

УДК 53.01

Газовые разряды в растительном покрове

О. М. Цой

Дальневосточный институт законодательства и правоведения, г. Хабаровск, Россия
E-mail: dvizin@rambler.ru

На основе комплексного анализа картографических материалов, теории атмосферного электричества (газовых разрядов), электрофизиологии растений сформулирована концепция возгорания лесов на юге Дальнего Востока (ДВ).

PACS: 52.25.-b

Введение

Ежегодно на юге ДВ происходят возгорания лесов, влияющие на экологическое состояние окружающей среды. На рис. 1 представлена динамика площадей гари по Хабаровскому краю с 1948 по 2000 г.

Анализ площадей гари по Хабаровскому краю и чисел Вольфа показал, что годы наступления крупномасштабных пожаров совпадают с годами минимума солнечной активности. Период составляет 22 года (цикл Хейла) (таблица и рис. 1).

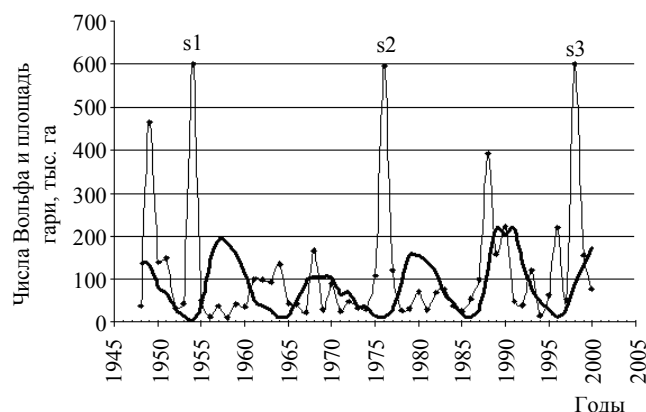


Рис. 1. Динамика изменения солнечной активности и площадей гари в Хабаровском крае:
s1 = 590,6·10³ га; s2 = 1792,4·10³ га; s3 = 2136,3·10³ га;
—◆— площадь гари, тыс. га; — — числа Вольфа, отн. ед.

Площади гарей в годы катастрофических пожаров по Хабаровскому краю

Годы	Числа Вольфа	Площадь гари по Хабаровскому краю, га
1954	4,4	590,6·10 ³
1976	12,6	1792,4·10 ³
1998	90	2136,3·10 ³

По данным Управления лесами Хабаровского края и Дальневосточного регионального центра подготовки и обработки спутниковых данных, в 1998 г. уничтожено огнем около 15—17, а повреждено 125 млн м³ леса. Экономике Хабаровского края нанесен колоссальный ущерб. Поэтому одним из разделов программы “Экономическое и социальное развитие ДВ и Забайкалья” на период до 2010 г. является подпрограмма “Лесной комплекс” [1].

Существуют разные мнения о причинах пожаров, например:

- возгорания лесов в результате антропогенного влияния;

- рост опасности пожара выше в засушливые годы, и чаще всего происходит возгорание хвойных лесов. Лиственные леса менее “горючи”. Опасность пожара неодинакова не только в разных типах леса, но и в разных климатических условиях. В районах с влажным климатом пожары случаются реже, чем в засушливых. В Хабаровском крае более 90 % случаев приходится на низовые пожары, остальные — на верховые и подземные [2];

- источниками природного возгорания в лесах могут быть молния во время грозы, капля росы на листьях деревьев (последняя — в качестве фокусирующей линзы солнечных лучей), сухие грозы.

Исследования, проведенные В. А. Ивановым [3], показали зависимость количества очагов пожара от геофизических аномалий.

При изучении природы пожаров в лесах ДВ не всегда понятен механизм возникновения очагов

возгорания. Например, при 22-летней цикличности катастрофических пожаров, совпадающих с циклом Хейла на солнце, или локализация территории лесных пожаров (рис. 2), в пределах которой распределение очагов случайно; появление очагов в отсутствие кучево-дождевых облаков в атмосфере; возникновение лесных пожаров в апреле месяце после схода снежного покрытия и т. д. По-видимому в ряде случаев источником возгорания лесов в ДВ-регионе является электрический “тихий” разряд (газовый разряд) в кронах хвойных деревьев или других растений. Это может быть связано с тем, что при усилении тектонических процессов в сейсмоактивных районах, а также при срабатывании магнитострикционного механизма в гранитоидах ДВ происходит выброс в атмосферу различных газов, в частности радона. Радон усиливает ионизацию частиц воздуха в приземном слое атмосферы. Тихий разряд в хвое, насыщенной легковоспламеняемыми парами эфирных масел и кислорода, при благоприятных метеоусловиях может явиться источником возгорания.

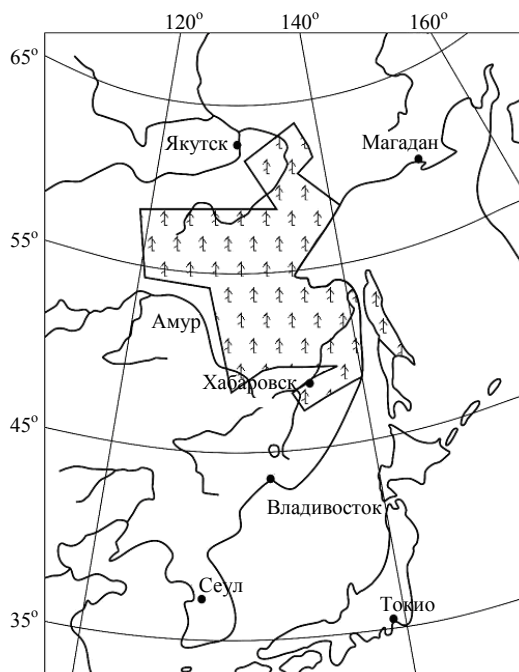


Рис. 2. Размещения очагов лесных пожаров в Хабаровском крае, 1998 г.
(По данным Управления лесами Хабаровского края и Дальневосточного регионального центра подготовки и обработки спутниковых данных)

К обоснованию концепции приведен ряд фактов и явлений, благоприятствующих возникновению источников возгораний в ДВ-регионе.

Физико-географический аспект территории юга ДВ

На территории юга ДВ выделены зона хвойных лесов и зона смешанных хвойно-широколиственных лесов.

Под влиянием муссонного климата и резковыраженной пересеченности рельефа границы зон проходят не в строго широтном направлении, а в значительной степени меридиональном, параллельно направлению хребтов. Горный рельеф обуславливает вертикальную смену растительности с подъемом над уровнем моря. Например, в Хабаровском крае преобладают хвойные (таежные) леса, они занимают почти всю территорию к северу от 51-й параллели, а по горам Сихотэ-Алинь доходят до южной границы края. Лесистость в зоне высокая, лишь к северу леса постепенно редуют. На севере и северо-западе края преобладают светлохвойные леса, в составе которых главными древесными породами являются лиственницы, ель аянская и в меньшей степени различные виды берез.

По сухим и каменистым почвам с глубоким залеганием мерзлоты, в бассейне рек Амгуни, Буреи, Уды растут леса из сосны обыкновенной [4].

Южнее границы распространения сплошной мерзлоты, а также в низовьях Амура светлохвойная тайга уступает место темнохвойной елово-пихтовой тайге. Ландшафт горных долин — ельники; ближе к южной границе распространения к ели примешивается пихта белокорая, образуя густые пихтово-еловые леса. В них преобладает ель аянская.

В зоне тайги также широко распространены березовые леса.

Смешанные хвойно-широколиственные леса распространены по Средне-Амурской низменности. По долинам притоков Амура они далеко проникают в горы. Наиболее характерным представителем смешанных лесов является кедр корейский. Кроме кедра здесь растут ильм, ясень маньчжурский, орех маньчжурский, бархат амурский, тополь Максимовича, различные виды берез, лип и др.

Из широколиственных пород в смешанных лесах наиболее распространен дуб монгольский. Деревья и кустарники обвиты различными лианами: лимонником, черным амурским виноградом. Очевидно, что при возникновении лесных пожаров на территории юга ДВ недостатка в горючих материалах не будет.

Большая протяженность территории с юга на север и с запада на восток обуславливает разнообразие почвенных условий. Например, в основном фонде земель, на которых ведется земледелие в Хабаровском крае, распространены подбелы.

В Хабаровском, Вяземском, им. Лазо, Бикинском, Нанайском, Комсомольском районах, а также в Еврейской автономной области они занимают склоны предгорий и прилегающие к ним увалы и долины [5].

По механическому составу почвы Хабаровского края преимущественно относятся к тяжелым и средним суглинкам. На горных склонах почвы горные, бурые, лесные.

Радиоактивность почв определяет содержание радионуклидов в биологических материалах и приземном слое воздуха.

Известно что, “средняя радиоактивность” характерна для песчаников, известняков и доломитов, алевроитов и мергелей, а “повышенная” — для глин, глинистых сланцев, фосфоритов и калийных солей.

Содержание радиоактивных нуклидов (РН) в объектах окружающей среды определяется радиоактивностью горных пород. Например, радиоактивность почв связана с радиоактивностью подстилающих (материнских) пород; радиоактивность поверхностных вод связана с радиоактивностью пород верхних геологических горизонтов (в основном осадочных пород) и почв (из-за процессов абразии берегов, растворения РН, адсорбции и т. д.). Радионуклиды земного происхождения поступают в атмосферу в результате эманации с земной поверхности (радон, торий и продукты их распада) и выветривания горных пород, почв с образованием радиоактивных аэрозолей. С другой стороны, происходит самоочищение атмосферы в результате осаждения радиоактивных аэрозолей на земную поверхность и вымывания их осадками (дождем, снегом) [6, 7].

В изверженных породах имеется тенденция к увеличению содержания урана с ростом содержания кремния (SiO_2) (от ультраосновных к кислым породам). Наивысшее содержание урана среди известных пород имеют сиениты и граниты. В целом радиоактивность магматических пород выше, чем осадочных.

В горных породах уран входит в кристаллическую структуру силикатов или находится в подвижной форме (до 90 % урана в некоторых гранитах) и легко выщелачивается.

По результатам работ по районированию территорию юга ДВ относят к территориям с “высоким” уровнем радона, где и наблюдается

повышенный радиационный фон в приземном слое атмосферы.

Для возникновения источников возгорания интенсивность радиационного фона, по-видимому, все же недостаточна, что подтверждается случайным распределением очагов возгораний. Приток энергии, необходимый для возгорания, связан с отдельными выбросами радона на рассматриваемой территории.

Электрофизиология растений

Электрические явления в растениях обусловлены обменом зарядами при протекании питательных растворов по капиллярам и его стенками, процессами обмена ионами между клетками и окружающей средой. Электрические поля в основном инициируются в клетках растений. Согласно современной мембранной теории возбуждения в клетках живой системы различают следующие виды биоэлектрических потенциалов: потенциал покоя (ПП), потенциал действия, возбуждающие и тормозные постсинаптические потенциалы, генераторные потенциалы [8, 9].

Потенциал покоя (мембранный ПП) — разность электрических потенциалов между наружной и внутренней поверхностями мембраны в покое, обусловленных неодинаковой концентрацией ионов (K^+ , Ca^+ , Cl^- , Na^+). Внутренняя сторона мембраны заряжена отрицательно по отношению к наружной.

Концентрация K^+ в протоплазме примерно в 50 раз выше, чем во внеклеточной жидкости, поэтому диффундируя из клетки, ионы выносят на наружную сторону мембраны положительные заряды, при этом внутренняя сторона мембраны, практически непроницаемая для крупных органических анионов, приобретает отрицательный потенциал. Проницаемость мембраны в покое для Ca^+ примерно в 100 раз меньше, чем для K^+ . Поэтому диффузия натрия из внеклеточной жидкости (где он является основным катионом) в протоплазму мала и лишь незначительно снижает ПП, обусловленный ионами K^+ .

Мембранный потенциал приобретает предельное значение потенциала покоя по достижении равновесия в распределении ионов калия.

При раздражении изменяется проницаемость клеточных мембран для ионов кальция, поступление которых уменьшает отрицательный заряд в клетке растения. За счет нарушения равновесия в распределении зарядов возникает электрический импульс, распространяющийся вдоль поверхности клеток. Последующий выход

из клеток ионов калия возвращает мембранный потенциал к равно-весию. Скорость распространения импульсов раздражения по клеткам растений составляет несколько сантиметров в секунду.

Электрические процессы наиболее активно протекают в клетках корней, поскольку именно через них поступают растворы солей к растущим побегам. Окончания корней и побегов растений всегда заряжены отрицательно относительно стебля. У некоторых растений вблизи корней в течение нескольких часов происходят колебания электрического потенциала с периодом около 5 мин и амплитудой в несколько милливольт [8].

Поврежденное место в тканях растений всегда заряжается отрицательно относительно неповрежденных участков, а отмирающие участки растений приобретают отрицательный заряд по отношению к участкам, растущим в нормальных условиях.

Одностороннее освещение листа возбуждает электрическую разность потенциалов между освещенными и неосвещенными его участками и черешком, стеблем или корнем. Эта разность потенциалов выражает реакцию растения на изменения в его организме, связанные с началом или прекращением процесса фотосинтеза.

В связи с предлагаемой концепцией возникновения дополнительного источника возгорания лесов на ДВ были проведены натурные исследования в апреле месяце. Выявлены перемещения отдельных частей растения в переменном электромагнитном поле. Например, стебли *Chlorophytum comosum* (Thunb.) Jackues (хлорофитума хохлатого) совершают колебательные движения с амплитудой порядка 3—6 см вблизи экрана телевизора, а свежесрезанные веточки *Picea jezoensis* (Siebold et Zucc) Carr (ели аянской), *Abies holophylla* Maxim. (пихты цельнолистной), *Pinus Koraiensis* Siebold et Zucc (сосны кедровой корейской) — только в момент включения. Отсюда следует, что хвойные растения, по крайней мере в апреле месяце, являются источниками неоднородного электрического поля.

Ионизация воздуха

В естественных условиях воздух открытого пространства в приземной атмосфере содержит аэроионы. Концентрация изменяется от нескольких сотен до нескольких десятков тысяч в кубическом сантиметре.

Образуются они за счет ионизации молекул воздуха космическим и солнечным излучениями, а также естественным радиационным излучением

Земли. Эффективными ионизаторами являются, например, грозовые облака, трение частиц о твердую поверхность вследствие пылевых и снежных бурь, разнообразные химические реакции.

В результате антропогенного воздействия на окружающую среду возрастает концентрация аэрозоли в приземном слое атмосферы. Повидимому, следует ожидать усиления процесса ионизации атмосферного воздуха как следствие феномена, обратного электрофорезу.

Радон (^{222}Rn) в системе тропосфера—литосфера

Естественная радиоактивность в тропосфере обусловлена радиоактивными нуклидами литосферы: U^{238} , U^{235} и Th^{232} . Нуклиды, распадаясь, выделяют изотопы радона (^{222}Rn), (^{220}Rn), (^{212}Rn). Далее мы будем рассматривать лишь изотоп (^{222}Rn), так как влияние (^{220}Rn), (^{212}Rn) на образования аэроионов в приземном слое атмосферы изучено недостаточно полно [6, 7, 10].

Распад радона и его продуктов сопровождается α -, β -, γ -излучением. Причем на долю α -частиц приходится 90 % всей энергии распада этих изотопов. Биологическая эффективность в основном связана с α -излучением.

Сравнение периодов полураспада (^{226}Ra) и (^{222}Rn) показывает, что распространение газа в системе литосфера—тропосфера зависит от распределения (^{226}Ra) в литосфере.

(^{226}Ra) мало распространен в литосфере, среднее содержание составляет $1 \cdot 10^{-10}$ вес. % и связано в основном с ураноториевой минерализацией в породах. При этом (^{226}Ra) может находиться в породе в непосредственной близости от материнских элементов или переносится на значительные расстояния, в результате чего формируются вторичные эманулирующие коллекторы.

Выявлены изменения содержания (^{222}Rn) в подземных водах в связи с сейсмичностью, согласно которым рост аномалий обусловлен образованием, раскрытием и ростом трещин в области подготовки землетрясения. Диффузию ускоряют ультразвуковые колебания от развивающихся микротрещин.

Также выявлена статистическая связь между концентрацией радона в подземных водах и солнечной и геомагнитной активностями [11].

Известно, что радон вносит основной вклад в образование атмосферного электричества. В результате распада радона в воздухе образуются радиоактивные изотопы полония, свинца и висмута, которые чаще всего прикрепляются к

аэрозолям. Со временем эти частицы с долгоживущими продуктами распада возвращаются в литосферу вместе с осадками или в результате других процессов.

Сейсмичность в Приамурье

По результатам геологических и геофизических исследований Дальневосточный регион характеризуется повышенной сейсмичностью.

На рассматриваемой территории, по результатам анализа землетрясений с магнитудой более 3,3, выделяют следующие линейные зоны коровых очагов:

- субмеридиональная;
- северо-восточная;
- северо-западная;
- зона субширотных простираний;
- зона изометричного глубокофокусного ареала.

Некоторые из них тесно связаны с трансрегиональными разломами. Например, зона, контролируемая разломом Танлу с его оперением, является одним из сейсмогенерирующих структур региона. Прослеживается она от устья реки Хуанхэ до низовьев Амура (рис. 3) [12, 13].

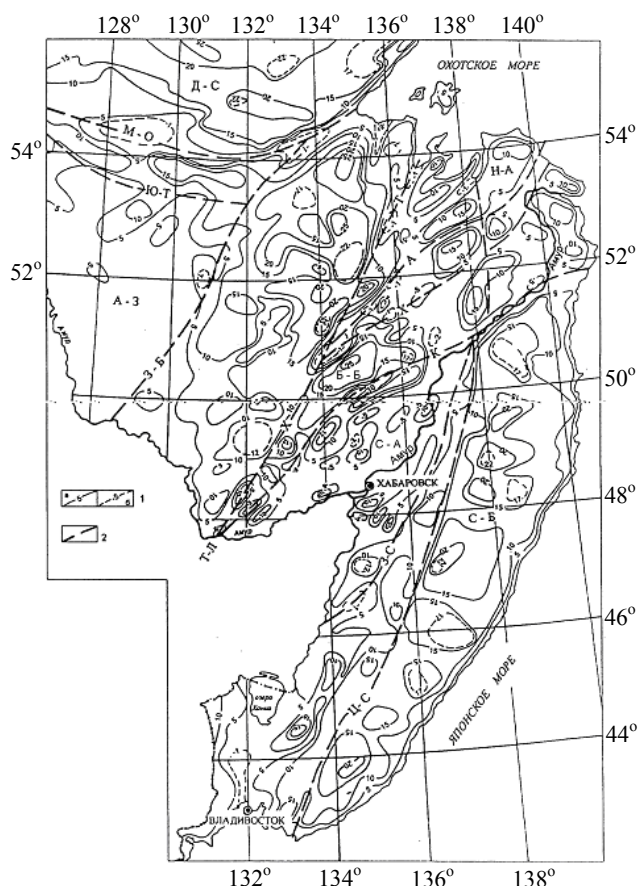


Рис. 3. Неотектоническая схема юга ДВ России [12]:
 —, - - - - - 1; - - - - - 2 — основные разломы

Магнитострикционный механизм

Рассмотрим другой механизм, за счет которого может изменяться газовый состав в литосферных полостях, как воздушных, так и заполненных водами.

Концентрация радона в микропорах горных пород в миллионы раз больше, чем в приземном слое атмосферы. Этот радон вследствие магнитострикционного сжатия-растяжения в высокочастотном поле геомагнитных возмущений выжимается из микропор горных пород, выходящих на поверхность. Магнитострикционный механизм обусловлен содержанием акцессорных ферромагнитных материалов в горных породах.

На обширных территориях российского ДВ (РДВ) выявлены гранитоидные массивы различных возрастов. Под гранитоидами понимается совокупность пород от гранитов, плагиогранитов и их разновидностей, переходных к кварцевым диоритам. Н. П. Романовским (1999 г.) приведены схемы распространенности гранитоидов. Обширные массивы мезокайнозойских гранитоидов РДВ (рис. 4) отличаются индуктивной намагниченностью. Интенсивность обусловлена содержанием акцессорных ферромагнитных материалов, среди которых количественно преобладает магнетит (редко титаномагнетит). Содержание магнетита зависит от степени окисленности железа в гранитоидах, определяемой термодинамическими (физико-химическими) условиями становления интрузивных тел, а также от геотектонической обстановки на стадии формирования гранитоидных массивов. Например, интрузии, поднимающиеся к поверхности по разломам и кристаллизующиеся при высоких температурах и малых давлениях, в сравнении со слабомагнитными породами обогащены магнетитом [15]. Очевидно, что повышенная сейсмичность региона и обширные массивы гранитоидов будут способствовать возрастанию концентрации (^{222}Rn).

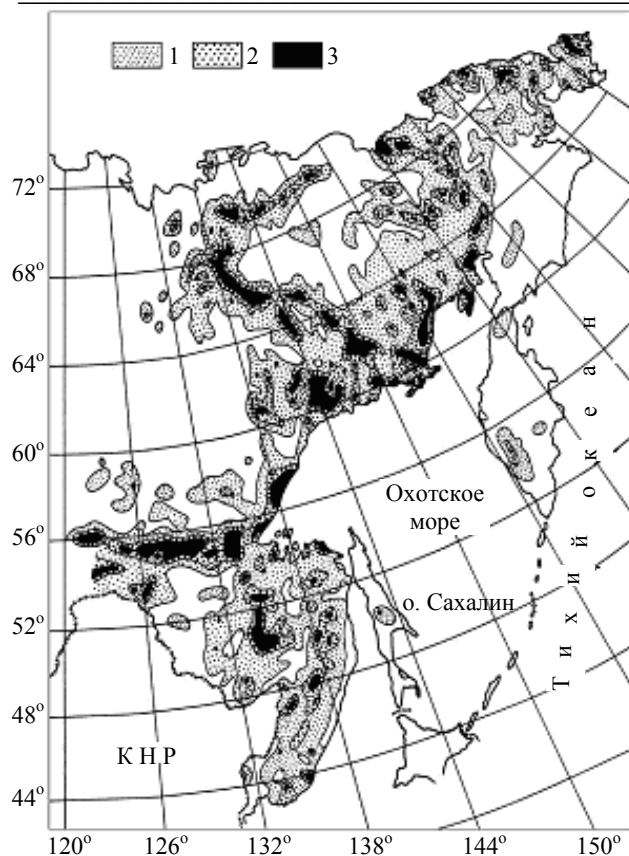


Рис. 4. Схема распространения гранитоидов мезозоя в пределах ДВ России [14].

Распространенность гранитоидов на уровне дневной поверхности:

1 — ≤ 10 %; 2 — 10—25 %; 3 — > 25 %

Воздействие геомагнитных факторов в литосфере происходит за счет магнитострикции горных пород, причем концентрация радона в порах горных пород и их обломков на 6—7 порядков больше, чем в атмосфере. При амплитуде геомагнитных возмущений H и их периоде T концентрация радона A определяется соотношением $A = k(H/T) Qt + A_0$,

где A_0 — начальная концентрация;

Q — резонансная характеристика горной породы — ее величина порядка 10^3 — 10^4 ;

t — длительность геомагнитных возмущений;

k — коэффициент, зависящий от концентраций в породе магнетита и радона [16].

Амплитуда магнитострикционного сжатия горных пород в поле геомагнитных возмущений мала. Эффективность “выжимания” радона обусловлена высокой частотой $f = 1/T$ солнечно-геомагнитных возмущений и высокой концентрацией радона в порах горных пород по отношению к приземной атмосфере.

Газовый разряд

Процесс протекания электрического тока через газ называют “газовым разрядом”. Все газовые разряды делятся на две группы: самостоятельные и несамостоятельные.

Электрический разряд в газе, сохраняющийся после прекращения действия внешнего ионизатора, называется самостоятельным, а электрический разряд в газе, требующий для своего поддержания постоянного действия внешнего ионизатора, — несамостоятельным.

При исследовании механизма возгорания лесов ДВ интерес представляют искровые, тихие (кистевые, коронные) разряды.

- Искровой разряд возникает в электрическом поле при давлении газа в несколько атмосфер. Отличается извилистой разветвленной формой и быстрым развитием процесса (около 10—7 с). Температура в главном канале искрового разряда (молнии) достигает порядка 10 000 К. Молния происходит между облаками или между облаками и земной поверхностью длиной в несколько километров, диаметром в десятки сантиметров и длительностью в десятые доли секунды. Молния сопровождается громом. Форма электрического разряда многообразна.

- Тихий разряд — это несамостоятельный электрический разряд в газе, возникающий под действием непрерывного потока ионизирующих частиц или излучения извне при малом напряжении между электродами. При сильной ионизации в приземном слое атмосферы электрическое поле в близости остроконечных предметов приближается к пробивному значению. Электроны и ионы в этой области двигаются с такой скоростью, что ионизируют встречающиеся молекулы воздуха (ионизация ударом). В этих случаях наблюдается явление истечения электричества от остриев — травинок, веток и т. п. Такие разряды в отличие от молнии сопровождаются легким треском или слабым шорохом и по форме имеют вид кисти или короны.

Заключение

В пределах ДВ-региона есть территории (см. рис. 2), где природные условия благоприятствуют возникновению газовых разрядов в растительном покрове, приводящих к воспламенению лесных горючих материалов. Предлагаемая концепция позволила понять механизм статистической связи возникновения

лесных пожаров и солнечной активности, а также при отсутствии грозовой обстановки в атмосфере.

В ряде случаев источником возгорания в ДВ является электрический “тихий” разряд (газовый разряд) в кронах хвойных деревьев или других растений. Это может быть связано с тем, что при усилении тектонических процессов в сейсмоактивных районах, а также при срабатывании магнитоstrictionного механизма в гранитоидах ДВ происходит выброс в атмосферу различных газов, в частности радона. Радон усиливает ионизацию частиц воздуха в приземном слое атмосферы. Тихий разряд в хвое, насыщенной легковоспламеняемыми парами эфирных масел и ионов кислорода, при благоприятных метеорологических условиях может явиться источником возгорания.

Литература

1. Шейнгауз А. С. Лесная подпрограмма в федеральной целевой программе “Экономическое и социальное развитие Дальнего Востока и Забайкалья”// Лесные ресурсы Дальнего Востока и их использование: Мат. регион. конф. Хабаровск. Декабрь 2001. — Хабаровск: ФГУ “ДальНИИЛХ”, 2001. С. 4—10.
2. Телицын Г. П. Лесные пожары, их предупреждение и тушение в Хабаровском крае. — Хабаровск: ДальНИИЛХ, 1988. — 95 с.
3. Иванов В. А. Влияние геомагнитных аномалий на грозопожароопасность лесных ландшафтов// Лесные пожары и борьба с ними: Сб. науч. тр. — Красноярск: ВНИИПОМлесхоз, 1991. С. 112—120.
4. Леса Дальнего Востока/ Под ред. А. С. Агеенко. — М.: Лесная промышленность, 1969. — 392 с.
5. Иванов Г. И. Почвообразование на юге Дальнего Востока. — М.: Наука, 1976. — 200 с.
6. Абрамов В. А., Молев В. П. Эколого-радиометрический мониторинг южного Приморья. — Владивосток: Дальнаука, 2005. — 315 с.
7. Белов А. Д., Киришин В. А. Радиобиология. — М.: Колос, 1981. — 256 с.
8. Арабаджи В. И. Загадки простой воды. — М.: Знание, 1973. — 95 с.
9. Медведев С. С. Электрофизиология растений. — СПб.: Изд-во СПб. ун-та, 1998. — 184 с.
10. Юнге Х. Химический состав и радиоактивность атмосферы. — М.: Мир, 1965. — 424 с.
11. Шестопалов И. П., Харин Е. П. О связи сейсмичности земли с солнечной и геомагнитной активностью// Солнечно-земные связи и электромагнитные предвестники землетрясений: Сб. докл. III Междунар. конф. 16—21 августа 2004. — с. Паратунка Камчатской обл., ИКИР ДВО РАН. Петропавловск-Камчатский: ИКИР ДВО РАН. 2004. Т. 1. С. 130—142.
12. Бормотов В. А., Войтенко А. А. Закономерности миграции землетрясений Приамурья// Тихоокеанская геология. 1998. Т. 17. № 2. С. 51—60.
13. Горкуша С. В., Онухов Ф. С., Корчагин Ф. Г. Сейсмичность и неотектоника юга Дальнего Востока России// Там же. 1999. Т. 18. № 5. С. 61—68.
14. Романовский Н. П. Тихоокеанский сегмент Земли: глубинное строение, гранитоидные рудно-магматические системы. — Хабаровск: ИТиГ ДВО РАН. 1999. — 166 с.
15. Эйрши Л. В. О связи золотого оруденения с магнитными гранитоидами (на примере Дальнего Востока) // Тихоокеанская геология. 1983. Т. 4. С. 64—68
16. Шемьи-заде А. Э. Передача солнечного сигнала в тропосферу через литосферный радон// Космос и метеорология: Тр. Всес. конф. по взаимосвязи метеорологических явлений и процессов в околоземном космическом пространстве. М. 9—11 января 1985 г. Институт прикладной геофизики АН СССР и Госкомгидромета. — М.: Московское отд. Гидрометеоздата, 1987. С. 163—166.

Статья поступила в редакцию 10 сентября 2008 г.

Gas discharge in the forests in the Far East

O. M. Tsoi

Far Eastern Institute of Legislature and Jurisprudence, Khabarovsk, Russia
E-mail: dvizin@rambler.ru

In some cases a gas discharge in crowns of coniferous trees or other plants becomes a source of ignition in the Far Eastern region. It may be caused by increasing tectonic processes in seismic active areas as well as magnitostriction mechanism in granitoids that results in gas discharge into the atmosphere, radon in particular. Radon increases ionization of air particles in the surface air. A small discharge in the conifer needles rich in easy-inflammable ether oils and oxygen ions may become source of ignition in favorable weather conditions.

PACS: 52.25.-b