

УДК 630\*111+630\*561.21

**В. В. Сарнацкий**, доктор биологических наук, главный научный сотрудник  
(Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси)

### **ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ ШИРИНЫ ГОДИЧНОГО КОЛЬЦА ДЕРЕВЬЕВ В НАСАЖДЕНИЯХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЛЕСА В СВЯЗИ С ДИНАМИКОЙ АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА**

Изложены результаты анализа уравнений множественной регрессии ширины годичного кольца деревьев с количеством атмосферных осадков и температурой воздуха в годы: с повышенной температурой воздуха и дефицитом атмосферных осадков; пониженной температурой воздуха и дефицитом атмосферных осадков; пониженной среднемноголетней температурой воздуха вегетационных периодов различных лет и типов леса. Показаны особенности реакции и обусловленность годичного радиального прироста *Pinus sylvestris* (L.), *Picea abies* (Karst.), *Betula pendula* (Roth.), *Alnus glutinosa* (L.), произрастающих в условиях Беларуси. Раскрыты различные методические подходы к проведению подобных исследований, их преимущества и недостатки, показаны практические аспекты решения подобных задач в лесоводственном эксперименте на основе оптимизации его планирования в полевых, лабораторных условиях с соблюдением принципа единственного различия и основных положений регрессионного анализа.

Results of the analysis of the equations of plural regress of width of a year ring of trees with quantity of an atmospheric precipitation and air temperature in years are stated: with the raised temperature of air and deficiency of an atmospheric precipitation; in the lowered temperature of air and deficiency of an atmospheric precipitation; lowered mean annual temperature of air of the vegetative periods of various years and wood types. Features of reaction and conditionality of a year radial gain are shown *Pinus sylvestris* (L.), *Picea abies* (Karst.), *Betula pendula* (Roth.), *Alnus glutinosa* (L.), growing in the conditions of Belarus. Various methodical approaches to carrying out of similar researches, their advantages and lacks are opened, practical aspects of the decision of similar problems in forestry experiment on the basis of optimisation of its planning in field, laboratory conditions with observance of a principle of unique distinction and substantive provisions regression analysis are shown.

**Введение.** Различные аспекты влияния экологических, орографических, антропогенных и других факторов на годичный прирост деревьев изложены в многочисленных сообщениях отечественных, зарубежных исследователей [1, 4–8 и др.], включающих при этом в регрессионный анализ связи ширины годичных колец или их индексов с различными климатическими показателями за тот или иной период времени без учета годичных, в том числе и сезонных метеорологических, климатических, почвенно-гидрологических особенностей формирования древостоя в разные годы.

Цель исследований – выявить особенности реакции и обусловленность годичного радиального прироста деревьев, произрастающих в различных типах леса в условиях колебания атмосферных осадков и температуры воздуха в вегетационные периоды 1945–2005 гг. в соответствии с закономерностями формирования климата Беларуси и выделенными ранее типами климатической, почвенно-гидрологической детерминации формирования, продуктивности и устойчивости лесных древостоев [8].

Объектами исследований являются припевающие и спелые сосновые, еловые, березовые, черноольховые древостои различной полноты, породного состава, происхождения и

типов леса. Методологической основой исследований послужили общепринятые в лесоводении, лесоводстве, лесной таксации, математической статистике методы с использованием свойств и возможностей множественного регрессионного анализа [2, 3 и др.]. Обусловленность в нашем понимании предполагает вероятность нескольких направлений в реакции ширины годичного кольца дерева в результате менее определенной (не строго детерминированной, функциональной зависимости), неоднозначной статистической связи причины и следствия (зависимой и независимых переменных в регрессионном уравнении). Изучали связь ширины годичного кольца деревьев (мм) с количеством атмосферных осадков и температурой воздуха в годы:

- 1) с повышенной температурой воздуха и дефицитом атмосферных осадков;
- 2) пониженной температурой воздуха и дефицитом атмосферных осадков;
- 3) пониженной среднемноголетней температурой воздуха вегетационных периодов различных лет, которые включали не в непрерывный хронологический ряд показателей в качестве зависимых переменных, а в соответствующие 3 разновидности уравнений множественной регрессии следующего вида:

$$Y = B_1X_1 + B_2X_2 + E_i,$$

где  $Y$  – зависимая переменная;  $B_1, B_2$  – коэффициенты регрессии;  $X_1, X_2$  – независимые переменные;  $E_i$  – случайная ошибка.

Оценка коэффициентов регрессии проведена по методу наименьших квадратов (МНК).

**Результаты и их обсуждение.** Результаты, полученные посредством стандартных методов анализа регрессионных уравнений, существенно зависят от структуры статистического комплекса и схемы организации наблюдений, соответствия эмпирического материала нормальному распределению и гомогенности дисперсии отдельных классов градаций, причем преобразование начальной информации тем или иным способом не в полной мере устраняет отмеченные недостатки и имеет смысл чаще всего при необходимости элиминирования размерностей переменных, включенных в матрицу.

Неустойчивое увлажнение почвы сосняка мшистого в годы с повышенной температурой воздуха и дефицитом атмосферных осадков обуславливает увеличение вклада этих показателей в дисперсию зависимой переменной с преобладанием в этой ситуации влияния атмосферных осадков ( $X_1 = 0,0286$ ). В годы с пониженной температурой воздуха и дефицитом осадков значения этих коэффициентов при соответствующих зависимых переменных увеличиваются ( $X_1 = 0,0112, X_2 = 0,0073$ ) и также преобладает влияние условий увлажнения почвы в сравнении с температурой воздуха, вклад которой в варьирование ширины годичного кольца сосны возрастает в годы с пониженной температурой воздуха вегетационного периода и оптимальном (устойчивом) увлажнении почвы ( $X_2 = 0,0245$ ).

В условиях произрастания сосняка брусничного лимитирующим экологическим фактором в анализируемых уравнениях являются осадки и лишь в годы с устойчивым оптимальным увлажнением почвы статистически достоверно возрастает вклад температуры воздуха в сравнении с осадками.

Оптимальное и устойчивое увлажнение почвы сосняка кисличного обуславливает главенствующее влияние температуры воздуха на ширину годичного кольца ( $X_2$  в условиях динамики изучаемых климатических факторов колеблется в пределах от 0,0240 до 0,0521), причем в годы с повышенной температурой воздуха возрастает роль атмосферных осадков.

Постоянно и временно переувлажняемая почва сосняка долгомошного определяет его породный состав, бонитет древостоя и возрастание роли температуры воздуха в годы с пониженной температурой воздуха вегетационного периода. В условиях постоянно переувлажняемой (заболоченной) почвы сосняка багуль-

никового преобладающее значение имеет температура воздуха, значения соответствующего коэффициента достигает 0,0320 при наличии отрицательных значений коэффициентов ( $X_1$ ).

В зависимости от бонитета древостоя почвы ельника мшистого следует дифференцировать как дренированные с неустойчивым атмосферно-грунтовым увлажнением (II бонитет) или с устойчивым увлажнением (I бонитет) [8]. Основное значение для обусловленности вклада независимых переменных в дисперсию ширины годичного кольца ели имеет температура воздуха. Это положение сохраняется для всех приведенных в материалах этого сообщения типов еловых лесов, формирующихся в условиях обычной (не экстремальной) флуктуации экологических факторов. В условиях периодического экстремального проявления засухи отмечается уменьшение ширины годичного кольца, возрастание значения атмосферных осадков при наличии отрицательных значений коэффициентов ( $X_2$ ). В отдельных экологических ситуациях происходит периодическое массовое усыхание ели, отмеченное в условиях Беларуси и других лесорастительных регионах ранее в обозримом прошлом и на рубеже XX–XXI ст.

Отклонение климатических факторов (температура воздуха, атмосферные осадки и др.) от многолетней нормы в условиях Беларуси не достигают значений, обуславливающих периодическое массовое усыхание других лесных формаций (сосняки, березняки, осинники, ольшаники, липняки и некоторые другие древостои).

В периодические засухи, в том числе и достигающие экстремальных значений, отмечено лишь снижение годичного прироста деревьев и превышение нормы естественного объема их отпада в том или ином возрасте древостоя. Ширина годичного кольца и знак ее изменения в связи с динамикой атмосферных осадков, температуры воздуха во многом определяется соответствием биологических свойств той или иной древесной породы эдафическим условиям произрастания и мерой отклонения этих экологических (климатических) факторов от многолетней нормы.

Оптимальное и устойчивое увлажнение дренированных, богатых почв ельника кисличного определяет преобладающую роль температуры воздуха в отношении атмосферных осадков и высокую продуктивность древостоя.

Формирование ельника папоротникового по I бонитету древостоя происходит на переходных от дренированных к временно переувлажняемым почвам. Уменьшение продуктивности древостоя в этом типе леса отмечено в условиях временно переувлажняемых почв, что и обуславливает разные значения коэффициентов

независимых переменных в том или ином уравнении регрессии, в том числе и ельнике кисличном, формирующемся на дренированных почвах с устойчивым атмосферно-грунтовым увлажнением.

В условиях атмосферно-грунтового увлажнения годичный прирост березы повислой в древостоях различных типов березовых лесов (березняк мшистый, березняк кисличный, березняк долгомошный) по диаметру также в большей мере обусловлен температурой воздуха, чем атмосферных осадков, с возрастанием ее роли в годы, характеризующиеся пониженной температурой воздуха и оптимальным (устойчивым) увлажнением почвы в вегетационный период. Характерным является и некоторое колебание в ту или иную сторону значений коэффициента ( $X_1$ ), показывающего в зависимости от климатической ситуации вклад дисперсии атмосферных осадков в ширину годичного кольца. Следует отметить, что на почвах атмосферного увлажнения береза повислая обычно не занимает доминирующее положение в древостое и произрастает в примеси с другими древесными породами.

Водно-воздушный, температурный режим почвы черноольховых лесов во многом определяется ее обводненностью, проточностью почвенно-грунтовых, грунтовых вод, содержание кислорода в которых во многом обусловлено температурой воздуха и это обстоятельство накладывает существенный отпечаток на значения коэффициентов независимых переменных.

Установлено, что преобладающее влияние на ширину годичного кольца ольхи черной имеет температура воздуха. Знак его реакции на динамику атмосферных осадков и температуру воздуха в значительной мере определяется соотношением упомянутых выше экологических факторов. Выявлены крайне малые, однако, в своем большинстве статистически достоверные значения коэффициентов вклада атмосферных осадков в дисперсию ширины годичного кольца ольхи черной. Значения коэффициентов ( $X_1$ ) в зависимости от типа леса колеблются в пределах 0,0004 (черноольшаник таволговый) до 0,0051 (черноольшаник папоротниковый), а ( $X_2$ ) – от 0,0017 (черноольшаник кисличный) до 0,0247 (черноольшаник папоротниковый).

**Выводы.** Ширина годичного кольца деревьев и знак ее изменения обусловлены био-

логическими свойствами древесной породы и их соответствием эдафическим условиям произрастания, мерой отклонения атмосферных осадков, температуры воздуха от многолетней нормы вегетационного периода и особенно находящихся в лимите или избытке (лимитирующий или находящийся в избытке экологический фактор или их совокупность, специфика сочетания) в зависимости от сложившейся климатической ситуации и типа леса в пределах той или иной формации, устойчивостью режима увлажнения и аэрации почвы, которые в условиях гидроморфных почв находятся в связи с проточностью почвенно-грунтовых, грунтовых вод и что в совокупности определяет особенности реакции годичного прироста деревьев по диаметру, а следовательно, и в высоту в соответствии с колебанием численных значений упомянутых выше климатических факторов.

### Литература

1. Антанайтис, В. В. Прирост леса / В. В. Антанайтис, В. В. Загребев. – М.: Лесная промышленность, 1969. – 240 с.
2. Афифи, А. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ / А. Афифи, С. Эйзен. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
3. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ / Н. Дрейпер, Г. Смит. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.
4. Ваганов, Е. А. Механизмы и имитационная модель формирования структуры годичных колец у хвойных / Е. А. Ваганов // Лесоведение. – 1996. – № 1. – С. 3–15.
5. Карпавичюс, Й. А. Индивидуальная и групповая изменчивость радиального прироста сосны обыкновенной в подзоне смешанных лесов: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук: 06.03.03 / Й. А. Карпавичюс; Белорус. технол. ин-т. – Минск, 1984. – 20 с.
6. Ловелиус, Н. В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий / Н. В. Ловелиус. – Л.: Наука, 1979. – 232 с.
7. Русаленко, А. И. Годичный прирост деревьев и влагообеспеченность / А. И. Русаленко. – Минск: Наука и техника, 1986. – 238 с.
8. Сарнацкий, В. В. Ельники: формирование, повышение продуктивности и устойчивости в условиях Беларуси / В. В. Сарнацкий. – Минск: Тэхналогія, 2009. – 334 с.

Поступила 01.03.2012