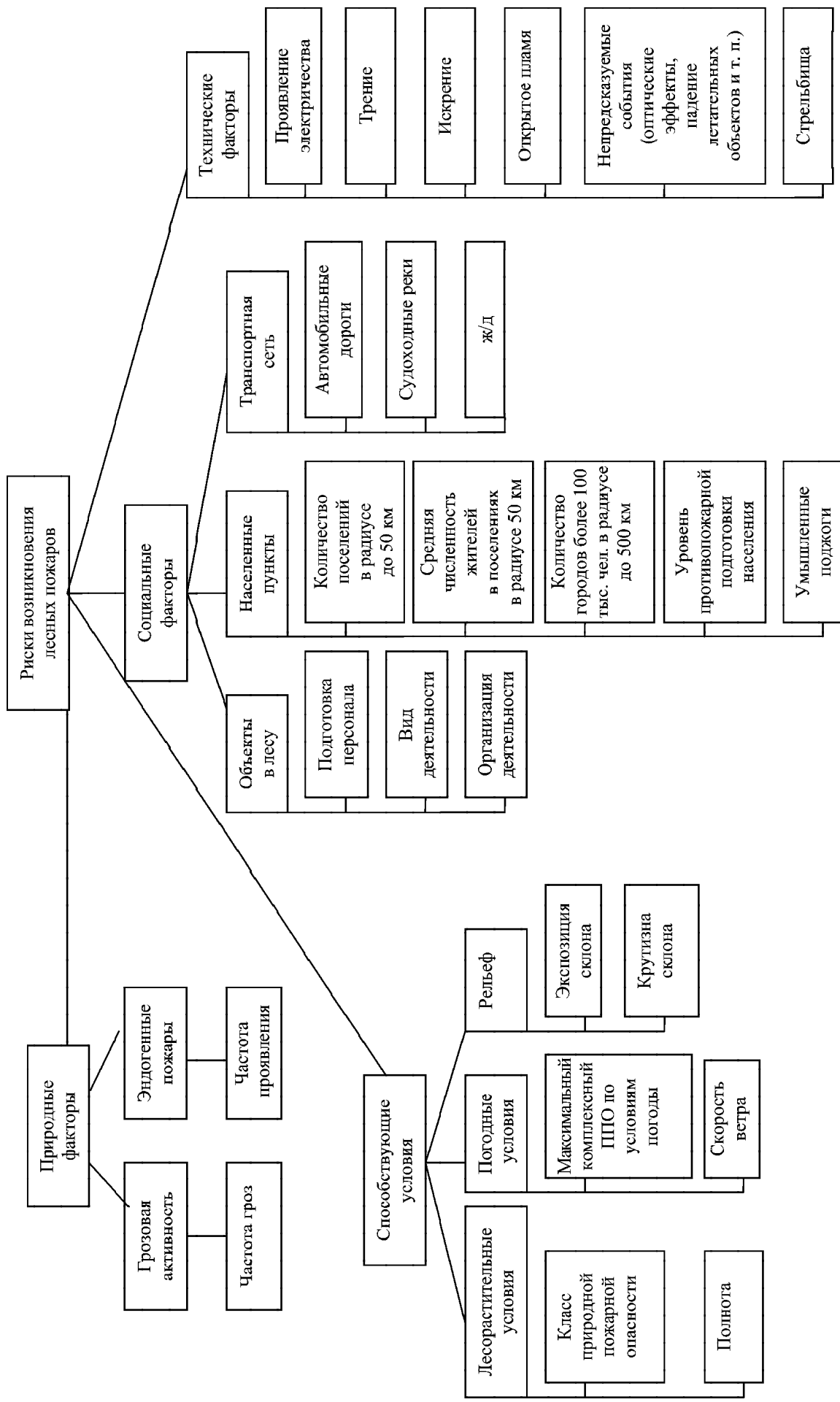
При определении величины интегрального индекса лесопожарного риска для населенного пункта применяется формула (1), при этом управляемым параметрам присваиваются фактически достигнутые на момент обследования значения.

Комплекс противопожарных мероприятий, позволяющий управлять лесопожарными рисками, включает следующие направления:

1. Противопожарную пропаганду, информирование и обучение населения, работников предприятий, осуществляющих свою деятельность в лесу.
2. Космический, авиационный и наземный мониторинг лесов.
3. Противопожарное обустройство лесных и безлесных территорий вокруг населенных пунктов, включая подготовку естественных и искусственных водоемов.
4. Организацию пожаротушения.

Особо следует отметить роль авиационного и космического мониторинга как перспективного направления для управления рисками возникновения и развития лесных пожаров, поскольку обнаружение лесных пожаров на ранних стадиях возгорания позволяет оперативно производить комплекс мероприятий по их локализации. Для патрулирования лесной территории с воздуха лучше всего подходит малая авиация. Она имеет ряд неоспоримых преимуществ в данной области применения: низкую себестоимость летного часа, нетребовательность к аэродромам и техническому обслуживанию и незначительный вред для окружающей среды.

Для авиапатрулирования используются самолеты Ан-2П, Ан-24, Ан-26П, Бе-12П, но основную долю авиационного парка составляют самолеты Ан-2 и вертолеты Ми-2 и Ми-8. Авиапатрулирование в нашей стране проводит ФГУ «Авиалесоохрана». Часть авиации, привлекаемой для авиапатрулирования, не является собственностью Авиалесоохраны, а фрахтуется у местных авиакомпаний на время пожароопасного сезона (с апреля по октябрь). Для обнаружения очагов возгорания в условиях сильной задымленности на самолеты и вертолеты устанавливаются специальные инфракрасные авиадетекторы («Тайга» или аналогичные).



Структурная схема формирования риска возникновения лесного пожара

В настоящее время в нашей стране нет специализированных спутников, предназначенных для слежения за лесными пожарами. С этой целью используются оптические и спектральные каналы геодезических и метеорологических спутников (NOAA, Terra и др.). Эти спутники на современном этапе не могут полностью заменить авиационное патрулирование лесов, поскольку снимки с них имеют низкое разрешение и они способны фиксировать пожары на площади 2...3 га, тогда как при помощи авиационных средств пожар регистрируется на площади нескольких квадратных метров. Но при дальнейшем развитии этого направления лесопожарного мониторинга использование спутников имеет существенные перспективы. Выигрышные моменты при космическом мониторинге заключаются в следующем: в более низкой себестоимости по сравнению с авиатрулированием лесов, большей площади мониторинга, высокой скорости передачи и обработки информации о пожарах.

В каждом из указанных направлений выделяются основные виды мероприятий, которые оказывают наиболее существенное влияние на величину интегрального индекса пожарной опасности, что учитывается с помощью коэффициентов  $A_{ij}$  целевой функции  $R_0$  формулы (1).

Принимая во внимание то, что при оценке опасности населенным пунктам от лесных пожаров нет необходимости получения точных числовых значений пожарного

риска, которые могут вводить в заблуждение пользователей, предлагается пятиуровневая шкала рисков от лесных пожаров. Каждый уровень лесопожарного риска требует проведения определенного комплекса мероприятий по защите населенных пунктов от лесных пожаров.

В заключение отметим, что предлагаемый подход к определению опасности лесных пожаров для населенных пунктов и находящихся в лесу хозяйственных объектов можно квалифицировать как экспресс-метод оценки лесопожарных рисков. Использование данного метода позволит реально оценить исходящую от лесных пожаров угрозу, выявить наиболее проблемные в этом отношении населенные пункты и объекты в лесу и обеспечить повышение уровня их противопожарной защиты.

#### Библиографический список

1. Сенчагов, В. К. Экономическая безопасность России: Общий курс : учебник / под ред. В. К. Сенчагова. 2-е изд. М. : Дело, 2005.
2. Российская Федерация. Законы. Лесной кодекс Российской Федерации : федер. закон № 200 ФЗ : принят 04.12.2006 // Российская газета. 2006. 8 декабря.
3. ГОСТ Р 12.3.047–98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. М. : Изд-во стандартов, 1998.

D. G. Okrugin, G. F. Yarichina

### ECONOMICAL METHODS FOR FIRE RISK MANAGEMENT IN ADMINISTRATIVE-TERRITORIAL FORMATIONS (USING AIR AND SATELLITE MONITORING)

*We have justified methods of identifying and evaluating fire risks in communities and forest facilities. The economic procedures for reducing fire risks were also analyzed in accordance to natural, climatic, and economic conditions of the territory. The principles and the order of evaluating forest fire risks have been described. We have also described the dangers of fire outbreaks, their late allocation, development, and ineffective extinction of forest fires. The main factors of organizing fire safety in communities and forest facilities are described. In this article we have presented an economic-mathematical model of forest fire risk management based on the criteria of a minimal total loss from forest fires.*

*Keywords: economic procedures, risk, emergency situation, damage, fire.*

© Округин Д. Г., Яричина Г. Ф., 2009