

УДК 630*43 (571.6)

КОМПЛЕКСНЫЙ ИНДЕКС НАПРЯЖЕННОСТИ ПОЖАРООПАСНЫХ СЕЗОНОВ НА ОСНОВЕ ФУНКЦИЙ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ

© 2014 Р.М. Коган, В.А. Глаголев

© 2014 Институт комплексного анализа региональных проблем ДВО РАН,
г. Биробиджан

Поступила в редакцию 22.04.2014

Предложен комплексный индекс для оценки напряженности пожароопасных сезонов на основе природно-антропогенные факторов, определяющих вероятность возникновения пожаров растительности, и показана возможность использования функции желательности для его расчета.

Ключевые слова: *пожар, растительность, индекс, функция желательности*

Пожары относятся к факторам, непосредственно определяющим состояние растительности, нижних слоев атмосферы, почв, гидрологического режима в районах их возникновения и распространения, и опосредовано влияющим на значительные территории вследствие непрерывного взаимодействия между компонентами биосферы, превращаясь при этом в значимый экологический компонент устойчивого функционирования экосистем. Вероятность их возникновения определяется комплексом достаточно хорошо изученных факторов, для оценки которых используются статические и динамические параметры. Значительно меньшее количество работ посвящено исследованию характеристик пожароопасных сезонов, которые необходимы для долгосрочного прогнозирования пожарной опасности при изменении климатических и социально-экономических условий, своевременного перераспределения средств пожаротушения между наземными и авиационными службами охраны и ежегодной оценке их деятельности.

Методические подходы к оценке сезонов основаны на применении различной терминологии (напряженность, засушливость, жесткость, фактическая горимость, пожароопасный и пожарный режимы, степень пожарной опасности, суровость и т.д.), которая проявляется в использовании разных наборов исходных данных и расчетных показателей. При этом не разработан метод комплексной оценки, которая необходима

для исследования и прогнозирования изменения пожарной опасности на разных территориях.

Цель работы: разработка метода расчета комплексного индекса напряженности пожароопасных сезонов и верификация его на территории Дальнего Востока России.

Методика исследования. Для комплексной оценки пожароопасных сезонов использован термин «напряженность», под которой понимается комплекс взаимосвязанных природно-антропогенных факторов, способствующих формированию потенциальной и фактической горимости растительности, оценка которых включает интеграцию динамических показателей, описывающих закономерности внутригодовых и межсезонных условий возникновения пожаров. Система критериев, индикаторов и показателей для оценки напряженности сезонов разработана на основе модели «pressure – state – response» [1]. Критерии «воздействия» выбраны из группы природных и антропогенных факторов, определяющих вероятность возникновения пожаров растительности; «состояния» показывают влияние пожаров на экосистемы, «реагирования» предусматривают действия, направленные на минимизацию ущерба и предупреждение их. Они соответствуют требованиям: связь с причинами возникновения пожаров растительности; значимость для оценки пожароопасных сезонов, достоверность, объективность и независимость друг от друга; способность отражать региональные особенности; возможность определения «желательного» или «нежелательного» направления изменения показателей.

Для оценки критериев можно использовать показатели пожарной опасности: природные – продолжительность по датам появления – схода снежного покрова (дни); «суровость» или

Коган Рита Моисеевна, кандидат химических наук, заведующая лабораторией региональной геоэкологии. E-mail: koganrt@mail.ru

Глаголев Владимир Александрович, младший научный сотрудник лаборатории региональной геоэкологии. E-mail: glagolev-jar@yandex.ru

продолжительность сезона с высокой пожарной опасностью по условиям погоды, (дни); количество дней с грозами (дни); антропогенные – продолжительность по датам возникновения первого и последнего пожаров (дни); плотность населения (чел./км²); фактическая горимость – относительное число (пожаров/100 тыс. га.) и площадь (га/100 тыс.га.) пожаров. Выбор значимых показателей производится по тесноте связи с количеством пожаров в каждом сезоне за базовый период. Пороговые значения определяются из эмпирического ряда распределения показателей по годам и нахождения 2,5% квантилей этого распределения, которые считаются минимальными и максимальными значениями.

Для расчета комплексного индекса напряженности сезонов на основе перечисленных выше показателей различной размерности можно использовать функции желательности, которые нашли широкое применение в геоэкологических исследованиях [2-4]. Рассмотрены следующие варианты частных функций:

$$d_{z,j} = \frac{X_{z,j}}{X_{z,j\text{эталон}}} \quad (1)$$

$$d_{z,j} = \frac{(X_{z,j} - X_{z,j\text{мин}})}{(X_{z,j\text{макс}} - X_{z,j\text{мин}})} \quad (2)$$

$$d_{z,j} = \frac{1}{e^{-y_{z,j}}} = f(X_{z,j}) \quad (3)$$

$$d_{z,j} = \frac{2X_{z,j}X'_{z,j}}{X_{z,j}^2 + X_{z,j}'^2} \quad (4)$$

где: $d_{z,j}$ - частные функции желательности z -го показателя; z – номер показателя; j – номер операционно-территориальной единицы (ОТЕ); $X_{z,j}$ – значение z -го показателя; $y_{z,j}$ – безразмерный параметр, $X'_{z,j}$ – пороговое значение z -го показателя.

Функции (1) и (2) трудно использовать ввиду отсутствия корректной шкалы для ранжирования некоторых показателей пожарной опасности, или вследствие возникновения ситуация, когда при невысокой плотности пожаров значения частных функций могут сосредоточиться вблизи нуля, что может привести к обнулению комплексного индекса не зависимо от значений частных функций остальных показателей. В функции Харрингтона (3) и в ее модификациях используется перевод показателей в безразмерный параметр y , при этом показатели $X_{z,j}$ должны иметь количественные шкалы, которые в настоящее время составлены только для оценки фактической горимости.

В данной работе исследована возможность использования частной функции желательности (4), для которой предложено несколько вариантов, отличающихся пороговыми значениями ($X'_{z,j}$) z -го показателя [5]. Проведен анализ двух вариантов частных функций желательности (4),

в которых пороговые значения показателя ($X'_{z,j}$) могут быть принимать минимальные или максимальные значения; выбор между ними основывался на желательности уменьшения напряженности и однонаправленности изменения показателей и их частных функций. Расчет комплексного индекса проведен по формуле (5) [4]

$$D_j = \sqrt[n]{\prod_{z=1}^n d_{z,j}} = \sqrt[n]{\prod_{z=1}^n (2X_{z,j} \cdot X'_{z,j}) / (X_{z,j}^2 + X_{z,j}'^2)} \quad (5)$$

где: n – количество показателей.

Для сравнения сезонов на разных территориях использована стандартная шкала Харрингтона [4]: 0÷0,2 – очень низкая; 0,2÷0,36 – низкая; 0,37÷0,62 –удовлетворительная; 0,63÷0,79 – высокая; 0,8÷1 – очень высокая напряженность. Верификация методики проведена на территории муниципальных районов Хабаровского края и в Еврейской автономной области (ЕАО).

Результаты и их обсуждение. Сформированы базы ежедневных данных с 1976 по 2012 гг.: метеорологическая база данных (БМД) содержит метеоданные ГМС, база данных пожаров растительности (БДПР) представлена сведениями о пожарах по материалам КГУ «ДВ авиабаза», ОГАУ «Лесничество ЕАО» и космоснимкам с сайтов NASA [<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov>] и ФАЛХ «Авиалесоохрана» [<http://aviales.ru>]. В базе источников пожаров (БАИВ) собрана информация об природных (грозы) и антропогенных источниках возгораний. Характеристики территории (БЭКТ) представлены картами: физическая, зоны ответственности и репрезентативности ГМС, квартальная сеть лесхозов, населенные пункты. Показатели метеорологической пожарной опасности в зонах репрезентативности ГМС рассчитаны по методике В. Нестерова [5], вне этих зон – по работе [6], классы пожарной опасности (КПО) определены по шкалам для Дальнего Востока России [7]. Оценка суровости сезонов осуществлялась по сумме дней с IV и V КПО, поскольку она наиболее тесно связана с количеством пожаров (коэффициент корреляции R равен 0,61).

Суровость изменялась от 90 до 70 дней, экстремальная наблюдалась в весенний в 2009 г. на территории Хабаровского, Нанайский районов Хабаровского края и в ЕАО. Продолжительность сезона по природным условиям, в среднем, составила 194 дня, наименьшая наблюдалась на севере Хабаровского края (164 дня, Охотский муниципальный район), наибольшая - на территории ЕАО (214 дней); продолжительность по природно-антропогенным условиям находится в пределах от 59 до 197 дней.

Минимальные показатели фактической горимости характерны для малоосвоенных районов севера Хабаровского края с небольшой плотностью населения. Средняя частота и высокая площадь пожаров наблюдается в южных районах, максимальные значения зафиксированы в центральной части Хабаровского края – 14,3 пожаров/100 тыс. га и 16005,5 га/100 тыс. га соответственно.

Выбор значимых показателей проведен корреляционным анализом с количеством пожаров. Тесная связь обнаружена с суровостью пожароопасных сезонов ($R = 0,6$), продолжительностью по природно-антропогенным факторам ($R = 0,51$) и плотностью населения ($R = 0,53$); слабая с количества дней с грозами ($R = 0,23$), поэтому последний показатель при расчете индекса напряженности не учитывался. Для каждой территории вычислены пороговые значения

и частные функции желательности показателей для каждого сезона по двум вариантам уравнения (4). Показано, что при использовании минимальных значений наблюдается антибатная зависимость между некоторыми показателями напряженности и их частными функциями, т.е. уменьшению показателей соответствует увеличение частных функций желательности. Поэтому комплексный индекс рассчитан по уравнению (5) с использованием максимальных пороговых значений показателей; при этом выполняется условие уменьшения напряженности в качестве желательного направления. Как видно из фрагмента, приведенных в табл., самые низкие значения принимает индекс напряженности в северных районах Хабаровского края, а высокая напряженность наблюдается в центральной части Хабаровского края (Верхнебуреинский, им. Лазо, Бикинский, Вяземский районы) и в ЕАО.

Таблица 1. Значение индекса напряженности сезонов на территории Хабаровского края и Еврейской автономной области (фрагмент)

№	Субъект РФ, муниципальный район, область	Год									
		2008		2009		2010		2011		2012	
		Индекс (D) и степень напряженности сезонов(ф)									
D		φ		D		φ		D		φ	
Хабаровский край, муниципальный район											
1	Охотский	0	ОН	0	ОН	0	ОН	0	ОН	0	ОН
2	Аяно - Майский	0	ОН	0	ОН	0	ОН	0	ОН	0	ОН
3	Тугуро-Чумиканский	0	ОН	0	ОН	0	ОН	0	ОН	0	ОН
4	Николаевский	0,83	ОВ	0,31	Н	0,26	Н	0,69	В	0,97	ОВ
5	Ульчский	0,71	В	0,81	ОВ	0,58	У	0,8	ОВ	0,98	ОВ
6	Им. Полины Осипенко	0,80	ОВ	0,73	В	0,49	У	0,78	В	0,96	ОВ
7	Солнечный	0,91	ОВ	0,74	В	0,62	У	0,85	ОВ	1	ОВ
8	Верхнебуреинский	0,90	ОВ	0,67	В	0,86	ОВ	0,93	ОВ	0,97	ОВ
9	Советско-Гаванский	0,65	В	0,38	У	0,75	В	0,6	У	0,8	ОВ
10	Ванинский	0,99	ОВ	0,56	У	0,88	ОВ	0,93	ОВ	0,98	ОВ
11	Комсомольский	0,88	ОВ	0,66	В	0,55	У	0,78	В	0,86	ОВ
12	Хабаровский	0,82	ОВ	0,69	В	0,56	У	0,65	В	0,75	В
13	Амурский	0,85	ОВ	0,56	У	0,69	В	0,89	ОВ	0,81	ОВ
14	Нанайский	0,91	ОВ	0,80	ОВ	0,53	У	0,83	ОВ	0,83	ОВ
15	Им. Лазо	0,88	ОВ	0,68	В	0,77	В	0,79	В	0,81	ОВ
16	Бикинский	0,88	ОВ	0,68	В	0,77	В	0,79	В	0,81	ОВ
17	Вяземский	0,88	ОВ	0,68	В	0,77	В	0,79	В	0,81	ОВ
Еврейская автономная область		0,83	ОВ	0,94	ОВ	0,95	ОВ	0,93	ОВ	0,81	ОВ
R		0,62		0,81		0,77		0,79		0,77	

Примечания: R – коэффициент корреляции между индексом напряженности и количеством пожаров. Степень напряженности пожароопасных сезонов: ОН – очень низкая; Н – низкая; У – удовлетворительная; В – высокая; ОВ – очень высокая

Высокая корреляционная зависимость ($R = 0,62-0,77$) между напряженностью и количеством пожаров растительности во всех исследованных территориях (табл.) свидетельствует о

возможности применения индекса напряженности, рассчитанного с использованием функции желательности, для оценки пожароопасных сезонов.

Выводы: предложенная система критериев, индикаторов и показателей и метод расчета индекса позволяет проводить оценку напряженности пожароопасных сезонов по комплексу природно-антропогенных факторов, которая хорошо согласуется с количеством сезонным пожаров растительности. Система может быть использована для разработки программ долгосрочного и оперативного взаимодействия между природоохранными организациями различного уровня по предупреждению и ликвидации пожаров.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Черненкова, Т.В. Критерии и индикаторы биоразнообразия в устойчивом природопользовании / Т.В. Черненкова, С.В. Князева, М.Ю. Пузаченко и др. // Лесоведение. 2009. № 4. С. 43-57.
2. Воробейчик, Е.А. Экологическое нормирование техногенных загрязнений наземных экосистем (локальный уровень) / Е.А. Воробейчик, О.Ф. Садыков, М.Г. Фарафонов. – Екатеринбург: Наука, 1984. 280 с.
3. Гелашвили, Д.Б. Зонирование территории по степени нагрузки сточными водами с помощью обобщенной функции желательности (на примере Нижегородской области) / Д.Б. Гелашвили, А.А. Королев, В.А. Басуров // Поволжский экологический журнал. 2006. №2/3. С. 120-138.
4. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. 270 с.
5. Кац, А.Л. Методические указания по прогнозированию пожарной опасности в лесах по условиям погоды / А.Л. Кац, В.Л. Гусев, Т.А. Шабунина. – М.: Гидрометеиздат, 1975. 16 с.
6. Глаголев, В.А. Интерполяция комплексного показателя пожарной опасности на территории Еврейской автономной области / Региональные проблемы. 2013. Т. 16, № 2. С. 84-90.
7. Глаголев, В.А. Модификация региональной шкалы классов пожарной опасности для территории Среднего Приамурья (на примере Еврейской автономной области) / В.А. Глаголев, Р.М. Коган // Региональные проблемы. 2011. Т. 14, № 1. С. 48-53.

COMPLEX INDEX OF INTENSITY THE FIRE-DANGEROUS SEASONS ON THE BASIS OF DESIRABILITY FUNCTIONS

© 2014 R.M. Kogan, V.A. Glagolev

© 2014 Institute for Complex Analysis of Regional Problems FEB RAS, Birobidzhan

The complex index for assessment the intensity of fire-dangerous seasons on a basis of natural and anthropogenous factors defining probability of emergence the fires of vegetation is offered, and possibility of using the function of desirability for its calculation is shown.

Key words: *fire, vegetation, index, desirability function*