

## ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО РЕШЕНИЯ ПО ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ПОЖАРНОЙ СИТУАЦИИ В ЛЕСНОМ ФОНДЕ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА

*Дружинин Ф.Н., Корякина Д.М., Цыпилев В.С., Иванова Я.В.,  
Васильева О. А., Аверина В.В., Парфенов И.С.*

*Вологодская региональная лаборатория,  
ФБУ Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства,  
Архангельск, Россия  
ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА,  
Вологда, Россия  
ООО МИП «Лесная Аудиторская Группа»,  
Вологда, Россия*

*В статье раскрываются проблемы существующих методов прогноза пожароопасных ситуаций, которые в большей степени зависят от прогнозирования метеорологических элементов. Отмечается, что краткосрочный прогноз пожарной опасности основан на использовании текущих метеорологических данных, которые в пожароопасный сезон ежедневно предоставляются в ФБУ «Авиалесоохрана» и Министерство чрезвычайных ситуаций России. В статье обосновывается мысль о том, что долгосрочный прогноз пожарной опасности в лесном фонде, основанный на исследовании зависимостей между радиальным приростом древесины и климатическими элементами, может выполняться с использованием дендроклиматохронологии. Раскрывается содержание метода, основанного на выявлении взаимосвязей «климат - радиальный прирост древесины - пожары», позволяющих осуществлять реконструкцию и прогноз динамики роста древесных растений и погодных условий за длительные промежутки времени, что значимо больше имеющихся инструментальных данных по климату.*

*Утверждается, что для организации борьбы с пожарами важно предвидеть их развитие при различной пожарной обстановке, а данные прогноза с использованием многофакторного моделирования позволяют заблаговременно спланировать мероприятия по предупреждению и предотвращению их возникновения. В статье излагается взгляд на формирование материально-технической базы, сил и средств пожаротушения, при этом подчеркивается, что результаты прогноза пожарной*

---

*Адрес для корреспонденции: Дружинин Федор Николаевич, главный научный сотрудник, Вологодская региональная лаборатория, ФБУ Северный научно-исследовательский институт лесного хозяйства, 163062, Россия, г. Архангельск, ул. Никитова, д. 13., +8182 617955, email: sevniilh@sevniilh-arh.ru*

*ситуации имеют значение в практике подготовки к пожароопасному сезону каждого года.*

**Ключевые слова:** *пожароопасная ситуация, лесной фонд, дендроклиматохронология, древесные растения, погодные условия, многофакторное моделирование.*

Лесные пожары возникают при наличии трех составляющих: источника огня, горючих материалов и условий, способствующих загоранию этих материалов [1]. При отсутствии любой из этих составляющих возникновение пожара невозможно. Причины возникновения определяет источник огня, а условия возникновения – воспламенение горючих материалов [2]. Причины, вызывающие лесные пожары, весьма разнообразны. В большинстве случаев (90-97% случаев), их возникновение происходит по вине человека при нарушении правил пожарной безопасности организациями, отдельными лицами и за счет умышленного поджога [3]. Вероятность загорания лесных горючих материалов зависит от условий погоды, определяющей степень сухости, так называемую пожарную зрелость горючих материалов [4]. Возникновение и распространение лесного пожара, его интенсивность на конкретном участке лесного фонда определяется условиями погоды. Условия, благоприятствующие загоранию горючих материалов, среди триады факторов возникновения и распространения пожаров практически полностью зависят от метеорологических факторов [5]. Существующие методы прогноза пожароопасных ситуаций также зависят от этих факторов.

Метеорологический метод предусматривает установление зависимости количества пожаров от температуры воздуха и осадков, а также от комплексного показателя – гидротермического коэффициента Т.Г. Селянинова. На основе метеорологических данных моделируется прогноз метеоэлементов на прогнозируемый пожароопасный сезон. Далее осуществляется прогноз пожаров за сезон в пределах лесопожарных (лесохозяйственных) районов по отдельным регионам. Распределение числа пожаров по месяцам пожароопасного сезона выполняется либо по средним данным, либо по аналогии с реальным, ранее наблюдавшимся годом. Однако, данные о величине отдельного метеорологического фактора, не могут служить достоверным основанием при установлении возможного возникновения и распространения пожаров. Объективная обстановка устанавливается на основании комплексных данных о метеорологических условиях. В этом плане важную роль занимают осадки и температура воздуха, с которыми прямо или косвенно связаны другие элементы климата.

В последнее время для исследования лесных биогеоценозов применяются методы дендрохронологии. В основе дендроклиматохронологического метода лежит установленный факт зависимости радиального прироста древесины от метеорологических факторов, в первую очередь, от температуры окружающей среды и осадков. Температура

и осадки, являются важнейшими характеристиками климата и погоды, отражающими обеспечение территории теплом и влагой, продуктивность древостоев. Их циклическая изменчивость во многом определяет величину прироста хвойных насаждений. Прирост возрастает с увеличением температуры и уменьшением осадков и наоборот. Количество осадков увеличивается – уменьшается число пожаров, с температурой – обратная зависимость. Таким образом, имея математически обоснованный экстраполированный во времени ряд приростов древесины (ряд индексов прироста), возможно осуществить прогноз изменения количества пожаров.

Методы дендрохронологии базируются на древесно-кольцевом анализе образцов древесины, позволяющем выявить и оценить реакцию прироста деревьев на действие экологических факторов [6]. Основными из них являются: закон лимитирующих факторов, отбор районов и местообитаний, чувствительность, перекрёстная датировка, повторность и актуализм.

Важным фактором применения дендрохронологических методов при проведении исследований является высокая разрешающая способность. Датировка событий производится с точностью до года и даже сезона, обеспечивается получение длительных (сотни и тысячи лет) и однородных рядов наблюдений.

Исходными данными проведения исследования и прогноза пожароопасных ситуаций с использованием дендроклиматохронологического метода являются: сведения о количестве, площади пожаров за выполненный период учета; климатические характеристики по метеостанциям за период наблюдений; срезы с модельных деревьев и керны с растущих (сухостойных) деревьев на пробных площадках (ПП) с последующей их обработкой [6, 7, 8, 9, 10, 11]. Алгоритм методического решения базируется на выполнении следующих последовательно реализуемых шагов проведения исследования:

1) Сбор образцов (спилы, древесные керны) древесины осуществляется с учетом разработанной системы дендроклиматического мониторинга. Сеть ПП закладывается с шагом до 90-100 км;

2) Постоянные пункты по отбору образцов должны быть приурочены к торфяным почвам без антропогенного воздействия, где максимально проявляются любые климатические изменения, а реакция древесной растительности в этих лесорастительных условиях ярко выражена;

3) На ПП отбираются древесные спилы или керны на высоте 0,65 м от основания ствола с 10 и более модельных (учетных) деревьев в однородных лесорастительных условиях;

4) Камеральная обработка отобранных спилов для дендрохронологического анализа начинается с их подготовки. Для того, чтобы границы колец были отчетливо видны,

поверхность образца древесины тщательно зачищается канцелярским ножом от коры к центру спила по выбранному направлению. Обрабатываемую часть спила предварительно смачивают водой. Для удобства резания брусок крепится к столу с помощью струбцины. Зачистка проводится по двум радиусам ( $R_1$  и  $R_2$  соответственно). Для лучшего выявления структуры годовичных колец в гладко зачищенную поверхность образцов втирается мел или зубной порошок кусочком тряпки;

5) Подготовка кернов, для дальнейшей обработки, начинается с их наклеивания на специальную деревянную подложку (рейка прямоугольной формы), а затем их поверхность тщательно зачищается канцелярским ножом, либо лезвием. Для увеличения контрастности колец в гладко зачищенную поверхность керна втирается мел или зубной порошок. Измерения (с точностью до 0,01 мм), для повышения производительности, желательно выполнять на современном оборудовании, совмещённом с персональным компьютером с соответствующим пакетом прикладных программ (измерительный комплекс LINTAB);

6) На подготовленных образцах, в первую очередь, проводится предварительная датировка (точное определение года формирования каждого слоя прироста) и маркировка годовичных колец в пределах каждого радиального направления. Подсчет ведут от периферии к центру образца с последнего (подкорового) кольца. Каждое десятилетие (2020, 2010, 2000, 1990 и т.д.) маркируется одной точкой, каждое пятидесятилетия (1900, 1950, 2000) - двумя, каждое столетие (1900, 2000) - тремя точками. Такая система нужна для быстрого нахождения нужного кольца и сверки правильности числа учтенных колец;

7) Каждый дендрохронологический ряд сравнивается между собой для выявления, в пределах временного ряда участков, нарушения синхронности. Такая процедура позволяет исключить («ложные» кольца) или добавить («выпавшие» кольца) данные в ряды динамики приростов и тем самым восстановить синхронность. Кроме этого, такая камеральная обработка данных позволяет датировать год формирования каждого годовичного кольца. Качество датировки можно оценить с помощью программы COFESHA;

8) Для устранения выраженного возрастного тренда в изменчивости ширины годовичных колец каждого радиуса, проводится стандартизация абсолютных значений. Для этих целей можно использовать программу ARSTAN. Такая обработка позволяет исключить индивидуальные особенности роста деревьев и сохранить общую, для определенной совокупности деревьев, изменчивость прироста по рациональному приросту;

9) Для оценки влияния климатических факторов, лимитирующих прирост годовичных колец в рассматриваемых условиях произрастания, проводится анализ отклика стандартизированной древесно-кольцевой хронологии на среднемесячные значения температуры воздуха и месячные суммы атмосферных осадков за гидрологический год по данным метеостанций близ расположенных к территории взятия образцов;

10) Для исключения влияния прироста нескольких предыдущих лет на размеры (ширину) годовых колец текущего года используется Ag- и Arma - моделирование с учетом информационного критерия Акайка. В результате получают так называемые «выбеленные» древесно-кольцевые хронологии;

11) После получения индексированных рядов для каждого модельного дерева производится комплектование обобщенных рядов совокупности деревьев, определенных условий местопроизрастания. Данный ряд представляет собой усредненные показатели индивидуальных выбеленных хронологий посредством среднего арифметического робастного оценивания или максимальной моды при полилюдальном распределении;

12) Для количественной характеристики изменчивости годовых колебаний прироста используется коэффициент чувствительности. Серия колец считается чувствительной, когда этот коэффициент больше 0,3;

13) Коэффициент синхронности позволяет оценить степень воздействия факторов среды по отношению к двум рассматриваемым рядам и рассчитывается как количество однонаправленных отрезков по отношению к их общему числу;

14) Для определения качества совпадения двух временных последовательностей используются два понятия: совместимость ( $Glk$ ) и показатели  $t$  (TV, TVBP, TVH), которые по-разному отражают строение годовых колец в образце. Совместимость используется в качестве критерия для сравниваемых кривых по совпадению годовых изменений прироста (+/-). Показатели  $t$  реагируют на экстремальные значения, например, на относящиеся к индикаторным годам. Комбинация обоих параметров реализована как *Cross-Date Index (CDI)* (индекс перекрестного датирования);

15) При выявлении тесноты связи между индексами прироста и климатом используется эмпирический подход, что связано со встречаемостью опосредованного влияния через другие абиотические характеристики. Значимость связи между ростом дерева и климатом в терминах месячных данных, на основе множественной регрессионной модели, указывает на наличие сигнала в древеснокольцевой хронологии. Такой эмпирический подход назван анализом функции отклика. Климатические функции отклика рассчитываются по программе RESPONSE;

16) Моделирование элементов климата осуществляется посредством оценки передаточной функции через множество коэффициентов, применяемых к индексам прироста для получения климатических оценок. Передаточная функция получается обращением функции отклика в определенном периоде инструментальных климатических данных;

17) Надежность функции и адекватность моделирования обеспечивается посредством выбора древесно-кольцевых хронологий, несущих в себе сильный и одинаковый климатический сигнал. Затем строятся передаточные функции на разных периодах



инструментальных наблюдений и сравниваются их значения. Эти подпериоды называют оценочными или калибровочными;

18) Далее производят моделирование на оставшийся период и тестируют различными статистическими показателями. Данные периоды называют проверочными или верификационными;

19) Окончательно, для моделирования элементов климата на весь период хронологий, выбирают передаточную функцию, показывающую наиболее высокие и стабильные статистические показатели на калибровочном и на верификационном периоде;

20) Выявление устойчивых циклических колебаний по дендрохронологическим данным позволяет установить достоверные связи между приростом и циклическими изменениями внешних условий (климат, солнечно-земные связи и др.). Эти закономерности дают возможность статистически достоверного прогноза климатически обусловленной динамики прироста деревьев и практического применения результатов дендроклиматических исследований;

21) В целях прогноза хода роста древостоев осуществляется выявление параметров циклических колебаний в рядах индексов радиального прироста. Для этого используется спектральное разложение по методу максимума энтропии, линейной фильтрации и аппроксимации основных циклов синусоидами по методу наименьших квадратов по программам Spectr и Sinus, разработанных В.С Мазепой.

Для организации борьбы с пожарами важно предвидеть их развитие при различной пожарной обстановке, а данные прогноза с использованием многофакторного моделирования позволят заблаговременно планировать мероприятия по предупреждению и предотвращению их возникновения. Для формирования материально-технической базы, сил и средств пожаротушения, результаты прогноза пожарной ситуации имеют значение в практике подготовки к пожароопасному сезону каждого года.

При всей актуальности ранней оценки пожарной ситуации в практике лесохозяйственной деятельности долгосрочные прогнозы пожаров не практикуются из-за отсутствия надежных методик. Существующие методы прогноза пожароопасных ситуаций в большей степени зависят от прогнозирования метеорологических элементов. Долгосрочный прогноз пожарной опасности в лесном фонде, основанный на исследовании зависимостей между радиальным приростом древесины и климатическими элементами, позволяет осуществлять реконструкцию и прогноз динамики роста древесных растений и погодных условий за длительные промежутки времени, что значимо больше имеющихся инструментальных данных по климату.

### Список литературы:

1. Мелехов И.С. Сезоны лесных пожаров и построения географической схемы лесопожарных поясов /И.С. Мелехов //Научные труды АЛТИ. –Л.-1946.- вып. 8.- 1-15.

2. Залесов С.В. Лесная пирология /С.В. Залесов. – Екатеринбург: УГЛТА, 1998 – 296 с.
3. Овсянников, И.В. Противопожарное устройство лесов /И.В. Овсянников. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 112 с.
4. Курбатский Н.П. Пожары тайги, закономерности их возникновения и развития: автореф. дисс. д-ра с.-х. наук /Н.П. Курбатский. – Красноярск, 1964 – 54 с.
5. Щетинский С.А. Охрана лесов и лесная пирология /С.А. Щетинский. – М.: Экология, 1994. – 209, с 5.
6. Шиятов, С.Г. Дендрохронология Мангазеи /С.Г. Шиятов // Проблемы абсолютного датирования в археологии. – М., 1972. – С.119-121.
7. Шиятов С.Г. Методы дендрохронологии. Часть 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методич. пособие /С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов и др.–Красноярск: КрасГУ, 2000. – 80 с.
8. Матвеев С.М. Дендрохронология. Методика древесно-кольцевого анализа: методические указания к лабораторным работам для студентов дневного и заочного обучения специальности 250201 – Лесное хозяйство /С.М. Матвеев. – Воронеж, 2006. – 39 с.
9. Матвеев, С.М. Дендрохронология: учебное пособие 2 изд., перераб. и доп./С.М. Матвеев, Д.Е. Румянцев. – Воронеж: ФГБОУ ВПО «ВГЛТА», 2013. – 140 с.
10. Шиятов С.Г. Дендрохронология, её принципы и методы /С.Г. Шиятов // Зап. Свердлов. отд-ния ВБО. – 1973. – Вып. 6. – С.53-81.
11. Шиятов С.Г. Методические основы организации дендроклиматического мониторинга в лесах азиатской части России /С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов //Сиб. экол. журн. – 1998. – №1. – С.31-38.

**ԵՎՐՈՊԱԿԱՆ ՀՅՈՒՄԻՍԻ ԱՆՏԱՌԱՅԻՆ ՖՈՆԴԻ ՀՐԴԵՀԱՅԻՆ  
ԻՐԱՎԻՃԱԿՆԵՐԻ ԿԱՆԽԱՏԵՍՄԱՆ ՄԵԹՈԴԱԿԱՆ ՈՐՈՇՈՒՄՆԵՐԻ  
ՀԻՄՆԱՎՈՐՈՒՄԸ**

**Դրուժինին Ֆ.Ն, Կորյակինա Դ.Մ .,Ցիպիլև Բ.Ս .,Իվանովա Յա.Վ .,  
Վասիլևա Օ.Ա .,Ավերինա Վ.Վ .,Պարֆենով Ի.Ս.**

Հոդվածում բացահայտվում են հրդեհավրանգ իրավիճակների կանխարեսման վերաբերյալ առկա մեթոդների խնդիրները, որոնք առավելապես կախված են օդերևութաբանական պարրերի կանխարեսումից: Նշվում է, որ հրդեհավրանգ իրավիճակի կարճաժամկետ կանխարեսումը հիմնված է ընթացիկ օդերևութաբանական պայլաների օգտագործման վրա, որոնք հրդեհավրանգ սեզոնի ժամանակ տրամադրվում են ամենօրյա կարգով «Ավիալետոդիտանա» (Ավիաանտառապահ) դաշնային բյուջետային հիմնարկի և Ռուսաստանի արտակարգ իրավիճակների նախարարության կողմից: Հոդվածում հիմնավորվում է այն միտքը, որ անտառային ֆոնդում հրդեհավրանգ իրավիճակի երկարաժամկետ կանխարեսումը, որը հիմնված է բնայութի շառավղային աճի և կլիմայական պարրերի փոխկախվածության հետազոտության վրա, կարող է իրականացվել դենդրոկլիմատոլոգիայի միջոցով: «Կլիմա բնափայտի

շառավղային աճ հրդեհներ» փոխկապվածության վերհանման հիմքով բացահայտվում է մեթոդի բովանդակությունը, ինչը թույլ է տալիս վերականխատեսել բնափայտի աճի դինամիկան և եղանակային պայմանները երկար ժամանակով, որը և տեղեկատվության տրամադրման առումով զգալիորեն ավելին է, քան կլիմայի վերաբերյալ առկա գործիքային տվյալների դեպքում:

Հոդվածում հիմնավորվում է, որ հրդեհների դեմ պայքարը կազմակերպելու համար կարևոր է կանխատեսել դրանց զարգացումը տարբեր հրդեհային իրավիճակներում, իսկ կանխատեսման տվյալներն՝ օգտագործելով բազմագործոն մոդելավորում, հնարավորություն են տալիս նախատես պլանավորել դրանց նախազգուշացման և կանխարգելման միջոցառումները: Հոդվածում շարադրվում է նյութատեխնիկական բազայի, հրդեհաշիջման ուժերի և միջոցների ձևավորման վերաբերյալ անհատական տեսակետ՝ միաժամանակ ընդգծելով, որ հրդեհային իրավիճակի կանխատեսման արդյունքները կարևոր նշանակություն ունեն յուրաքանչյուր տարվա հրդեհային սեզոնին գործնականում նախապատրաստվելու առումով:

**Բանալի բառեր.** հրդեհային իրավիճակ, անտառային ֆոնդ, դենդրոկլիմատոխրոնոլոգիա, բնափայտ, եղանակային պայմաններ, բազմագործոն մոդելավորում:

## SUBSTANTIATION OF THE METHODOLOGICAL SOLUTION ON PREDICTION OF THE FIRE SITUATION IN THE FOREST FUND OF THE EUROPEAN NORTH

***Druzhinin F.N. Koryakina D.M., Tsypilev V.S., Ivanova Ya.V., Vasilyeva O.A., Averina V. V., Parfenov I.S.***

*The existing methods of forecasting fire-hazardous situations depend more on forecasting meteorological elements. The short-term forecast of fire danger is based on the use of current meteorological data, which are provided daily to the Aviation Security Service and the Ministry of Emergency Situations during the fire season. A long-term forecast of fire danger in the forest fund, based on the study of the dependencies between the radial growth of wood and climatic elements, can be performed using dendroclimatochronology. This method is based on the identification of the interrelations "climate radial growth of wood fires", which allow for the reconstruction and forecast of the dynamics of growth of woody plants and weather conditions over long periods of time, which is significantly more than the available instrumental data on climate.*

*For the organization of fire fighting, it is important to anticipate their development in various fire situations, and forecast data using multifactor modeling will allow you to plan*



---

*measures in advance to prevent and prevent their occurrence. For the formation of the material and technical base, forces and means of fire extinguishing, the results of the forecast of the fire situation are important in the practice of preparing for the fire season of each year.*

**Keywords:** *fire hazardous situation, forest fund, dendroclimatochronology, woody plants, weather conditions, multivariate modeling.*

Статья поступила: 04.10.2022

Принята к печати: 29.11.2022