

2. *Bartalev S.A., Ershov D.V., Korovin G.N., Kotelnikov R.V., Tshetinski V.E.* Osnovnie vozmozhnosti i structura informazionnoy sistemy distanzionnogo monitoringa lesnih pogarov Federalnogo agentstva lesnogo hoziaystva (ISDM Rosleshoz) [The main functionalities and structure of the Forest Fire Satellite Monitoring Information System of Russian Federal Forestry Agency (SMIS-Rosleshoz)] // *Sovremennye problemy distanzionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2010. T.7. № 2. Pp. 97–105.
  3. *Vonskiy S.M., Gdanko V.A.* Prinziipy razrabotki meteorologicheskikh pokazateley pogarnoy opasnosti v lesu [Development of meteorological fire danger rating in the forest]. *Metodicheskie rekomendazii*. L.: LenNEELH. 1976. 47 p.
  4. *Gmurman V.E.* Teoria veroyatnostey i matematicheskaya statistika [Probability theory and mathematical statistics]. M., Vysch.shk., 2003. 479 p.
  5. *Grishin A.M., Filkov A.E.* Prognoz vozniknoveniya i rasprostraneniya lesnix pogarov [The forecast of forest fires occurrence and spread]. Monografiya. Kemerovo: izd-vo Praktika, 2005. 202 p.
  6. *Korovin G.N., Pokryvaylo V.D., Solodovnikova N.E.* Analiz i modelirovaniye statisticheskoy struktury polia gorimosti lesov [Analysis and modeling of the statistical structure of burning forests field]. LenNEELH, 1984.
  7. *Kuznetsov G.V., Baranovskiy N.V.* Prognoz vozniknoveniya lesnix pogarov i ih ekologicheskix posledstiy [Forest fires and their environmental effects occurrence forecast]. Novosibirsk: izd-vo SO RAN, 2009. 301 p.
  8. *Nesterov V.G.* Voprosy sovremennogo lesovodstva [Questions of contemporary forestry]. M.: Selhozgiz. 1961.
  9. *Plotnikova A.S., Ershov D.V., Shulyak P.P.* Ispolzovanie zakona Puassona dlia ozenki veroyatnosti vozniknoveniya lesnih pogarov na territorii Irtutskoy oblasti [Using Poisson law for forest fires probability assessment on the Irkutsk region]. *Regionalnye problemy distanzionnogo zondirovaniya Zemli: materialy megdunarodnoy nauch.konf. Krasnoyarsk: Sib.feder.un-t, 2014. Pp. 237–241.*
  10. *Podolskaya A.S., Ershov D.V., Shulyak P.P.* Primeneniye metoda ozenki veroyatnosti vozniknoveniya lesnih pogarov v ISDM-Rosleshoz [Forest fire occurrence probability assessment: method and approach in Russian remote monitoring information system (ISDM-Rosleskhodz)]. *Sovremennye problemy distanzionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2011. T.8. № 1. Pp. 118–126.
- 

УДК 630\*43(571.621)

**В.А. Глаголев<sup>1</sup>, Р.М. Коган<sup>2</sup>**

## **ГЕОИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗА ВОЗНИКНОВЕНИЯ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВЕСЕННЕ-ОСЕННИХ ПОЖАРОВ ТРАВЫ**

***Резюме.** Травяные пожары являются одним из факторов, определяющих экологическое состояние территорий распространения луговой и степной растительности, саван и редколесий. Они также наносят большой вред лесным насаждениям в регионах России, где распространено такое явление, как весеннее и осеннее выжигание травы (сельхозпалы), поскольку являются одним из источников огня, в основном, антропогенного происхождения.*

*В работе описана геоинформационная система прогноза травяных пожаров, которая включает определение временных периодов проведения сельхозпалов; ежедневное определение степени высыхания травяных горючих материалов; расчет ежедневной пожарной опасности по условиям погоды и выделение дней, в которых возможно возникновение пожаров травы по метеорологическим условиям; расчет вероятности возникновения травяных пожаров по природным и антропогенным факторам; ежедневный расчет скорости распро-*

---

<sup>1</sup> Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН; e-mail: glagolev-jar@yandex.ru.

<sup>2</sup> Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН; e-mail: koganrm@mail.ru.

странения кромки травяных пожаров; расчет времени распространения травяного пожара до ближайшего участка леса.

Система имеет практическую значимость и может быть использована для разработки противопожарных рекомендаций и мероприятий по сохранению лесной и нелесной растительности.

**Ключевые слова:** пожар, трава, прогноз, геоинформационная система.

**Введение.** Анализ закономерностей возникновения и распространения травяных пожаров является предметом многолетних исследований в странах, где они являются одним из основных природно-антропогенных эколого-экономических рисков, например, в Австралии. В России горение нелесной растительности может происходить не только в степной и лесостепной, но и лесной и в лимитрофной (расположенных между ними) зонах. Этому способствуют природные условия и антропогенные факторы, связанные с выжиганиями сухой травы, так называемые сельхозпалы, в осенний и весенний периоды. Пожары травы наносят значительный ущерб растительным экосистемам, они могут быть причиной возникновения лесных и торфяных пожаров и наносить материальный ущерб предприятиям и населению. Трудность их мониторинга и ликвидации связана с тем, что эти территории не закреплены за федеральными противопожарными организациями и тушением пожаров должны заниматься муниципальные и частные структуры.

Отечественные и зарубежные системы прогноза возникновения и распространения пожаров, основанные на математических моделях аналитического типа или на экспериментально-статистических математических моделях, созданы, в основном, для лесных пожаров [Барановский, 2007; Доррер, 2008; Телицын, 2002].

Наиболее известная модель распространения нелесных пожаров на лугах и пастбищах, которой пользуются в разных странах, предложена МакАртуром [McArthur, 1966]. Она разработана на основе природных условий юго-восточной Австралии. Система прогноза нелесных пожаров, которые могут являться причиной перехода огня на лесной фонд, для территории России не создана. Поэтому целью данного исследования является разработка метода оценки и прогноза вероятности возникновения травяных пожаров на примере южной части Дальнего Востока и геоинформационной системы для ее реализации.

**Материалы и методы исследования.** Для выполнения пространственных прогнозов возникновения травяных пожаров и расчета скорости их распространения необходимы ежедневные фактические и прогнозные метеорологические данные, сведения о пожарах нелесной растительности и ее состоянии в различные временные периоды; местоположение антропогенных источников огня.

Расчет вероятности возникновения и распространения травяных пожаров включает следующие этапы:

1. Определение временных периодов проведения сельхозпалов
2. Ежедневное определение степени высыхания травяных горючих материалов в периоды проведения сельхозпалов
3. Расчет ежедневной пожарной опасности по условиям погоды и определение дней, в которых возможно возникновение пожаров травы по метеорологическим условиям
4. Расчет вероятности возникновения травяных пожаров по природным и антропогенным факторам
5. Ежедневный расчет скорости распространения кромки травяных пожаров
6. Расчет времени вероятного распространения травяного пожара до ближайшего участка леса.

Сезон травяных палов может быть определен по фактическим среднесезонным данным, либо по периодам вегетации. Нами предложено использовать предвегетационный, вегетационный и поствегетационные периоды, которые совпадают с датами устойчивого перехода через пороговые температуры: 0, +5, +10, +15 °С.

Для определения степени высыхания растительности в начале пред – и в конце поствегетационного периодов применяется допущение о том, что вся трава находится в состоянии ветоши, и в сухие дни (суточное количество осадков в предыдущий, текущий и последующий дни лежит в интервале 0 – менее 3 мм) количество сухого углерода приближается к 100%. В остальное время, для ежедневного определения состояния вегетации травы и степени ее высыхания, предлагается использовать величину вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) – нормализованный относительный индекс растительности, который вычисляется по формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}, \quad (1)$$

где: *NIR* – отражение в ближней инфракрасной области спектра; *RED* – отражение в красной области спектра [McArthur, 1966; Verhulst, 2010]. Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений. В красной области спектра лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области находится область максимального отражения клеточных структур листовой пластины. Для корректировки значений данного индекса в случае покрытия территорий облаками и тенями от облаков предлагается использовать спутниковую информацию 1–6 каналов спутника MOD09GQK [Пугачева, 2008]. Обработка многоканальных снимков производится с помощью ГИС GRASS 6.0 и ENVI 4.8, в которых осуществляется расчет индекса и конвертация из формата HDF в формат GeoTIFF.

Расчет фактических ежедневных показателей климатической пожарной опасности проводится по методике [Нестеров, 1968], в которой учитываются основные факторы погоды, влияющие на степень высыхания растительности: температура воздуха и точки росы, количество осадков. Расчет комплексного метеорологического показателя ( $P_i$ ) производится по формуле:

$$P_i = \begin{cases} L_i(t_i, \tau_i), & \text{при } x_i > 3 \text{ мм/сут.} \\ L_i(t_i, \tau_i) + P_{i-1}, & \text{при } x_i \leq 3 \text{ мм/сут.} \end{cases}, \quad (2)$$

где  $t_i$ ,  $\tau_i$  температура в 13–15 ч. местного времени,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $x_i$  – суточное количество осадков, мм/сут.;  $i$ ,  $i-1$  – индекс текущего и предыдущего дней.

Низший метеорологический порог возникновения пожаров растительности на каждой территории определяется эмпирическим путем. Например, для муссонных областей Дальнего Востока России он равен (или превышает) 300 единиц метеорологического показателя, поскольку при этом возможно воспламенение растительности I класса пиронологической опасности, к которому относится сухая и мертвая трава (ветошь) [Современное..., 2009].

Прогноз вероятности возникновения пожаров проводится по модифицированной детерминированно-вероятностной модели А.И. Филькова и Н.В. Барановского [Фильков, 2005; Барановский, 2007]:

$$F_{i,j}(B) = \begin{cases} F_{i,j}(C) [ (F_{i,j}(N)F_{i,j}(B/N) + F_{i,j}(M)F_{i,j}(B/M) ) ] & \text{при } R_N \leq R_{кр} \\ F_{i,j}(C) [ (F_{i,j}(D)F_{i,j}(B/D) + F_{i,j}(M)F_{i,j}(B/M) ) ] & \text{при } R_N > R_{кр}. \end{cases}, \quad (3)$$

где:  $i$  – день прогноза;  $j$  – номер операционно-территориальной единицы (ОТЕ);  $F_{i,j}(B)$  – вероятность возникновения пожаров растительности;  $F_{i,j}(C)$  – вероятность возгорания травя-

ной растительности при определенном значении комплексного метеорологического показателя;  $F_{i,j}(N)$ ,  $F_{i,j}(D)$  – вероятность появления антропогенного источника огня от ближайших населенных пунктов или железных и автомобильных дорог;  $F_{i,j}(B/N)$ ,  $F_{i,j}(B/D)$  – вероятность возгорания вследствие появления антропогенного источника огня;  $F_{i,j}(M)$  – вероятность появления природного источника (молний);  $F_{i,j}(B/M)$  – вероятность возгорания вследствие появления природного источника огня, молний;  $R_N$  – расстояние от ОТЕ до ближайшего населенного пункта. События  $N$ ,  $D$  и  $M$  образуют полную группу несовместных событий, которые рассчитываются по частотным характеристикам [Глаголев, 2015].

Вероятность  $F_{i,j}(C)$  горимости растительности в  $j$ -ом участке по погодным условиям в  $i$ -ый день (событие  $C$ ) равна единице, если показатель  $P_i$  равен или превышает  $P_{кр}$ , либо вычисляется по формуле:

$$F_{i,j}(C) = \begin{cases} \frac{P_i}{P_{кр}}, & \text{при } P_i < P_{кр} \\ 1, & \text{при } P_i \geq P_{кр} \end{cases}, \quad (4)$$

где  $P_i$  – значение комплексного показателя в  $i$ -ый день,  $P_{кр}$  – минимальное значение комплексного показателя, при котором возможно появление пожаров на данном участке, которое определяется пирологическими свойствами растительности.

Для расчета скорости распространения травяного пожара ( $w$ , м/с) использован метод МакАртура (mk4) для луговых территорий [McArthur, 1966]:

$$w = 0.26e^{5.011g(c+0.001)-23.6+0.028t-0.226\sqrt{rh}+0.633\sqrt{v}}, \quad (5)$$

где:  $c$  – содержание сухой травы,%;  $rh$  (*relative humidity*) – относительная влажность воздуха,%;  $v$  – скорость ветра, м/с.

Влажность воздуха ( $rh$ ) рассчитывается по температуре воздуха ( $t_i$ ) и точки росы ( $\tau_i$ ):

$$rh_i = 0.01e^{\tau_i a \frac{\tau_i t_i a - b a t_i - 1}{b + t_i} - \frac{b a t_i - 1}{b + \tau_i}}, \quad (6)$$

где:  $a$ ,  $b$  – константы, равные 17,27 и 237,7 соответственно.

Расчет времени «добегания» травяного пожара до ближайшей лесной территории определяется исходя из скорости распространения горения и расстояния до леса.

**Результаты исследования и их обсуждение.** Способность к возгоранию определяется свойствами самой травы (однолетняя, многолетняя, период вегетации, степень высыхания, соотношение ветоши и вегетирующей травы, плотность проводников горения), а также условиями погоды, в определенные периоды играющими решающую роль в инициировании и пространственно-временном развитии пожаров.

Травяные растения проходят следующие фенологические фазы: всходы, весеннее отращивание, кущение, образование укороченных побегов и розеток, ветвление, выход в трубку, колошение, бутонизация, цветение, плодоношение и отмирание побегов.

Наиболее пожароопасными являются фазы отмирания и переход растительности в состояние ветоши, которое заканчивается к началу зимнего периода, и период от отмирания побегов и до появления всходов и весеннего отращивания. Особенностью горения травяных материалов именно в эти периоды являются [Ковалев, 2016]:

– они становятся легковоспламеняющимся и быстрогорящим проводниками огня. При этом возрастает роль погодных условий, поскольку они влияют на степень высушивания вегетирующих растений и ветоши;

– горение травяных горючих материалов отличается от других природных пожаров скоростью распространения, большими размерами горельников, способностью изменять направление и преодолевать такие препятствия, как дороги, водотоки и противопожарные минерализованные полосы;

– трава как проводник горения быстрее, чем другая растительность реагирует на изменение климатических, сезонных и ежедневных погодных условий;

– как особый вид топлива она более доступна для возгорания, чем горючие материалы, характерные для лесной, кустарниковой или смешанных типов растительности;

– травяная растительность быстро реагирует на изменение влажности воздуха в течение суток. Так, очень сухая трава может поглощать влагу из воздуха в течение ночи и быстро терять ее рано утром в сухую и ветреную погоду, т. е. находиться в состоянии пожарной зрелости в течение всего дневного периода суток с максимумом в период самой высокой дневной температуры;

– наряду с традиционно учитываемыми для всех видов растительных горючих материалов погодными факторами: температура, влажность воздуха, количество осадков, их интенсивность, скорость ветра, влияние последнего многократно увеличивается. Ветер и особенно его порывы могут изменять степень высыхания вследствие увеличения продуваемости травы, скорость и направление пожара, а также переход его из низового в верховой;

– идеальные условия для пожаров травы, наряду с сухой погодой, возникают на сухой почве, что определяет пролонгированность ее пожароопасного сезона по сравнению с другими видами растительности;

– особенности рельефа могут привести к проблемам предсказания поведения пожаров, особенно при ветреной погоде, поскольку ветер более неустойчив и не предсказуем на крутых возвышенностях.

Перечисленные особенности травяных горючих материалов учтены при разработке геоинформационной системы прогноза их возникновения и распространения на лесные территории в условиях муссонного климата средних широт.

Проектируемая система состоит из пяти блоков: сбор и обработка первичных данных наземного и дистанционного мониторинга (I); хранение фактических, прогнозных и расчетных данных (II); определение пожароопасности нелесных участков (III); расчет скорости распространения травяных пожаров (IV); регламентация лесоохранных мероприятий для федеральных, муниципальных и частных организаций (V) (рис. 1).

### **Блок I «Сбор и обработка первичных данных наземного и дистанционного мониторинга»**

Метеорологические данные представляют Интернет-службы: ГУ Гидрометцентра РФ (<http://meteoinfo.ru>); ИКИ РАН (<http://meteo.infospace.ru>); Научно-производственного центра «Мэп-Мейкер» (<http://gismeteo.ru>). Метеорологические элементы включают массив ежедневных метеоданных и синоптических прогнозов: сведения о дневной температуре воздуха  $t, ^\circ\text{C}$  и точки росы  $\tau, ^\circ\text{C}$ , направление и скорость ветра  $v$ , м/с, суточном объеме осадков  $x$ , мм/сут., и их интенсивности  $int$ .

Информация о фенологическом состоянии нелесной растительности и местоположении пожаров может быть получена по спутниковым снимкам с космического аппарата TERRA, передающего MODIS информацию в 36-ти спектральных каналах с разрешением 250, 500, 1000 м на пиксель. Снимки находятся в общем доступе на сайте NASA <http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>. Для распознавания снимков используется алгоритм, разработанный NASA под названием MODIS – MOD14 (Thermal Anomalies – Fires and Biomass Burning). Российский аналог сайта представлен на сайте ИСДМ-Рослесхоз (<http://aviales.ru>), на котором размещены данные спутникового мониторинга пожаров растительности на всей территории России.

Данные снимков, полученные в красном (620–670 нм) и ближнем инфракрасном (841–876 нм) каналах (продукт MOD09GQK), позволяют рассчитать вегетационный индекс NDVI, представляющий собой количественный показатель фотосинтетически активной биомассы.



*Рис. 1.* Архитектура геоинформационной системы прогноза возникновения и распространения травяных пожаров

Сведения об антропогенных объектах включают данные о местоположении населенных пунктов и о количестве проживающих жителей, размещении автомобильных, железнодорожных, охотничьих и туристических маршрутов, которые возможно получить, используя статистические сборники и федеральные отчеты транспортной доступности.

### **Блок II «Хранения фактических, прогнозных и расчетных данных»**

Для хранения массива данных в системе используется авторские базы метеорологических данных (БМД) и сведений о лесных и нелесных пожарах растительности (БДПР), созданные в реляционной СУБД MySQL 5 и ГИС MapInfo Professional 8.5. Более подробно структура и реализация БМД представлена в работе [Глаголев, 2014].

Особенностью реализации БДПР является учет местоположения пожаров растительности по указанию номеров операционных территориальных единиц (ОТЕ) или координат центра горельника. Для идентификации ОТЕ используется нерегулярная сеть, содержащая кварталы участковых лесничеств лесного фонда и регулярная сеть, с заданным размером (0,25x 0,25 км, либо 2,5x2,5 км), наложенная на территорию нелесного фонда. Состояние растительных горючих материалов в ОТЕ фиксируется таблицей «NDVI», содержащей значения индекса NDVI в каждом пикселе спутникового снимка на каждый день пожароопасного сезона.

Для отнесения пожара к нелесной территории можно воспользоваться соотношением площади нелесной и лесной части горельника по данным дистанционного зондирования Земли, при этом нелесная площадь должна преобладать над лесной в пределах 70–100%. При указании местоположения пожара растительности производится декомпозиция горельника в совокупность номеров ОТЕ.

В базе данных растительности (БДПР) каждая таблица присоединена к одноименному векторному слою ГИС. В центре логической структуры находится таблица «ОТЕ». Местоположение пожара указывается с помощью атрибутов *долгота* и *широта*, либо атрибута *idОТЕ*, который может принимать одно или более значений, разделенных запятой.

Пространственные данные векторных слоев связаны «один-ко-одному» с атрибутивной информацией посредством географического ключа *mapinfo\_id* инструментальной ГИС.

### **БЛОК III «Определение пожароопасности нелесных участков»**

Алгоритм определения пожароопасности нелесных участков основан на модели прогноза возникновения пожаров растительности по природно-антропогенным факторам, по которой появление пожаров зависит от наличия двух совместных событий: погодных условий, способствующих высыханию травы и наличия источника огня природного (сухие грозы) или антропогенного происхождения от жителей населенных пунктов или прибывших по дорожной сети. Расчет проводится по формулам (3) и (4).

### **БЛОК IV «Расчет скорости распространения травяных пожаров»**

Расчет проводится по формуле (5). Содержание сухой травы (*c*) на участках нелесного фонда принимаем за 100% в период устойчивого перехода температуры от 0 до +5 °С. В другие периоды содержание сухой травы в ОТЕ определяется по значениям индекса NDVI, который рассчитывается в каждом пикселе спутникового снимка по формуле (1). Благодаря особенности отражения в данных областях спектра природные объекты, не связанные с растительностью, могут быть исключены, поскольку имеют фиксированные значения: – 0.5 – искусственные материалы (бетон, асфальт); – 0,25 – вода; – 0.05 – снег и лед; 0 – облака; 0.025 – открытая почва; от 0.5 до 0.7 – разряженная растительность; от 0,7 до 1 – густая растительность. В случае если в ОТЕ содержит пиксели со значениями от 0.5 до 0.7, то *c* принимается равным 50%; от 0.7 до 1 – 0%.

### **БЛОК V «Регламентация лесоохранных мероприятий»**

В данном блоке представлены противопожарные рекомендации и мероприятия в виде электронных отчетов (документы, таблицы, карты), отправляемые муниципальным и частным организациям:

1. Определение нелесных участков с высокой пожароопасностью (вероятность возникновения пожаров от 0,5 до 1)§
2. Выявление дат с высокой пожарной опасностью, во время которых в определенных ОТЕ возможна наибольшая вероятность возникновения нелесных пожаров;
3. Определение времени вероятного распространения травяного пожара до границ лесного фонда и мест создания защитных полос вдоль лесного фонда.

**Выводы.** Таким образом, разработанная геоинформационная система прогноза возникновения и распространения травяных пожаров имеет практическую значимость и может быть использована для осуществления противопожарных рекомендаций и мероприятий на территории субъектов РФ.

## **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Барановский Н.В. Математическое моделирование наиболее вероятностных сценариев и условий возникновения лесных пожаров: автореф. дис. ... канд. физ.-мат. наук. Томск, 2007. 19 с.

2. Глаголев В.А. Создание баз данных для оценки и прогноза пожарной опасности растительности по природно-антропогенным условиям // Региональные проблемы. 2014. Т. 17. № 2. С. 78–83.
3. Глаголев В.А., Коган Р.М. Система пожарного мониторинга лесных участков Еврейской автономной области // Технологии техносферной безопасности: научный интернет журнал. 2015. Вып. 5 (63). С. 1–9. <http://ipb.mos.ru/ttb/2015-5/2015-5.html>.
4. Доррер Г.А. Динамика лесных пожаров. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2008. 404 с.
5. Ковалев Б.И., Ковалев Р.Б. Пожарная опасность растительных горючих материалов, взаимная модификация техносферных и природных пожаров // Аэрокосмические методы и геоинформационные технологии в лесоведении, лесном хозяйстве и экологии: доклады VI Всероссийской конференции. М.: ЦЭПЛ РАН, 2016. С 28–32.
6. Нестеров В.Г. Использование температуры точки росы при расчете показателя горимости леса / В.Г. Нестеров, М.В. Гриценко, Т.А. Шабунина // Гидрология и метеорология. 1968. № 9. С. 102–104.
7. Пугачева И.Ю. Шевырногов А.П. Изучение динамики NDVI посевов сельскохозяйственных культур на территории Красноярского края и республики Хакасия // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2008. Т. 5. № 2. С. 347–351.
8. Современное состояние лесов российского Дальнего Востока и перспективы их использования. Хабаровск: ДальНИИЛХ, 2009. 470 с.
9. Телицын Г.П., Карпов А.И., Попович С.В. Программный комплекс для моделирования процессов распространения и тушения лесных пожаров // Охрана лесов от пожаров в современных условиях: международная практическая конференция. Хабаровск, 2002. С. 151–153.
10. Фильков А.И. Детерминированно-вероятностная система прогноза лесной пожарной опасности: автореф. дис.... канд. физ.-мат. наук. Томск, 2005. 24 с.
11. McArthur A.G. Weather and grassland fire behavior // Leaflet 100. Forestry and Timber Bureau. Commonwealth of Australia, 1966.
12. Verhulst N., Govaerts B. The normalized difference vegetation index (NDVI) Green-Seeker™ handheld sensor: Toward the integrated evaluation of crop management. Part A: Concepts and case studies. Mexico: D.F.; CIMMYT, 2010. 14 p.

---

V.A. Glagolev<sup>1</sup>, R.M. Kogan<sup>2</sup>

## GEOINFORMATION SYSTEM FORECAST AND DISTRIBUTION OF SPRING-AUTUMN GRASS FIRES

***Abstract.** An analysis of the emergence and spread of grass fires is a matter for many years of research in the countries where they are one of the major natural and man-made environmental and economic risks. Burning non-forest vegetation in Russia can occur not only in the steppe and forest-steppe, and forest and limitrophe (located between them) areas. This is facilitated by the natural conditions and human factors associated with the burning of dry grass, so called agriculture fell, in autumn and spring. Fires cause significant damage to the grass plant ecosystems. They may be the cause of occurrence of forest and peat fires and cause material damage to businesses and population. Monitoring and elimination of grass fires is a difficult problem because firefighting should engage municipal and private entities*

*Patterns of burning herbs are different from forest and peat fires, but model for predicting forest fires are mainly developed in Russia.*

---

<sup>1</sup> Institute of Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS; e-mail: glagolev-jar@yandex.ru.

<sup>2</sup> Institute of Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS; e-mail: kogarm@mail.ru.



Therefore, the aim of this study is to develop a method for assessing and forecasting the potential for grass fires on the example of the southern part of the Far East and the geographic information system for its implementation.

**Key words:** fire, grass, forecast, Geographic information system.

## REFERENCES

1. Baranovskiy N.V. Matematicheskoe modelirovanie naibolee veroyatnostnykh stsenariyev i usloviy vozniknoveniya lesnykh pozharov. Avtoref. dis.... kand. fiz.-mat. nauk [Mathematical modeling of the most probable scenarios and conditions of forest fires. Author's abstract of Candidate of Physico-Mathematical Sciences ]. Tomsk, 2007. 19 p.
2. Glagolev V.A. Sozdanie baz dannykh dlya otsenki i prognoza pozharnoy opasnosti rastitelnosti po prirodno-antropogennym usloviyam [Creating a database for the evaluation and prediction of fire danger of vegetation on the natural and man-made conditions]. *Regionalnyie problemy*. 2014. T. 17. № 2. Pp. 78–83.
3. Glagolev V.A., Kogan R.M. Sistema pozharnogo monitoringa lesnykh uchastkov Evreyskoy avtonomnoy oblasti [Fire Monitoring System woodlots Jewish Autonomous Region]. *Tehnologii tehnosfernoy bezopasnosti: nauchnyiy internet zhurnal*. 2015. №. 5 (63). Pp. 1–9. <http://ipb.mos.ru/ttb/2015-5/2015-5.html>.
4. Dorrer G.A. Dinamika lesnykh pozharov [The dynamics of forest fires]. Novosibirsk: Izd-vo SO RAN, 2008. 404 p.
5. Kovalev B.I., Kovalev R.B. Pozharnaya opasnost rastitelnykh goryuchih materialov, vzaimnaya modifikatsiya tehnosfernykh i prirodnnykh pozharov [Fire danger of vegetable fuels, mutual modification technospheric and wildfires]. *Aerokosmicheskie metody i geoinformatsionnyie tehnologii v lesovedenii, lesnom hozyaystve i ekologii: doklady VI Vserossiyskoy konferentsii*. Moscow: TsEPL RAN, 2016. Pp. 28–32.
6. Nesterov V.G., Gritsenko M.V., Shabunina T.A. Ispolzovanie temperatury tochki rosy pri raschete pokazatelya gorimosti lesa [Using the dew point temperature in the calculation of the forest of burning]. *Gidrologiya i meteorologiya*. 1968. № 9. Pp. 102–104.
7. Pugacheva I. Yu., Shevyirnogov A.P. Izuchenie dinamiki NDVI posevov selsko-hozyaystvennykh kultur na territorii Krasnoyarskogo kraya i respubliki Hakasiya [Studying the dynamics of NDVI of agricultural crops in the Krasnoyarsk Territory and the Republic of Khakassia]. *Sovremennyye problemy distantsionnogo zondirovaniya zemli iz kosmosa*. 2008. T. 5. № 2. Pp. 347–351.
8. Sovremennoe sostoyanie lesov rossiyskogo Dalnego Vostoka i perspektivy ih ispolzovaniya [The current state of forests in the Russian Far East and the prospects for their use]. Khabarovsk: DalNIILH, 2009. 470 p.
9. Telitsyyn G.P., Karpov A.I., Popovich S.V. Programmnyiy kompleks dlya modelirovaniya protsessov rasprostraneniya i tusheniya lesnykh pozharov [Software for modeling of processes, and the extinguishing of forest fires]. *Ohrana lesov ot pozharov v sovremennykh usloviyah: mezhdunarodnaya prakticheskaya konferentsiya*. Khabarovsk, 2002. Pp. 151–153.
10. Filkov A.I. Determinirovanno-veroyatnostnaya sistema prognoza lesnoy pozharnoy opasnosti. Avtoref. dis.... kand. fiz.-mat. nauk [Deterministic and probabilistic system of forest fire danger forecast. Author's abstract of the Candidate of Physico-Mathematical Sciences ]. Tomsk, 2005. 24 p.
11. McArthur A.G. Weather and grassland fire behavior // Leaflet 100. Forestry and Timber Bureau. Commonwealth of Australia, 1966.
12. Verhulst N., Govaerts B. The normalized difference vegetation index (NDVI) Green-Seeker™ handheld sensor: Toward the integrated evaluation of crop management. Part A: Concepts and case studies. Mexico: D.F.; CIMMYT, 2010. 14 p.