

УДК 630\*43(571.621)

## СОЗДАНИЕ БАЗ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗА ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ПО ПРИРОДНО-АНТРОПОГЕННЫМ УСЛОВИЯМ

В. А. Глаголев

Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,  
ул. Шолом-Алейхема 4, г. Биробиджан, 679016,  
e-mail: glagolev-jar@yandex.ru

*Для оценки и прогноза пожарной опасности разработаны и внедрены базы данных, включающих метеорологические показатели, сведения о пожарах растительности и социально-экономические характеристики территории Хабаровского края и Еврейской автономной области.*

*Ключевые слова:* лесная пожарная опасность, базы данных, информационная система, пожары растительности.

Пожары растительности являются одним из опасных природных, а в последнее время природно-антропогенных, катастрофических процессов, влияющих на эколого-экономическое состояние значительных территорий. Мониторинг и тушение пожаров возможно при своевременной оценке и эффективном прогнозировании показателей пожарной опасности и вероятности возникновения возгораний; для этого требуется определенным образом организованные массивы данных.

Целью работы является проектирование и реализация баз данных для оценки и прогноза пожарной опасности, включающих метеорологические показатели, сведения о пожарах растительности и социально-экономические характеристики территории. Для этого необходимо выполнить следующие задачи: 1. Анализ данных, применяемых для оценки пожарной опасности; 2. Проектирование баз данных; 3. Реализация баз данных на примере территории Хабаровского края и Еврейской автономной области (ЕАО).

В основу известных методов оценки и прогноза пожарной опасности положены сведения, учитывающие увлажнение лесных горючих материалов и их высыхание; статистическая вероятность появления природных и природно-антропогенных источников огня; социально-экономические, климатические и погодные условия.

Для оценки и прогноза пожарной опасности по условиям погоды используют температуру воздуха и точки росы в 13–15 ч дня местного времени, суточный объем осадков с 9 ч предыдущего дня до 9 ч текущего дня, скорость ветра, прогнозируемая дневная температура воздуха и интенсивность осадков с заблаговременностью 1–3 сут.

Прогноз возникновения пожаров растительности производится по вероятностно-детерминированным моделям с учетом прогнозных метеоданных, классов пирологической пожарной опасности участков растительности лесного и не лесного фонда, сведений о пожарах (место возникновения, тип пожара, даты обнаружения и ликвидации, обнаружитель, причина возникновения, площадь пожара, объем сгоревшей древесины) и об источниках огня: жители населенных пунктов (ко-

ординаты, плотность населения) и пришедших по дорожной сети (координаты узлов, тип дороги).

При оценке напряженности пожароопасных сезонов учитывается комплексный индекс, который рассчитывается по обобщенной функции желательности, интегрирующей условия, способствующие формированию потенциальной и фактической горимости растительности в течение сезонов:

- продолжительность по природным условиям: период между датами появления – схода снежного покрова, дни;

- суровость: количество (или сумма) дней с высокой степенью пожарной опасности по условиям погоды, дни;

- продолжительность по природно-антропогенным условиям: определяется количество дней между датами возникновения первого и последнего пожаров, по эмпирическим рядам лесных пожаров по датам их обнаружения и нахождением 2,5% квантилей этих распределений, дни [8];

- плотность населения, чел./км<sup>2</sup>: число жителей, приходящееся на 1 км<sup>2</sup> территории;

- относительное число пожаров растительности в среднем за сезон, пож./100 тыс. га;

- грозовая активность: количество дней с грозами в течение сезона, дни;

- относительная площадь пожаров растительности, га/100 тыс. га в среднем за сезон.

Доступ к метеорологическим данным можно получить на веб-страницах порталов гидрометеорологических служб, в отчетах лесоохранных организаций, на спутниковых снимках дистанционного мониторинга Земли, в статистических сборниках. Так, метеорологические данные веб-порталов публикуются в виде структурированных *html* и *xml* документов. В РФ сведения о фактических и прогнозируемых погодных условиях предоставляют Гидрометеоцентр ([meteoinfo.ru](http://meteoinfo.ru)), Научно-производственный центр «Мэп Мейкер» ([gismeteo.ru](http://gismeteo.ru)), Институт космических исследований РАН ([infospace.ru](http://infospace.ru)). Импорт данных происходит по протоколу передачи гипертекста HTTP (HyperText Transfer Protocol). Внутри

веб-страниц осуществляется поиск тегов (маркеров), отвечающих за вывод метеорологических показателей гидрометеостанций (ГМС).

Мониторинг пожаров растительности осуществляют федеральные, региональные и лесоохранные службы, например, Национальное управление по воздухоплаванию и исследованию космического пространства NASA (<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>), ФБУ «Авиалесоохрана» (<http://aviales.ru>), ОГБУ «Лесничество ЕАО», ОГБУ «Авиалесоохрана ЕАО». Для импорта метаданных производится обрисовка пожаров ручным и автоматическим вводом. В первом способе с помощью инструментальной ГИС MapInfo Professional 8.5 редактируется векторный слой, в котором пожары фиксируются полиномиальными объектами и для каждого из них вносится атрибутивная информация. Во втором – используется программа – векторизатор (например, Easy Trace), позволяющая переносить объекты растрового изображения спутникового снимка (расширение \*.jpg, \*.tiff) на векторный слой. Данная операция производится в несколько этапов: получение растрового снимка, сборка области снимка, его конвертация и бинаризация, указание аномальных пикселей, трассировка полигонов изображения, регистрация полученного векторного слоя пожаров, ввод атрибутивных данных пожаров в ГИС.

Некоторые данные, описывающие закономерности внутригодовых и межсезонных условий возникновения пожаров, доступны в метеорологических сборниках [9], отчетах о переписи населения [5], по сведениям о ежедневной пеленгации грозовых разрядов радиолокационными станциями РФ [6].

Для хранения и обработки исходных данных необходимо специализированное программное обеспечение, позволяющее осуществлять различные виды расчетов. Однако в известных информационных системах для решения лесоохранных задач представлены готовые программные продукты, а логическое описание массивов данных не приводятся [1, 4, 10, 11], поэтому в данной ра-

боте рассмотрена реализация авторских баз метеорологических данных (БМД), сведений о пожарах растительности (БДПР) и характеристик напряженности пожароопасных сезонов (БДНПС), включающих данные за многолетний период (30 и более лет).

#### База метеорологических данных

При построении логической структуры базы реализованы алгоритмы аналитической обработки данных - *On-Line Analytical Processing (OLAP)*, основанные на предварительном отборе многолетней информации из БМД, проведении их математической обработки, структуризации данных и расчетных величин в виде многомерных кубов [12,13]. Многомерный куб (гиперкуб) представляет собой набор значений пространства (ячеек), в которых размещаются исходные данные и расчетные значения.

Гиперкуб для описания метеорологических данных и расчетных значений показателей пожарной опасности состоит из трех граней: месяц пожароопасного сезона, ГМС, метеорологические параметры и показатели пожарной опасности (рис. 1).

Основными составляющими логической структуры БМД являются множество денормализованных сущностей измерений (*Dimensions Tables*) и ряд связанных с ними при помощи внешних тематических ключей сущностей фактов (*Fact Table*). Логическая структура БМД соответствует описанию схемы «*Star Schema*», в ней находятся 11 сущностей измерений и 3 сущности фактов, последние управляются множественным ключом, составленным из ключей отдельных измерений [14] (рис. 2).

В сущностях измерений содержится описательная информация, например, сведения о ГМС; в сущностях фактов – фактические и прогнозируемые метеоданные за каждый день пожароопасного сезона от каждой ГМС. Сущности измерений связаны с сущностями фактов на основе уникальных атрибутивных идентификаторов *idГидрометстанция* и *idформализация осадков*, которые являются тематическими (внешними) ключами базы данных и обозначаются, как *foreign key (FK)*.

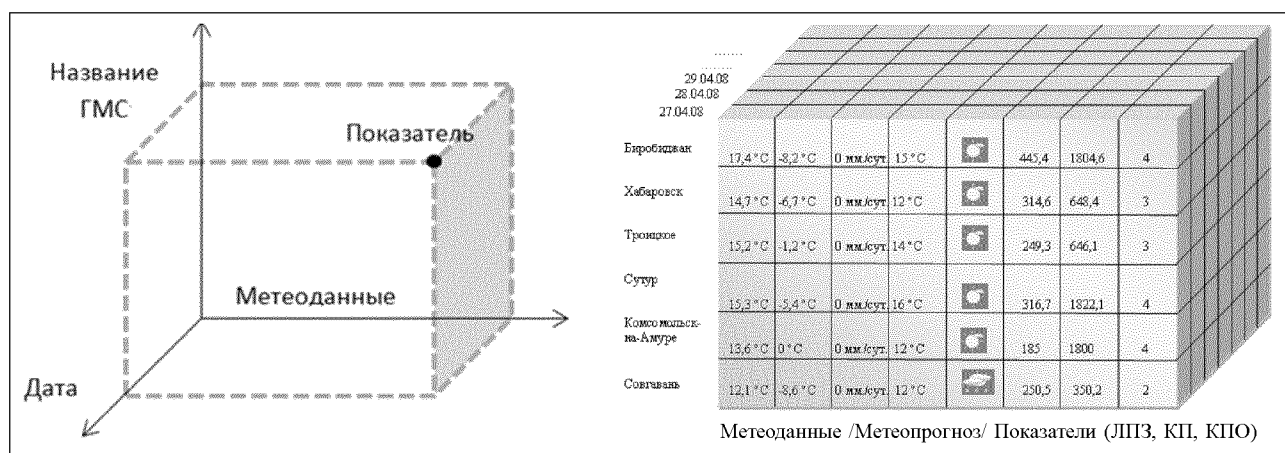


Рис. 1. Внешний вид гиперкуба базы метеорологических данных:  
ЛПЗ – лесопожарный показатель засухи, КП – комплексный показатель; КПО – класс пожарной опасности

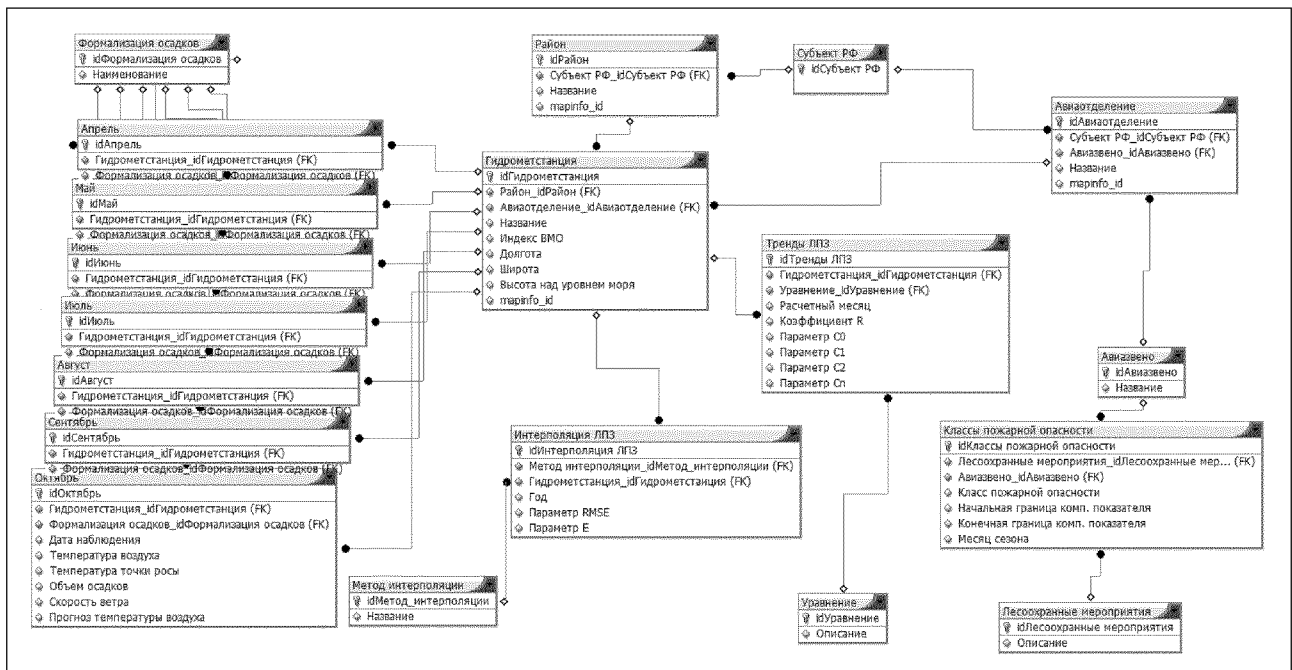


Рис. 2. Логическая структура базы метеорологических данных:  
ЛПЗ – лесопожарный показатель засухи

### База данных пожаров растительности

БДПР предназначена для хранения атрибутивных и пространственных данных о пожарах лесного и нелесного фонда, особенностью которой является учет местоположения пожаров растительности по указанию номеров участков растительности или по координатам центра горельника (долгота/широта). Для идентификации участков растительности используется нерегулярная сеть, содержащая кварталы участковых лесничеств лесного фонда и регулярная сеть размером 2,5х2,5 км, наложенная на территорию не лесного фонда.

Атрибутивная БДПР состоит из 9 сущностей. В центре логической структуры находится сущность «Пожары растительности». Местоположение пожара указывается с помощью атрибутов *долгота* и *широта*, либо ат-

рибута *idOTE*, который может принимать одно или более значений, разделенных запятой (рис. 3).

Векторные слои БДПР могут иметь атрибуты, одинаковые с одноименными сущностями БМД. Пространственные данные векторных слоев связаны «один-к-одному» с атрибутивной информацией посредством географического ключа *mapinfo\_id* инструментальной ГИС MapInfo Professional 8.5.

### База данных показателей напряженности пожароопасных сезонов

БДНПС заполняется по данным о природных и антропогенных показателях напряженности пожароопасных сезонов. БДНПС представлена реляционной моделью, состоящей из 10 сущностей (рис. 4). Вследствие того, что сбор показателей осуществляется из различ-

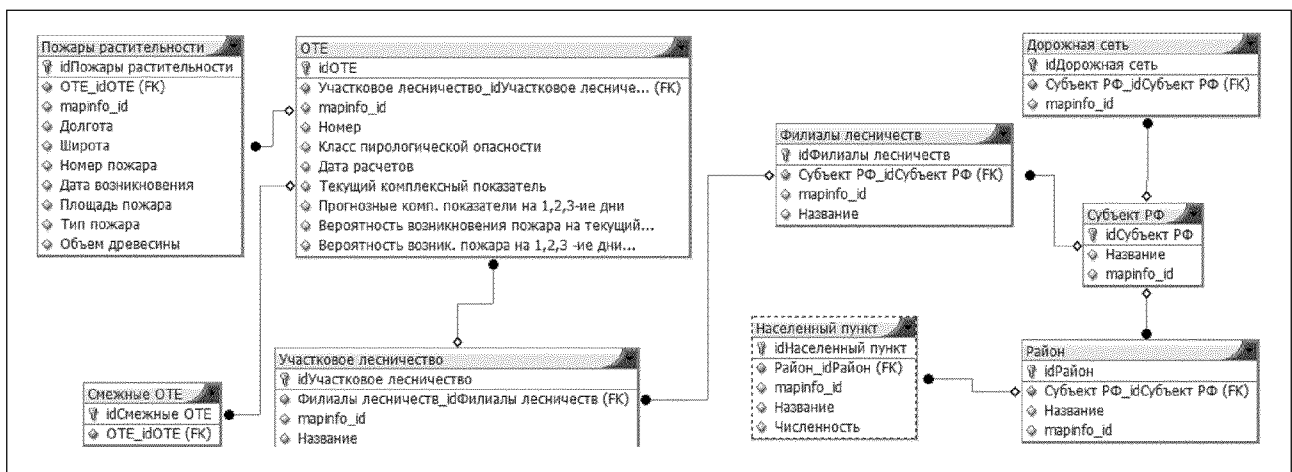


Рис. 3. Логическая структура базы данных пожаров растительности:  
OTE – операционно-территориальная единица (участок растительности)

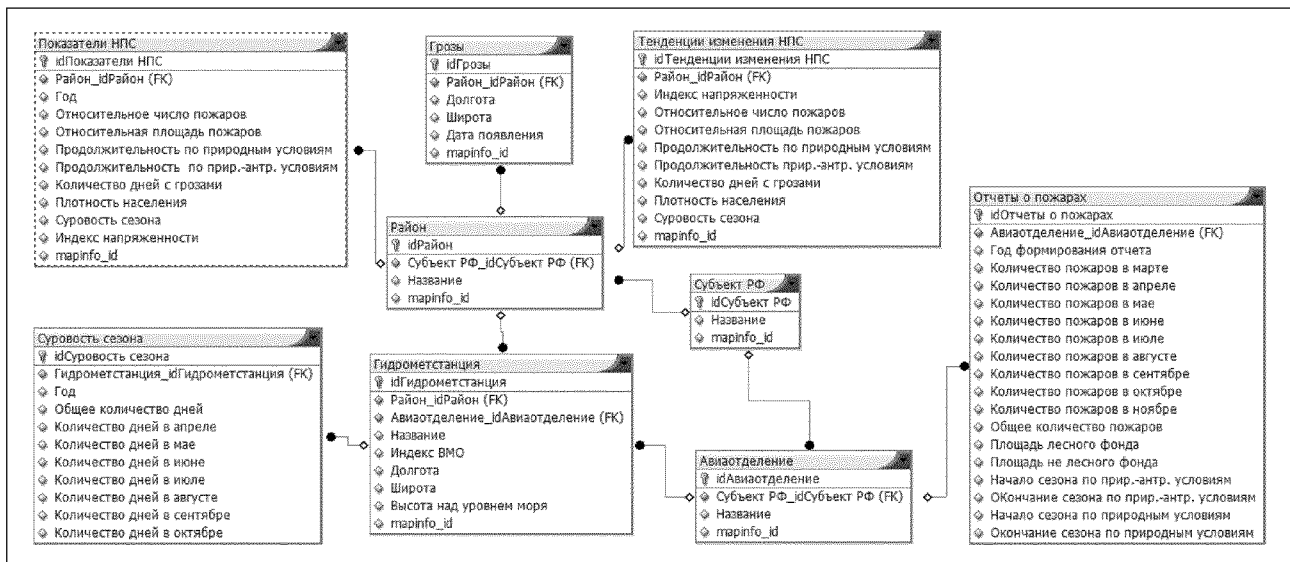


Рис. 4. Логическая структура базы данных показателей напряженности пожароопасных сезонов: НПС – напряженность пожароопасных сезонов

ных источников за продолжительный период времени (при этом территориальная структура некоторых районов и обслуживающих их авиаотделений может исторически кардинально меняться), сначала необходимо проводить корректировку данных в БДНПС с применением SQL-запросов на обновление данных.

Суровость сезонов находится по данным единичной ГМС, но поскольку некоторые районы могут содержать несколько ГМС, для них предлагается вычислять среднее значение показателя по всем ГМС района.

Для восстановления дат продолжительности сезона по природно-антропогенным условиям предлагается вначале осуществлять выборку дат начала первого и окончания последнего пожара сезона в сущности «Пожары растительности» из БДПР и сохранение результатов выборки в сущности «Отчеты о пожарах», а затем выполнять агрегирующий SQL-запрос на обновление показателей в сущности «Показатели НПС».

Подсчет количества дней с грозами в сезоне и обновление данных этого показателя в сущности «Показатели НПС» выполняется SQL-запросом по данным таблицы «Грозы».

Фактическая горимость растительности на территории районов определяется по количеству пожаров и их площади по данным авиаотделений, затем производится выборка относительного числа пожаров и их площади, они обновляются в сущности «Показатели НПС».

Расчет частных функций желательности и индекса напряженности пожароопасных сезонов выполняется с использованием внутренних переменных СУБД, имена которых начинаются с @. Далее происходит обновление их значений в сущности «Показатели НПС».

Тестирование БД проводилось на территории Хабаровского края и ЕАО. БМД и БДНПС созданы на сервере MySQL 5; БДПР – в СУБД Microsoft Access 2007. Материалами являлись метеоданные 27 ГМС с 1960–2012 гг., сведения о пожарах растительности по данным наземного и спутникового мониторинга с 1997 по

2012 гг. Обработка данных осуществлялась с помощью трех авторских информационных систем оценки и прогноза пожарной опасности, разработанных в среде программирования RAD Studio Delphi 2010: «Краткосрочный прогноз пожарной опасности по условиям погоды»; «Прогноз возникновения пожаров растительности»; «Оценка напряженности пожароопасных сезонов» [2,3,7].

В ходе тестирования нарушения целостности данных и их потери не обнаружено. БМД использована для составления 214 прогнозов показателей пожарной опасности по данным 2010 г., достоверность прогноза составила 80%. С помощью БДПР проведен анализ пространственного прогноза возникновения пожаров растительности на территории лесного фонда ЕАО в 2010 г., в результате которого выделены наиболее пожароопасные участки растительности и построены маршруты авиапатрулирования, позволившие охватить территорию, на которой возникло 90% лесных пожаров. По данным БДНПС были определены пороговые значения природно-антропогенных показателей напряженности пожароопасных сезонов и произведены расчеты значения индекса с 1976 по 2012 гг. Показано, что индекс напряженности корреляционно связан с относительным числом пожаров растительности и зависит от изменения суровости пожароопасных сезонов.

Таким образом, предложенные БД имеют практическую значимость и могут быть использованы для разработки кратко и долгосрочных мероприятий для осуществления противопожарного мониторинга с учетом климатических, антропогенных данных и социально-экономических условий территории.

*Работа выполнена при поддержке гранта ДВО РАН №12-1-ОН3-16.*

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Барановский Н.В. Математическое моделирование наиболее вероятностных сценариев и условий воз-

- никновения лесных пожаров: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Томск, 2007. 153 с.
2. Глаголев В.А., Коган Р.М. Информационная система оценки и прогноза пожарной опасности по условиям погоды (на примере Среднего Приамурья) // Вестник ТПУ. 2009. Т. 314, № 5. С. 180–184.
  3. Глаголев В.А., Коган Р.М. Прогностическая оценка вероятности возникновения пожаров растительности // Инженерная экология. 2011. № 6. С. 38–51.
  4. Егармин П.А. Система детальной оценки пожарной опасности лесной территории: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2005. 21 с.
  5. Институт демографии Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» // <http://www.demoscope.ru> (дата обращения: 06.06.2014).
  6. Информационная система дистанционного мониторинга «ИСДМ – Рослесхоз» // <http://firemaps.nffs.aviales.ru> (дата обращения: 06.06.2014).
  7. Коган Р.М., Глаголев В.А. Информационно-аналитическая система оценки напряженности пожароопасных сезонов // Безопасность в техносфере, 2014. Т. 3, № 3. С. 47–54.
  8. Коровин Г.Н., Зукерт Н.В. Влияние климатических изменений на пожары в России // Климатические изменения: взгляд из России. М.: ТЕИС, 2003. С. 69–98.
  9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Сер. 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 25. Хабаровский край, Амурская область. Л.: Гидрометеоздат, 1992. 560 с.
  10. Спутниковый мониторинг лесных пожаров в России. Итоги. Проблемы. Перспективы: Аналит. обзор // СО РАН. ИОА; ГПНТБ. Ред. В.В. Белов. Новосибирск, 2003. 135 с.
  11. Фильков А.И. Детерминированно-вероятностная система прогноза лесной пожарной опасности: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Томск, 2005. 163 с.
  12. Codd E.F., Codd S.B., Salley C.T. Providing OLAP (On-Line Analytical Processing) to User-Analysts: An IT Mandate. E.F. Codd & Associates, 1993.
  13. Codd E.F. A relational model for large shared data banks // Comm. ACM. 1970. P. 377–387.
  14. O’Leary D.E. REAL-D\_A Scheme for Data Warehouses // Journal of Information Systems. V. 13, No. 1. 1999. P. 49–62.

*The author has developed and introduced into practice the database for the assessment and prediction of fire risks, including meteorological parameters, information on vegetation fires and socio-economic characteristics of the Khabarovsk Territory and the Jewish Autonomous Region.*

**Key words:** *fire danger index, fire danger, database, information system, forest fire.*