

УДК 502.5

НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ, В ЧАСТНОСТИ ПРИ ИХ ВЛИЯНИИ НА ПОЧВЫ

Барановский Н.В., Кузнецов Г.В., Нагорнова Т.А., Гвоздяков Д.В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия (634050, г. Томск, пр. Ленина, 30), e-mail: firedanger@narod.ru

Ранее разработана методология прогностического моделирования лесной пожарной опасности, которая базируется на детерминированных моделях и вероятностных критериях, подкрепленных результатами физического моделирования. Полученные результаты могут быть использованы в качестве входных данных для систем оценки, мониторинга и прогнозирования экологических последствий лесных пожаров. Цель настоящего исследования – разработка новой обобщенной концепции оценки влияния поражающих факторов лесных пожаров на окружающую среду, в частности на почвы. В настоящей работе предлагается ориентироваться на инструменты эколого-математического мониторинга экологических последствий лесных пожаров. В результате предпроектного исследования представлена система требований к новым методикам такой оценки. В частности, рассматривается оценка экологических последствий лесных пожаров при их влиянии на почвы. Представлен структурированный план научных исследований для поэтапной реализации новой концепции оценки, мониторинга и прогноза экологических последствий лесных пожаров в части их воздействия на почвы.

Ключевые слова: лесной пожар, экологические последствия, концепция, система, эколого-математический мониторинг.

NEW CONCEPT OF THE ECOLOGICAL CONSEQUENCES ESTIMATION OF FOREST FIRES, IN PARTICULAR AT THEIR IMPACT ON SOILS

Baranovskiy N.V., Kuznetsov G.V., Nagornova T.A., Gvozdyakov D.V.

National research Tomsk polytechnic university, Tomsk, Russia (634050, Tomsk, Lenin av., 30), e-mail: firedanger@narod.ru

The methodology of prognostic modelling of forest fire danger which is based on the deterministic models and the probabilistic criteria supported with results of physical modelling is earlier developed. The obtained results can be used as initial data for systems of an estimation, monitoring and forecasting of ecological consequences of forest fires. The purpose of the present research - development of the new generalised concept of an estimation of influence of damaging factors of forest fires on environment, in particular, on soils. It is offered to be guided by tools of ecological-mathematical monitoring of ecological consequences of forest fires in the present work. As a result of predesign research the system of requirements to new techniques of such estimation is presented. In particular the estimation of ecological consequences of forest fires is considered at their influence on soils. The structured plan of scientific researches for stage-by-stage realisation of the new concept of an estimation, monitoring and the forecast of ecological consequences of forest fires regarding their influence on soils is presented.

Keywords: forest fire, ecological consequences, concept, system, ecological-mathematical monitoring.

Введение

Лесные пожары наносят экологический, социальный и экономический ущерб [4]. Важное значение имеет оценка и прогнозирование экологических последствий лесных пожаров, так как их влияние многосторонне: на локальную погоду и глобальные климатические процессы, растительность и животный мир, атмосферу и почву, и на человека [4]. Построение новых поколений климатических моделей [3] целесообразно с учетом влияния лесных пожаров на экологию регионов в частности и всей планеты в целом.

Ранее разработана методология прогностического моделирования лесной пожарной опасности [2]. Полученные результаты могут быть использованы в качестве входных данных для систем оценки, мониторинга и прогнозирования экологических последствий лесных пожаров.

Цель исследования – разработка новой обобщенной концепции оценки влияния поражающих факторов лесных пожаров на окружающую среду, в частности на почвенные микробные сообщества.

Задачи исследования:

- 1) анализ публикаций по тематике проекта,
- 2) разработка комплекса необходимых требований к новой системе оценки экологических последствий лесных пожаров,
- 3) разработка обобщенной структуры системы оценки и прогноза экологических последствий лесных пожаров,
- 4) разработка структуры модуля оценки поражающих факторов лесного пожара на почвы,
- 5) разработка последовательного плана проведения исследований с целью создания новой системы оценки экологических последствий лесных пожаров.

Предпроектное исследование

Последнее столетие горение биомассы и изменение использования земли привели глобально к увеличению концентрации CO_2 в атмосфере почти на 30% и глобальной температуры приблизительно на $0.6\text{ }^\circ\text{C}$ [7]. В результате большинства исследований делается вывод, что температура почвы как функция времени, местоположения и глубины будет тоже меняться [10]. Перспективна разработка математических моделей, которые связывают температуру почвы с другими параметрами, например температурой воздушной среды (в том числе в экстремальных условиях – при лесных пожарах). Лесные почвы могут быть биологически, химически и физически подвергнуты влиянию лесных пожаров. Основное воздействие пожаров на почвы определяется интенсивностью пожара и, как следствие, температурой самой почвы. Непосредственное влияние пожара – потеря органического вещества при его сгорании, увеличение температуры почвы, уменьшение влагосодержания, увеличение рН-фактора почвы, большая подверженность эрозии и оползням [9]. Лесные пожары могут также вызвать серьезное нарушение динамики экосистемы из-за изменений в количестве питательных веществ и других элементов, так же как их процессов рециркуляции [8].

Основные методы исследований

Исследования влияния повышенной температуры на почвы планируется выполнить с привлечением технологии математического моделирования и физического эксперимента на

специально оборудованных стендах, а также посредством микробиологических исследований.

1. Математически процесс переноса тепла и массы в окружающей среде и очаге лесного пожара описывается с помощью уравнений теплопроводности и диффузии [5] с соответствующими начальными и граничными условиями. Эти уравнения математической физики (даже в трехмерном случае) могут быть успешно решены конечно-разностным методом. Для решения многомерных уравнений математической физики используется локально-одномерный метод [6]. Как правило, задачи прогноза лесной пожарной опасности и оценки экологических последствий требуют больших вычислительных ресурсов. В этом случае для решения поставленных задач может быть адаптирован подход ландшафтного распараллеливания [1] на многопроцессорных вычислительных системах.

2. Важным инструментом в решении задач теории лесной пожарной опасности и оценки экологических последствий является физическое моделирование. В процессе разработки теории лесной пожарной опасности созданы уникальные установки по моделированию воздействия источников локального нагрева на слои ЛГМ. На основе этих установок может быть создано оборудование для исследования теплопереноса в природных слоистых средах типа почвы.

3. Микробиологические исследования в рамках настоящей концепции выделены в отдельный блок исследований.

Необходимые требования к новой системе

Результаты предпроектного исследования показывают, что создание в обозримой перспективе отечественной системы оценки, мониторинга и прогноза экологических последствий лесных пожаров, обладающей конкурентно привлекательными качествами, потребует привлечения современных информационно-вычислительных технологий и физически-содержательных моделей и вероятностных критериев. Основными требованиями, которые необходимо выполнить на пути создания такой системы для оценки экологических последствий лесных пожаров, являются следующие.

1. Наличие государственной концепции создания и развития отечественной системы оценки экологических последствий лесных пожаров.

2. Наличие физико-математических моделей теплопереноса в слоистой структуре почвы при внешних воздействиях очагов лесных пожаров.

3. Наличие сети метеостанций с возможностью измерения температуры почвы на конкретной территории.

4. Наличие физико-математических моделей учета антропогенной нагрузки на лесопокрытые территории.

5. Наличие физически и математически обоснованного критерия оценки уровня лесной пожарной опасности.
6. Наличие базы исходных данных для моделирования теплофизических и физико-химических процессов, протекающих в слое почвы при возникновении лесных пожаров.
7. Методика должна быть реализована в виде программного комплекса, позволяющего осуществлять прогноз экологических последствий лесных пожаров в режиме, опережающем реальное время развития процесса.
8. Методика прогноза лесной пожарной опасности и ее программная реализация должны обладать возможностью модернизации и обновления отдельных моделей и подсистем.
9. Наличие ГОСТа не на конкретную методику со всеми фиксированными компонентами, а на спецификацию соответствия методики определенным требованиям.
10. Наличие стандартов, спецификаций на файлы входной, промежуточной и выходной информации в системе оценки, мониторинга и прогноза экологических последствий лесных пожаров.
11. Наличие технологий, позволяющих потребителям оперативно получать оценочную и прогнозную информацию.
12. Наличие технологий и методов, позволяющих отслеживать степень достоверности получаемых прогнозов.
13. Наличие соответствующим образом подготовленных специалистов, способных обслуживать систему.
14. Доступность понимания прогнозной информации для лиц, принимающих управленческие решения (возможно, не имеющих специальной физико-математической подготовки).

Обобщенная структура системы

К основным поражающим факторам лесного пожара относят физико-химические (повышенная температура воздуха окружающей среды, световое и тепловое излучение, наличие в дыме угарного газа и углекислоты, горящих частиц лесного горючего материала); психофизические (нервно-психологические и физические нагрузки) [4]. На рис. 1 представлена обобщенная структура системы оценки экологических последствий лесных пожаров.

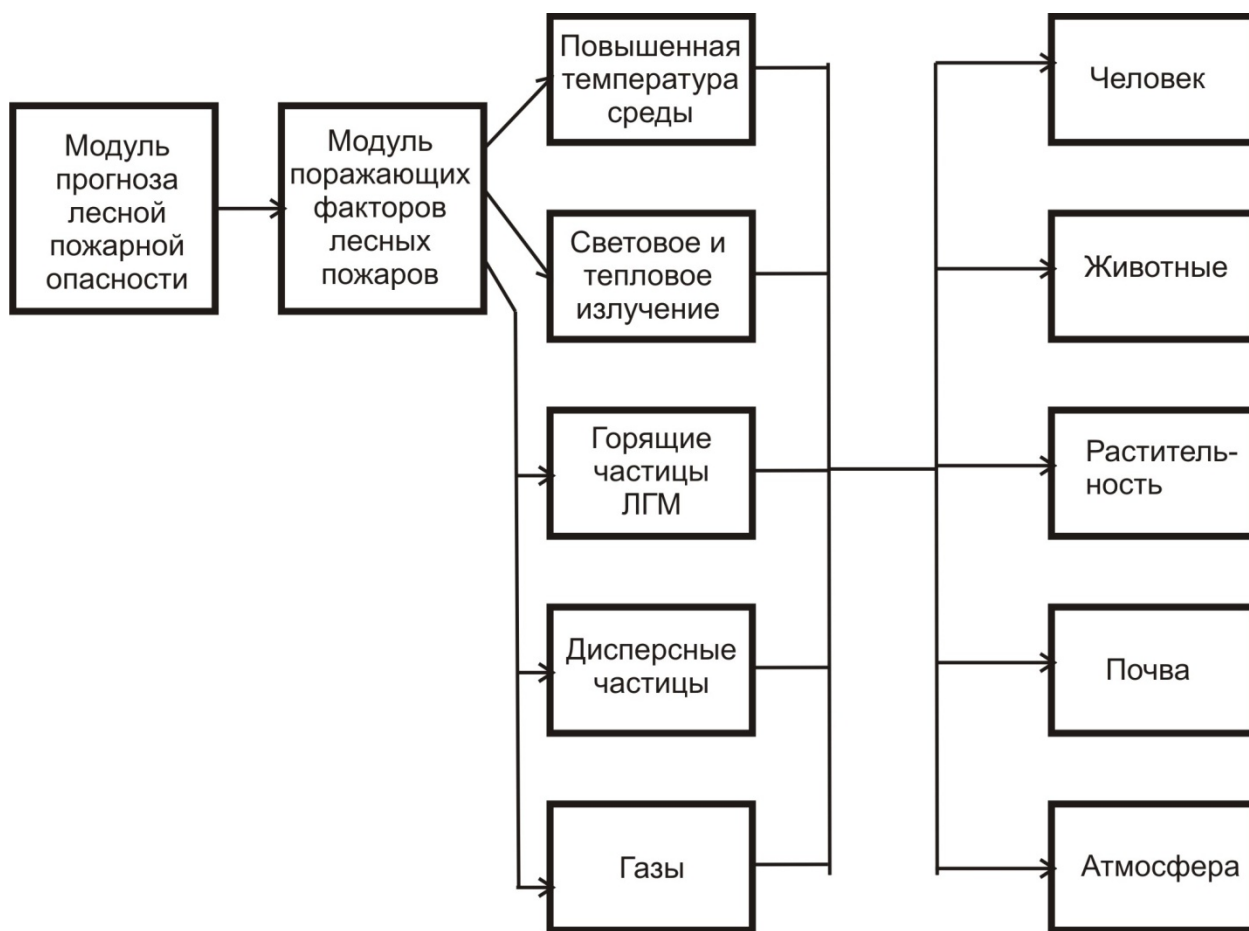


Рис. 1. Обобщенная структура системы оценки экологических последствий лесных пожаров

На рисунке 2 представлена структура подсистемы оценки, мониторинга и прогноза экологических последствий лесных пожаров при их влиянии на почвы.

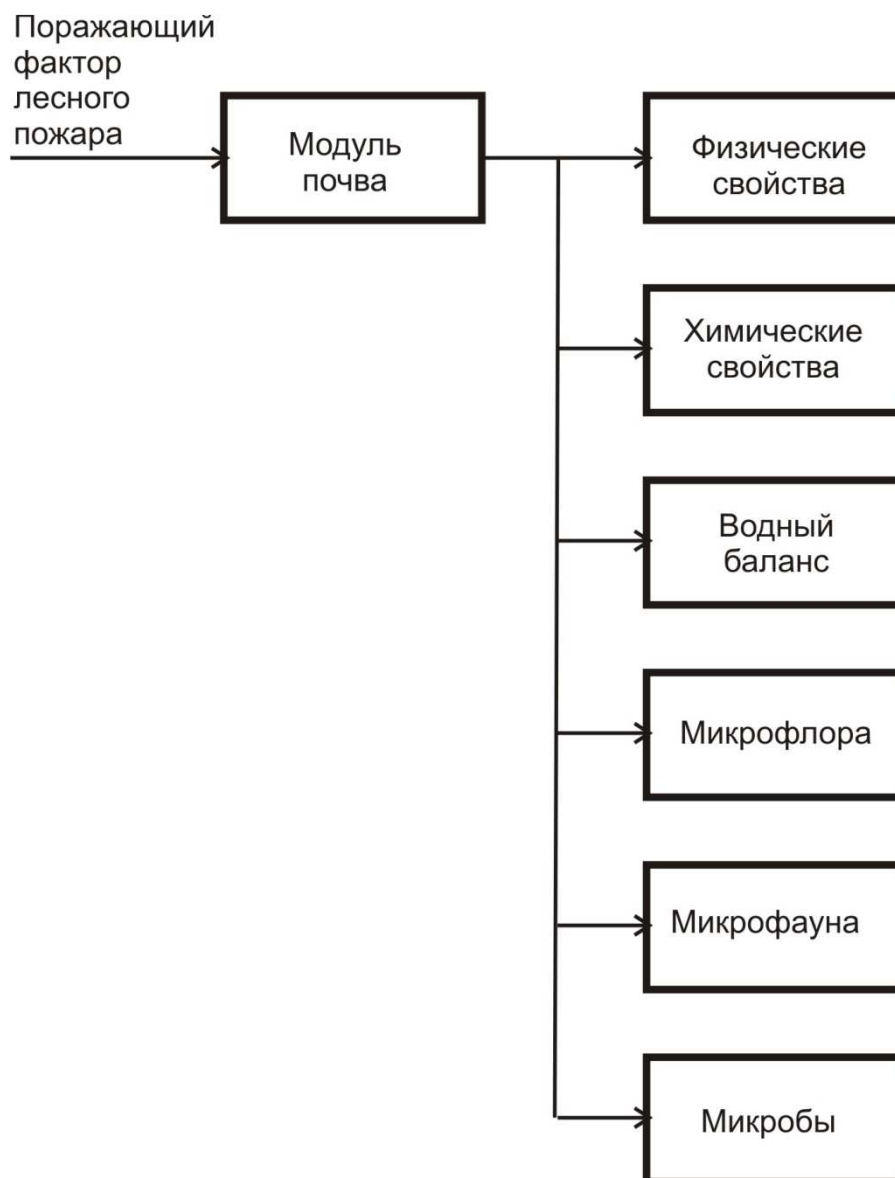


Рис. 2. Структура модуля оценки влияния лесных пожаров на почвы

Структурированный план реализации концепции

Для реализации настоящей концепции в части оценки, мониторинга и прогнозирования экологических последствий лесных пожаров в плане влияния на почвы следует выполнить, как минимум, следующие этапы исследований:

- 1) разработка спецификаций на методику оценки влияния лесных пожаров на почвы;
- 2) разработка физических моделей воздействия очагов лесных пожаров на почвы;
- 3) разработка математических моделей влияния очагов лесных пожаров на почвы с учетом основных физических процессов, протекающих в слоистой структуре почвы;

- 4) создание конечного программного продукта – системы оценки влияния лесных пожаров на почвы с использованием геоинформационных и спутниковых технологий и подходов эколого-математического мониторинга природных систем;
- 5) разработка геопортала, посредством интерфейса которого оценочная и прогнозная информация будет доставляться конечному пользователю;
- 6) систематизация файловой структуры программного продукта для его интеграции с другими информационно-вычислительными системами.

Заключение

Экологические последствия лесных пожаров многообразны, и их прогнозирование имеет важное народно-хозяйственное значение. В частности, прогнозирование влияния лесных пожаров на почвы. В настоящей статье, которая открывает цикл публикаций по данной тематике, разработана обобщенная концепция по оценке экологических последствий лесных пожаров. Также рассматривается частный случай – оценка влияния тепловых режимов природных пожаров на почвы. Развитие этой концепции на основе методов численного моделирования будет способствовать более глубокому пониманию влияния поражающих факторов лесного пожара на окружающую среду и минимизации экономического и экологического ущерба.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009 – 2013 годы (мероприятие 1.5). Соглашение № 14.В37.21.1979.

Список литературы

1. Барановский Н.В. Ландшафтное распараллеливание и прогноз лесной пожарной опасности // Сибирский журнал вычислительной математики. - 2007. – Т. 10, № 2. - С. 141 – 152.
2. Барановский Н.В. Теплофизические аспекты прогностического моделирования лесной пожарной опасности : дис. ... докт. физ.-мат. наук. – Томск : ТПУ, 2012. - 436 с.
3. Дымников В.П., Лыкосов В.Н., Володин Е.М. и др. Моделирование климата и его изменений // Современные проблемы вычислительной математики и математического моделирования. В 2-х томах. - М. : Наука, 2005. - Т. 2. - С. 38—175.
4. Кузнецов Г.В., Барановский Н.В. Прогноз возникновения лесных пожаров и их экологических последствий. – Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2009. – С. 301.

5. Кузнецов Г.В., Барановский Н.В. Пространственная постановка и численное исследование задачи о зажигании слоя лесного горючего материала нагретой до высоких температур частицей // Бутлеровские сообщения. - 2010. - Т. 22, № 12. - С. 30 – 37.
6. Самарский А.А., Вабищевич П.Н. Аддитивные схемы для задач математической физики. - М. : Наука, 2001. - 320 с.
7. IPCC Climate Change (2007) Synthesis Report. Summary for Policymakers [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://www.ipcc.ch> (дата обращения: 25.10.2013).
8. DeBano L.F., Neary D.G., Ffolliott P.F. Fire's effects on ecosystems. - Wiley, New York, 1998. - 333 P.
9. Macadam A. Effects of prescribed fire on forest soils. B.C. Min. For. Research Report 89001-PR, Victoria, Australia. 1989.
10. Mihalakakou G. On estimating soil surface temperature profiles // Energy Build. - 2002. - Vol. 34. - P. 251–259.

Рецензенты:

Немова Т.Н., д.т.н., профессор, Томский государственный архитектурно-строительный университет, г. Томск.

Шеремет М.А., д.ф.-м.н., профессор, Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск.