

Таким образом установлено, что случайный характер распределения узлов беспроводной самоорганизующейся информационной сети по территории и случайный характер свойств радиоканалов между узлами позволяют использовать в качестве модели сети.

С помощью имитационного моделирования показано, что неравномерная дисперсность распределения узлов по территории не влияет на устойчивость работы.

Получено выражение, позволяющее оценить связность сети при равномерной плотности узлов, исходя из таких параметров число узлов, радиус связи узла и дисперсии распределения узлов по территории.

### *Библиографический список*

1. Моделирование системы мониторинга перемещения лесосырьевых потоков и пожаров на основе синергетической сети RFID-датчиков / С.П. Санников, Э.Ф. Герц, В.В. Шипилов, П.А. Серков. // Лесной вестник. 2014. Вып. 2-С. С. 104-111.

2. Кучерявый Е.А., Молчан С.А., Кондратьев В.В. Принципы построения сенсоров и сенсорных сетей // Электросвязь. 2006. № 6. С. 10–15.

3. EM357 Datasheet. Ember Corporation. URL: [http://www.cel.com/pdf/datasheets/MeshConnect\\_EM357\\_Mini\\_Modules\\_DS.pdf](http://www.cel.com/pdf/datasheets/MeshConnect_EM357_Mini_Modules_DS.pdf) (дата обращения 02.11.2019г.).

4. Петриго, В. Беспроводные сети ZigBee. Ч. 2. Работа с радиомодулями ETRX35X. URL: <https://habr.com/ru/company/efo/blog/306062/> (дата обращения 02.11.2019).

УДК 630.52:587/588

Бак. И.А. Почётный  
Рук. С.П. Санников  
УГЛТУ, Екатеринбург

## **КОНТРОЛЬ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ОСНОВЕ ИОНИЗАЦИИ ВОЗДУХА**

Лесной пожар является непоправимым стихийным бедствием, несущим огромные денежные и трудозатратные последствия при восстановлении. Также пожары вызывают одни из самых тяжелых последствий для человеческого организма, так как углекислый газ и другие неблагоприятные химические вещества, появляющиеся в ходе горения, способны нанести непоправимый вред здоровью человека. Именно поэтому исследование

ионизации воздуха с целью контроля лесных пожаров является одной из приоритетных областей знания в современном мире.

В данной работе даны основные понятия ионизации воздуха от возгорания органических веществ, исследованы причины ионизации воздуха, приводящие к возгоранию.

Состав атмосферного воздуха состоит из множества компонентов, но до сих пор ионный состав остается мало изученным. Как правило, к ионному составу относят газовые ионы (легкие ионы) и его изменение под воздействием всевозможных метеорологических условий.

Возникновению заряженных частиц в атмосфере содействуют разнообразные процессы. Часть из них имеют ограничения на местности. В частности, заряды, сформированные в атмосфере распылением водяных капель в воздухе возможны только в непосредственной близости от водопада или на берегу моря, на речных волнах. При лесных пожарах и извержениях вулканов возможна термическая ионизация. Во время грозы возможна ионизация ударом молнии. При ионизации в ионосфере особое значение днем имеет фотоэлектрический эффект. Помимо всего вышесказанного формирование ионов возможно во время метелей, пылевых бурь, а также в процессе стекания зарядов с острых предметов, включая иголки хвойных деревьев, а также в результате человеческой деятельности.

Электропроводящие свойства играют одну из важных ролей в исследовании электрических процессов в атмосфере. В нижнем слое атмосферы ионный состав является достаточно сложным. Существует спектр ионов, приводящий к образованию комплекса молекул, которые несут заряд. Этот заряд равен элементарному заряду. Атмосферные ионы отличаются подвижностью, коэффициентом диффузии, химической природой входящих в них молекул. В зависимости от радиуса и подвижности ионов выделяется пять групп:

- легкие (малые) ионы;
- легкие промежуточные ионы;
- тяжелые (большие) промежуточные ионы;
- ионы Ланжевена;
- ультратяжелые ионы.

В соответствии с информацией, имеющейся на сегодняшний день, наиболее важную роль в электропроводности нижних слоев атмосферы вносят легкие ионы. Под действием космических лучей, радиоактивных примесей, которые содержатся в воздухе, а также под воздействием радиоактивного излучения поверхности земли образуется электропроводность, которая растет по мере удаления от земли.

Над сушей остаточные излучения радиоактивных веществ поверхности земли являются основными ионизаторами воздуха. При высвобождении газа из грунта и горных пород происходят колебания ионизации, что

непосредственно связано с солнечно-магнитными возмущениями и реакцией Земли. По почвенным капиллярам в воздух попадают продукты распада радиоактивных газов, а также сами радиоактивные газы. При этом ионизация может быть обусловлена  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -лучами. Количество в приземном слое атмосферы радиоактивных веществ зависит от различных факторов. К примеру, от состояния поверхности земли (влажность, температура, характер покрова) зависит интенсивность выделения радиоактивных веществ, вымывание радиоактивных примесей осадками, а также периоды радиоактивного распада, скорость радиоактивных веществ в атмосфере.

Одной из главных причин природного возгорания в лесах способна быть молния во время грозы, а также капля росы на листьях растений как фиксирующая лучи солнца линза. Причиной может быть и электрический заряд в кронах деревьев или же иных растений. Данный факт обуславливается тем, что усиление тектонических процессов в сейсмоактивных районах сопровождается выбросом в атмосферу различных газов, в частности радона. Газы радона усиливают ионизацию частиц воздуха в приземном слое атмосферы. К примеру, при радиоактивном распаде радона  $\alpha$ -частицы с количеством энергии равным 6 МэВ передают собственную энергию при неоднократных воздействиях на молекулы атмосферы, тем самым вызывают ионизацию и возбуждение молекул. После этого молекулы воды прилипают к молекулярным ионам. По этой причине формируются легкие ионы (до 8 присоединенных молекул  $H_2O$ ), средние и тяжелые, после чего образуются заряженные аэрозоли, повышение их количества и размеров при необходимой влажности [1]. На рисунке изображена схема наиболее вероятного случая процесса ионизации и эволюции ионов  $N_2^+$  и  $O_2$  атмосферы при участии молекул воды  $H_2O$ . При соединении иона с молекулой воды есть возможность генерации и инфракрасного излучения. Данная модель способствует объяснению причин образования аэрозольных частиц, возникающих в зонах повышенной проводимости [1].

После этого происходит френкелевское гравитационное разделение зарядов и формирование электрического поля [2]. Максимальная амплитуда всплеска вертикального локального электрического поля в атмосфере определяется средней плотностью положительного заряда на единицу площади проекции наглядно представлена в формуле [3]:

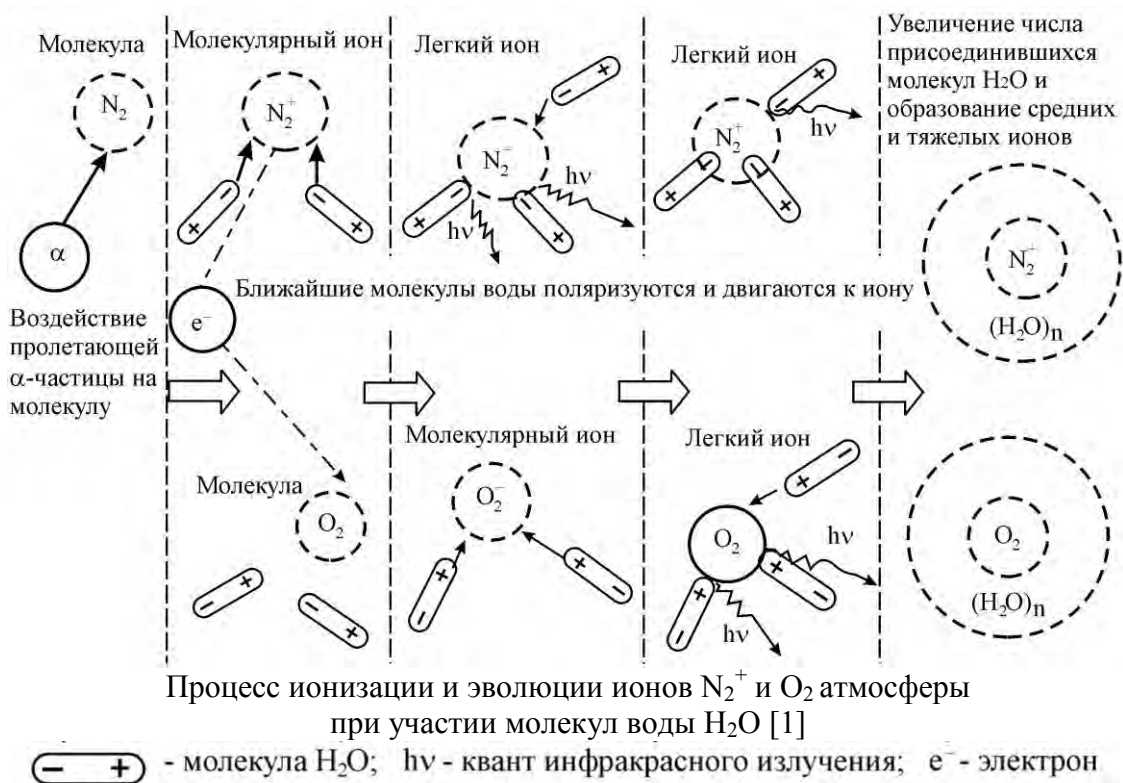
$$E_{\max} \approx V\rho_+ / S\varepsilon_0, \quad (1)$$

где  $\rho_+$  – плотность объемного положительного заряда;

$V$  – объем блинообразного облака;

$S$  – площадь блинообразного облака;

$\varepsilon_0$  – диэлектрическая проницаемость атмосферы.



Таким образом формируются в атмосфере нестационарные, мозаично разбросанные френкелевские области электрического поля, притом положительный заряд находится в верхней части облака, а отрицательный – в нижнем. Тем самым данные области являются источниками неравновесного инфракрасного излучения [2]. Если электрическое поле сформировалось на высоте  $h$ , то оно создает электрический ток, который уменьшает это поле. Электрическое поле определяется по формуле [3]:

$$\dot{J}_{\text{полн}} = \dot{J}_{\text{ли}} + \dot{J}_{\text{ми}} + \dot{J}_{\text{э}} + \dot{J}_{\text{си}} + \dot{J}_{\text{ти}}, \quad (2)$$

где  $\dot{J}_{\text{ли}}$  – ток легких ионов;  
 $\dot{J}_{\text{ми}}$  – ток молекулярных ионов;  
 $\dot{J}_{\text{э}}$  – ток электронов;  
 $\dot{J}_{\text{си}}$  – ток средних ионов;  
 $\dot{J}_{\text{ти}}$  – ток тяжелых ионов.

Один из главных вкладов вносит ток легких ионов. Ток легких ионов определяется по формуле [1]:

$$\dot{j}_{\text{ли}} = |q| \cdot \mu_{\text{ли}} \cdot E \cdot n_{\text{ли}}, \quad (3)$$

где  $q$  – заряд электрона;  
 $n_{\text{ли}}$  – концентрация легких ионов;  
 $\mu_{\text{ли}}$  – подвижность легких ионов.

Наибольшее количество легких ионов обнаруживается в местах, где зеленые насаждения занимают 35–60 % территории. Ионизация атмосферного воздуха находится в тесной связи с естественным радиоактивным фоном, количеством и химическим составом летучих веществ, выделяемых растительностью, что, в свою очередь, определяется породным составом, полнотой и возрастом лесных насаждений.

Искра считается конечной стадией пучкового разряда. Пучки соединяются воедино и заполняют пространство между электродами, роль которых в лесу выполняет сухая хвоя. В этот момент электронный пучок разрушается, однако при этом возникает кратковременный импульс тока большой силы. Чем интенсивнее ударная ионизация, тем чаще всего происходит ослепительное свечение. При этом сильный местный нагрев на пути тока вызывает громкий треск.

Таким образом, контроль лесных пожаров на основе ионизации воздуха поможет постепенно снизить вероятность возникновения последующих пожаров. Проводя регулярный анализ уровня ионизации воздуха, можно достичь своевременного обнаружения ее повышения и размера, что повлечет грамотное распределение ресурсов, направленных для предотвращения лесных пожаров.

#### *Библиографический список*

1. Смирнов В.В. Образование ядер конденсации в областях повышенной ионизации // Труды института экспериментальной метрологии. 1980. Вып. 24(89). С. 80–98.
2. Френкель Я.И. Теория явлений атмосферного электричества. 2-е изд., испр. М.: КомКнига, 2007. 160 с.
3. Об инфракрасном излучении в атмосфере перед землетрясениями / В.А. Липеровский, В.В. Михайлин, В.Ф. Давыдов [и др.] // Геофиз. исслед. 2007. Вып. 8. С. 51–68.

УДК 630.52:587/588

Бак. Д.М. Узаков  
Рук. С.П. Санников  
УГЛТУ, Екатеринбург

### **СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ДРЕВОСТОЕВ С ПОМОЩЬЮ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛН**

Проблема незаконных рубок леса не прекращается уже много лет. Как преодолеть эту беду, никто не знает, хотя принимаются новые юридиче-