

УДК 630*111+630*561.21

В. В. СарнацкийИнститут экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича
Национальной академии наук Беларуси**ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСПЕШНОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ
ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЕСНЫХ ДРЕВОСТОЕВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ
РЕГРЕССИОННЫХ УРАВНЕНИЙ СВЯЗИ ГОДИЧНОГО ПРИРОСТА
ДЕРЕВЬЕВ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

Изложены результаты анализа связи годичного прироста деревьев с почвенно-гидрологическими и климатическими факторами вегетационного периода. Выявлено, что в пределах интервала выбранного статистического ряда распределения годичного прироста в 5–10-летнем периоде встречаются его одинаковые значения при отсутствии таковых в динамике гидрологических и климатических факторов в эти годы. На основе оценки наибольшего вклада независимых переменных в уравнении множественной регрессии (экологические факторы) в дисперсию зависимой переменной (годичный прирост деревьев по диаметру и в высоту) определены наиболее значимые экологические факторы, определяющие особенности реакции прироста деревьев, доминирующих в различных лесных формациях. Установлено, что отклонение значений климатических, почвенно-гидрологических факторов более чем на 10% от многолетней нормы в годы с одинаковыми значениями прироста деревьев по диаметру или в высоту, произрастающих в том или ином типе леса, указывает на необходимость дальнейшего повышения продуктивности древостоя путем оптимизации почвенно-гидрологических условий и (или) смены пород.

Ключевые слова: лесной древостой, эдафотоп, климат, годичный прирост, продуктивность.

V. V. SarnatskyV. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany
of the National Academy of Sciences of Belarus**FEATURES DETERMINE THE SUCCESS OF THE IMPLEMENTATION
OF THE PRODUCTIVITY OF FOREST STANDS USING REGRESSION
EQUATIONS DUE ANNUAL GROWTH OF TREES
AND ENVIRONMENTAL FACTORS**

The results of analysis of the relationship of annual increment of trees with soil-hydrological and climatic factors of the growing season. Revealed that within the range of the selected number of statistical distribution of the annual increment in even a 5–10 year period found it the same value in the absence of such a dynamic hydrological and climatic factors in these years. Based on the estimate of the contribution of the independent variables in a multiple regression equation (environmental factors) to the variance of the dependent variable (annual increment of trees by diameter and height) identify the most important environmental factors that determine the characteristics of the reaction growth trees that dominate the various forest formations. It was found that the deviation of the climate, soil and hydrological factors of more than 10% of the long-term average in the years with the same values of tree diameter and height, growing in a particular forest type, the need to further increase productivity by optimizing the growing soil-hydrological conditions and (or) species change.

Key words: forest tree stand, edafotop, climate, annual growth, productivity.

Введение. Наиболее распространенным методом изучения связей прироста деревьев по диаметру и в высоту, продуктивности древостоя (бонитет и другие таксационные показатели) с экологическими факторами и их динамикой является регрессионный анализ. Основные предпосылки и методика его использования в практике научных исследований, а также их результаты, полученные в различных лесорастительных условиях, изложены в многочисленной научной литературе [1–6 и др.]. Прагматические

интересы и развитие человечества тесно связаны с интенсификацией использования растительных ресурсов на основе рационального природопользования. В совокупности это требует постоянного совершенствования представлений об особенностях функционирования растительного покрова, в том числе и лесного, повышения его продуктивности и устойчивости.

Цель исследований – выявить особенности использования результатов регрессионного анализа связи годичного прироста доминирующих

деревьев в существующих лесных формациях и экологических факторов (климатических, почвенно-гидрологических) в оценке эффективности (успешности) реализации продуктивности древостоев разных типов леса.

Изучаемые объекты – хвойные и мелколиственные древостои различной полноты, возраста (средневозрастные, приспевающие и спелые), породного состава и типов леса, формирующихся на автоморфных, полугидроморфных, гидроморфных почвах.

Изложены результаты многолетних исследований, осуществляемых в рамках заданий НИР. Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ, грант Б14-013.

Методологической основой послужили общепринятые в лесоведении, лесоводстве, лесной таксации, почвоведении и биометрии методы. В уравнения множественной регрессии в качестве независимых переменных включали количество атмосферных осадков, температуру воздуха и корнеобитаемых слоев почвы, уровень залегания грунтовых, почвенно-грунтовых вод и другие факторы.

Если в качестве зависимой переменной использовали годичный прирост дерева в высоту, то показатели независимых переменных были текущего, предыдущего вегетационного и холодного периода года (октябрь – апрель). Основной задачей подобного комбинирования переменными является достижение значений коэффициента детерминации уравнения (R^2) не ниже 0,95 и определение достоверных коэффициентов независимых переменных, численные значения которых характеризуют их вклад в дисперсию зависимой переменной (в большинстве случаев количество достоверных переменных в уравнении не превышает 2–3). Их количество ограничено наличием межфакторной взаимосвязи (мультиколлинеарности), которую на этапе планирования и постановки эксперимента следует сводить в уравнении к минимальным или нулевым значениям.

Результаты и их обсуждение. Реакция древостоя на колебание климатических, почвенно-гидрологических и других факторов может проявиться в увеличении или уменьшении показателей роста деревьев по диаметру и в высоту. Каждое дерево в древостое обладает как индивидуальной, наследственной особенностью роста и реакцией на изменчивость тех или иных условий среды, так и групповой, которая во многом обусловлена положением дерева в пологе. Фитоценотическая ситуация, микроклиматические, почвенно-гидрологические условия роста конкретного дерева в древостое характеризуются некоторым варьированием, обусловленным естественными и антропогенными

причинами, изменяющимся в широких пределах после проведения в древостое рубок ухода и других лесохозяйственных мероприятий.

Особенности реакции прироста на колебания почвенно-гидрологических, климатических факторов обусловлены возрастом дерева и древостоя в целом, его породным составом и структурой, продуктивностью, полнотой и типологическим статусом. Однако существуют ситуации, когда некоторое колебание климатических факторов в вегетационный период не приводит к достоверному изменению ширины годичного кольца в пределах выбранного интервала статистического ряда распределения этого показателя. Результаты анализа подобной ситуации изложены ниже.

Известно, что изменение внешних условий проявляется, прежде всего, на различных аспектах функционирования листового аппарата, корней, а затем на росте деревьев. В значительной мере на рост и устойчивость деревьев оказывает влияние лимитирующего или находящегося в избытке экологического фактора (например, недостаток или избыток влаги в почве, проточность увлажнения и т. д.). Недостаток или избыток влаги в почве (как один из основных экологических факторов в условиях Беларуси, определяющих особенности роста и формирования насаждений) отчетливо проявляется при анализе продуктивности древостоя в эдафическом ареале того или иного типа леса (особенно это отмечается в крайних эдафических условиях формирования экологического ряда типов леса той или иной формации).

Структура почвенно-типологических групп той или иной лесной формации в связи с режимом увлажнения эдафотопы и продуктивностью древостоя в существующем температурном режиме (воздуха и почвы) формирования насаждений в лесном фонде Беларуси включает следующие группы почв по увлажнению: дренированные с неустойчивым увлажнением (бонитет древостоев II–III); дренированные с устойчивым увлажнением (бонитет древостоев Ia–I); переходные от дренированных к временно переувлажняемым (бонитет древостоев Ia–I); временно переувлажняемые (бонитет древостоев I–II); постоянно переувлажняемые (бонитет древостоев III–V). Так, ельник мшистый (B_2), II бонитета формируется на дренированных почвах с неустойчивым увлажнением, а I бонитета – на дренированных почвах устойчивого увлажнения.

Наиболее продуктивные насаждения высших бонитетов ограничены в продуктивности древостоев, в конечном счете, одним или несколькими лимитирующими или находящимися в избытке факторами. Как правило, это климатические

факторы, в определенной мере определяющие показатели и устойчивость эдафических условий, а также проблемы так называемого дальнего транспорта влаги в системе «почва – корни – ствол – крона дерева». В методическом аспекте оценка вклада этих факторов или фактора в эффективность (успешность) реализации продуктивности представляет определенную трудность и особенно их искусственное разделение (вычленение) при совокупном влиянии и проявлении синергизма, аддитивизма или антагонизма.

При определении величины годового кольца у деревьев в 5–10-летнем периоде их роста (это обусловлено необходимостью элиминации возрастного тренда прироста древостоя) выявлено, что отдельные кольца в некоторые годы имеют одинаковую ширину в пределах выбранного интервала статистического ряда распределения. Изучение климатических факторов вегетационных периодов, ширина годового кольца в которых отмечена одинаковыми численными значениями, позволило установить, что в наиболее продуктивных типах леса (где древостой формируется по I–II бонитету и выше) отклонение количества атмосферных осадков, температуры и влажности воздуха от среднегодовых показателей не превышает 5–10% в зависимости от типа леса. В древостоях I–II бонитета и ниже одинаковая ширина годовых колец может быть отмечена в случае отклонения климатических факторов от среднегодовой нормы в те или иные годы до 10% и более. В подобной ситуации выявлено детерминирующее влияние того или иного лимитирующего или находящегося в избытке экологического фактора. Влияние каждого из вышеупомянутых факторов или их совокупности на ширину годового кольца деревьев проявляется неоднозначно в пределах экологического ряда формирования той или иной лесной формации по увлажнению почвы.

Закономерно возникает вопрос о причинах подобного проявления в росте дерева. Оценивая численные значения достоверных коэффициентов независимых переменных в уравнениях, определяем долю их вклада в ширину годового кольца дерева. Несколько сложнее определить это вклад у хвойных деревьев, поскольку наличие и ширина слоев ранней и поздней древесины определяется влиянием разных факторов в различные периоды вегетационного сезона. На величину годового прироста дерева в высоту оказывают влияние эко-

логические факторы не только текущего вегетационного периода, но и предыдущего вегетационного, холодного периода года.

Как упомянуто выше, точность уравнения в результате подбора так называемых главных компонент (независимых переменных) составляет не менее 5%. Столько же следует отнести на влияние совокупности не включенных в уравнение факторов и тренда (остатка уравнения). В совокупности это составляет до 10%. Анализируя амплитуду колебания главных компонент уравнения в годы, в которые ширина годового кольца в пределах выбранного интервала точности определения его значения является постоянной величиной установлено, что в случае отклонения этих факторов более чем на 10% от многолетней нормы существует лимитирующий фактор или их совокупность (сочетание), ограничивающее годичный прирост в пределах толерантности (гомеостаза) ростовых реакций дерева. Более детально механизм проявления подобных реакций будет раскрыт в дальнейших сообщениях.

Заключение. Таким образом, индивидуальные и групповые статистические характеристики реакции годового прироста деревьев позволяют проводить оценку величины и направленности влияния климатических, почвенно-гидрологических факторов на формирование, устойчивость и продуктивность древостоев различных типов леса. В совокупности эти положения являются основой для дифференциации таксонов почвенно-гидрологической, климатической обусловленности (детерминации) формирования, продуктивности и устойчивости лесных древостоев. Установлено, что если ширина годового кольца в пределах выбранного статистического интервала ряда распределения в 5–10-летнем периоде онтогенеза дерева в отдельные годы у насаждений I–II бонитетов является постоянной величиной при отклонении климатических факторов (в основном это атмосферные осадки, температура и влажность воздуха) более чем на 10% от среднегодовой нормы, пути дальнейшего повышения их продуктивности следует искать в оптимизации почвенно-гидрологических условий или реконструкции древостоев с целью смены пород. В насаждениях, формирующихся на гидроморфных и в отдельных случаях полугидроморфных почвах возрастает значение влияния условий оводненности корнеобитаемых слоев почвы и проточности почвенно-грунтовых, грунтовых вод.

Литература

1. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. Подход с использованием ЭВМ. М.: Мир, 1982. 488 с.
2. Ваганов Е. А. Механизмы и имитационная модель формирования структуры годовых колец у хвойных // Лесоведение. 1996. № 1. С. 3–15.

3. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. М.: Статистика, 1973. 392 с.
4. Ловелиус Н. В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий. Л.: Наука, 1979. 232 с.
5. Петров Е. Г. Водный режим и продуктивность лесных фитоценозов на почвах атмосферного увлажнения. Минск: Наука и техника, 1983. 213 с.
6. Русаленко А. И. Годичный прирост деревьев и влагообеспеченность. Минск: Наука и техника, 1986. 238 с.

References

1. Afifi A., Eisen S. *Statisticheskiy analiz. Podkhod s ispol'zovaniem EVM* [Statistical analysis. The approach of using a computer]. Moscow, Mir, 1982. 488 p.
2. Vaganov E. A. Mechanisms and simulation model of structure formation of growth rings in conifers. *Lesovedenie* [Silviculture], 1996, no. 1, pp. 3–15.
3. Draper N., Smith, G. *Prikladnoy regressionnyy analiz* [Applied Regression Analysis]. Moscow, Statistika, 1973. 392 p.
4. Lovelius N. V. *Izmenchivost' prirosta derev'ev. Dendroindikatsiya prirodnykh protsessov i antropogennykh vozdeystviy* [Variability of tree growth. Dendroindication natural processes and anthropogenic impacts]. Leningrad, Nauka, 1979. 232 p.
5. Petrov E. G. *Vodnyy rezhim i produktivnost' lesnykh fitotsenozov na pochvakh atmosfernogo uvla-zhneniya* [Water regime and productivity of forest communities in soils of atmospheric moisture]. Minsk, Nauka i tekhnika, 1983. 213 p.
6. Rusalenko A. I. *Godichnyy prirost derev'ev i vlogoobespechennost'* [Annual growth of trees and moisture]. Minsk, Nauka i tekhnika, 1986. 238 p.

Информация об авторе

Сарнацкий Владимир Валентинович – доктор биологических наук, главный научный сотрудник. Институт экспериментальной ботаники имени В. Ф. Купревича Национальной академии наук Беларуси (220072, г. Минск, ул. Академическая, 27, Республика Беларусь). E-mail: sarnatsky1@tut.by

Information about authors

Sarnatsky Vladimir Valentinovich – Ph. D. Biology, chief research fellow. V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany of the National Academy of Sciences of Belarus (27, Akademicheskaya str., 220072, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: sarnatsky1@tut.by

Поступила 16.02.2015