

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИЗУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ЛЕСООБРАЗУЮЩИХ ПОРОД ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Д.Е. Румянцев*, А.Н. Миславский

Мытищинский филиал Московского государственного технического университета
им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет),
РФ, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1;

* адрес для переписки: dendro15@list.ru

Реферат. Исследовано биологическое разнообразие природных популяций осины (тополя дрожащего (*Populus tremula* L.)) и ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst) методами дендрохронологии в ООПТ областного значения «Молокчинский ботанико-энтомологический заказник» (Московская область). Были проанализированы ряды радиального прироста ели и осины. Сопряженный анализ хронологий по характеру реакции индекса прироста для древостоев позволил выделить четыре группы лет, для которых эта реакция качественным образом отличается. Группа 1: осина снижает прирост, а ель увеличивает прирост. Группа 2: осина увеличивает прирост, а ель снижает прирост. Группа 3: осина увеличивает прирост и ель увеличивает прирост. Группа 4: осина снижает прирост и ель снижает прирост. Для каждой из групп лет были построены климаграммы. Зарегистрированы качественные отличия в реакции прироста двух пород в разные годы. Выявлена разная засухоустойчивость и устойчивость к избыточному увлажнению. Дендрохронологический анализ позволил выявить различия по устойчивости ели и осины к действию экстремальных неблагоприятных абиотических факторов.

Ключевые слова. Дендрохронология, дендроклиматология, тополь дрожащий, ель европейская, Молокчинский ботанико-энтомологический заказник.

Введение

Ширина годичного кольца (а равно и другие, используемые в дендрохронологическом анализе количественные показатели) является количественным признаком с широким спектром фенотипической изменчивости в популяции. Фенотипические колебания его значений имеют две основные причины – генетическую и экологическую и, согласно с введенными в лесную селекцию представлениями В.М. Роне (Роне, 1980), могут быть отражены уравнением вида:

$$S^2_{ph} = S^2_g + S^2_e,$$

где S^2_{ph} – фенотипическая дисперсия, S^2_g – генотипическая дисперсия, S^2_e – экологическая дисперсия.

Разработка методологии использования дендрохронологической информации для целей анализа продуктивности, таким образом, возможна лишь в условиях комплексного анализа как генотипической, так и экологической компоненты в изменчивости радиального прироста.

Здесь имеет смысл подробнее остановиться на принятой за основу наших рассуждений концепции эколого-генетического контроля организации сложных полигенных количественных признаков растений, которая была сформулирована В.А. Драгавцевым (Драгавцев, 1995; Драгавцев и др., 1996; Драгавцев, 1996; Драгавцев, 2000; Драгавцев, 2003). Эколого-генетическая модель утверждает следующую закономерность: при смене лимитирующего фактора внешней среды меняются число и спектр генов, детерминирующих среднюю величину и генетическую дисперсию признака. Эта теория утверждает, что если один компонентный признак формировался, например, на фоне засухи (число зерен на 1 растении), а другой на фоне холода (масса 1 зерна), то описать генетическую природу результирующего признака (масса зерен на 1 растении) невозможно ни на языке менделевской генетики, ни на языке современной молекулярной генетики. Только язык эколого-генетической теории способен адекватно описать сложное эколого-генетическое «устройство» признака «масса зерен на 1 растении», обусловленное частично полиморфизмом полигенов засухоустойчивости, частично полиморфизмом полигенов холодостойкости. Теория утверждает, что для сложного признака, подверженного феномену взаимодействия генотип-среда, невозможно дать стабильную «паспортную» генетическую характеристику для всех сред. Спектр генов «под признаком» будет меняться от среды к среде (от одной экологической точки к другой и водной точке от года к году). Следовательно, если объем понятия «генотип особи», отражающий всю совокупность генов генома, вполне стабилен и не зависит от смены лимитирующих факторов среды, то объем понятия «генотип признака» отражает чрезвычайно лабильные числа и спектры генов от среды к среде.

В рамках данной концепции мы предлагаем рассматривать ширину годовичного кольца как количественный признак, формирование которого в каждый вегетационный сезон будет определяться разными локусами с разным вкладом каждого из них в формирование данного количественного признака. Поэтому ряд радиального прироста возможно рассматривать как запись результатов серии опытов, произведенных природой, помещавшей данный генотип в разные экологические условия. Приняв такую точку зрения, следует считать, что максимально совпадающие ряды радиального прироста отражают идентичные наследственные экологические свойства особей (при условии однородности экотопа). В пределах вида они определяются сходством генотипов, а в пределах более крупных систематических единиц следует предполагать наличие эффектов конвергенции, когда сходные экологические свойства формируются на разной наследственной основе (Драгавцев, 2003; Румянцев, 2010).

Разные виды лесобразующих древесных пород отличаются по своим наследственным экологическим свойствам. Для такой диагностики необхо-

димо использовать показатели биологической продуктивности деревьев в разных эдафотопах, учитывая бонитет насаждения в разных типах леса; данные о границах ареалов произрастания лесообразующих пород с учетом влияния комплекса экологических факторов, результаты визуального наблюдения за состоянием древесных пород в годы экстремальных климатических событий.

Лабораторные исследования наследственных экологических свойств и влияния экстремальных факторов среды могут осуществляться на молодых растениях в фитотронах. К сожалению, полученные результаты, характеризующие физиологию молодых древесных растений, нельзя целиком экстраполировать на взрослые растения. Реакция растения в биогеоценозе на действие определенных экологических факторов может существенным образом отличаться от реакции растения в лабораторных условиях на ту же самую дозу экологического фактора.

Дендрохронологический анализ позволяет объективно и количественно оценивать отличия разных лесообразующих пород по наследственным экологическим свойствам. Ряд радиального прироста представляет собой запись результатов серии экспериментов, которые природа ежегодно ставила над растением. При этом год от года меняются экологические условия произрастания и амплитуда воздействия фактора, помещая один и тот же генотип в серию меняющихся провокационных экологических фонов (Румянцев, 2010).

Исследование связей между климатическими флуктуациями и колебаниями радиального прироста имеет давнюю историю (Румянцев, 2010). Современная отечественная дендрохронология продолжает исследовать влияние климатических факторов на радиальный прирост (Вахнина и др., 2018; Малышева, Быков, 2011; Матвеев, 2003; Пинаевская, 2018; Позднякова и др., 2016; Румянцев, 2004; Соломина и др., 2017; Чендев и др., 2016; Matveev et al., 2017; Solomina et al., 2016). При этом дендроклиматический анализ методом климаграмм широко применяется лишь в работах Н.В. Ловелиуса (Lovelius, 1997). Д.Е. Румянцевым был разработан метод сопряженного анализа хронологий (Румянцев, 2010), являющийся модификацией метода климаграмм Ловелиуса.

Цель исследования – изучить биологические особенности роста деревьев в популяциях осины (тополя дрожащего (*Populus tremula* (L.)) и ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst) методом сопряженного анализа хронологий в Молокчинском ботанико-энтомологическом заказнике (Московская область). Эта тема актуальна еще и потому, что изменчивость радиального прироста рассеяннососудистых пород (и, в частности, осины) до последнего времени оставалась малоизученной из-за трудностей распознавания годичных колец, однако в этой сфере могут быть получены перспективные результаты (Чернышенко и др., 2016; Rummyantsev et al., 2016).

Материал и методы исследования

Площадь заказника составляет 325.1 га, он был создан в 1990 г. для сохранения ненарушенных природных комплексов, их компонентов в естественном

состоянии и поддержания экологического баланса. Охраняемые экосистемы заказника: мелколиственно-еловые и елово-мелколиственные леса с дубом, сероольшаники и березняки; участки пойменных лугов. Отбор кернов древесины производили на двух соседствующих лесных участках, характеризующихся преобладанием в составе древостоев ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst) и осины (тополя дрожащего (*Populus tremula* (L.)) соответственно. Возраст учетных деревьев не менее 70 лет. Обилие в живом напочвенном покрове неморальных элементов позволят отнести исследуемые фитоценозы к группе сложных типов леса (ельник лещиновый, осинник лещиновый).

С каждого учетного дерева осины отбирали по два керна на высоте 1.3 м с помощью возрастного бура по двум взаимно перпендикулярным радиусам, выбранным произвольно. С каждого учетного дерева ели было отобрано по 1 керну по произвольно выбранному радиусу. Керна были взяты из стволов 12 деревьев осины и 12 ели. Керна помещались в бумажные пакеты специальной формы, подписывались и направлялись в лабораторию дендрохронологии МФ МГТУ им. Баумана. Измерения ширины годичных колец велось с помощью прибора Lintab-5 с точностью до 0.01 мм, перекрестная датировка с целью контроля за правильностью измерений велась с помощью программы Tsap-Win (Version 4.81i). Графический и статистический анализ данных проводился нами с помощью табличного процессора Microsoft Excel. Климатическая составляющая в погодичной изменчивости прироста выделялась через расчет индексов прироста, которые рассчитывались, как отношение ширины годичного кольца в данном году к средней ширине годичного кольца за последние 5 лет. Дендроклиматический анализ велся методом климаграмм. В расчетах были использованы многолетние данные (среднемесячные температуры, месячные суммы осадков) метеостанции г. Москва (расположение метеорологической станции в Москве: широта 55.83°, долгота 37.62°, высота над уровнем моря 156 м, полученные на сайте www.pogoda.ru.net).

Результаты исследования и их обсуждение

Ряды динамики индексов прироста для деревьев двух видов из одного древостоя приведены на графике на рис. 1. Выполнив сопряженный анализ хронологий по характеру реакции индекса прироста для двух видов деревьев (Румянцев, 2010), можно выделить группы лет, в которых эта реакция качественным образом отличается:

Группа 1. Для нее характерна асинхронная реакция. Осина снижает прирост, а ель увеличивает прирост, число лет в группе – 14: 1950, 1951, 1955, 1959, 1968, 1974, 1979, 1981, 1993, 1995, 1999, 2000, 2008, 2010.

Группа 2. В этой группе наблюдается тоже асинхронная реакция. Осина увеличивает прирост, а ель снижает прирост, число лет в группе – 10: 1956, 1963, 1980, 1984, 1989, 1996, 2001, 2007, 2013, 2014.

Группа 3. Наблюдается синхронная реакция. Осина увеличивает прирост и ель увеличивает прирост, число лет в группе – 12: 1953, 1957, 1966, 1970, 1971, 1974, 1983, 1997, 2002, 2004, 2012, 2015.

Группа 4. Синхронная реакция. Осина снижает прирост и ель снижает прирост, число лет в группе – 14: 1949, 1954, 1960, 1965, 1967, 1972, 1973, 1978, 1982, 1991, 1998, 2006, 2009, 2011. Для каждой из групп лет были построены климаграммы.

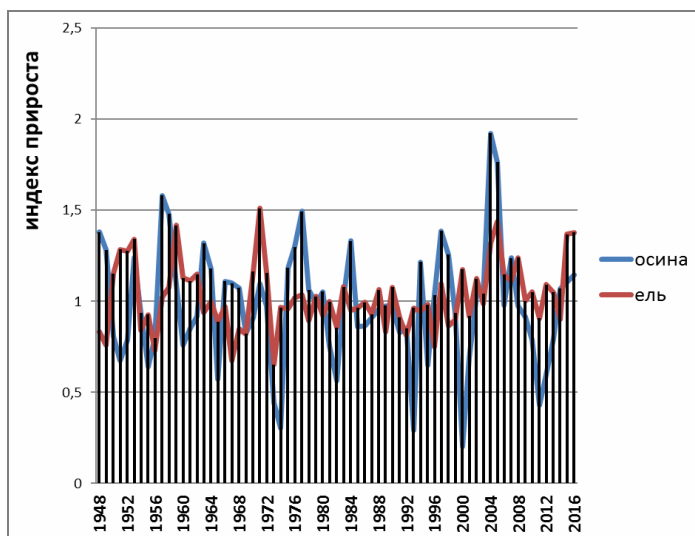


Рисунок 1. Ряды динамики индексов прироста в древостоях осины и ели

Анализ климаграммы среднемесячных температур текущего года (рис. 2) показывает значимость температур февраля и января для разных групп. Далее анализ выполнялся попарно для групп 1 и 2, а также для группы 3 и 4.

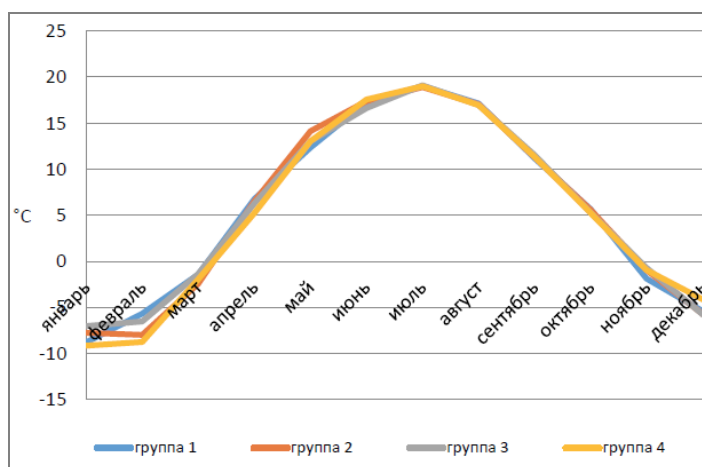


Рисунок 2. Отличие групп лет по средним среднемесячным температурам

Установлено также, что группы 1 и 2 отличаются по температурам февраля и по температурам мая. Общим для всех четырех групп является отличие по температурам февраля. Для группы 2 характерны повышенные значения температур мая по сравнению с группой 1. Экспериментальные данные характе-

ризуют большую жарочувствительность (либо засухочувствительность) ели по сравнению с осиной, проявляющуюся лишь в начале вегетации.

Анализируя отличие групп 3 и 4 по среднемесячным температурам, можно отметить их четкое отличие по температурам февраля и января. Повышенные температуры января и февраля положительно влияют на последующий рост как ели, так и осины, тогда как пониженные температуры (морозы) – отрицательно. Таковы особенности данного эдафотопа.

Для анализа влияния осадков на рост древесных растений были построены климаграммы по месяцам для рассматриваемых групп лет (рис. 3). Рассчитывалось среднее значение суммы осадков в пределах группы лет 1,2,3,4. Все четыре группы отличаются по показателям суммы осадков в разные месяцы. Это говорит о том, что наблюдавшиеся качественные отличия в реакции прироста двух пород в разные годы обусловлены как разной засухоустойчивостью (засухочувствительностью), так и разной устойчивостью к избыточному увлажнению. Характерно, что группа 1 и группа 3 (в обоих случаях ель увеличивает прирост) четко отделены от группы 2 и группы 4 (в обоих случаях ель снижает прирост) по такому показателю как сумма осадков в январе и феврале.

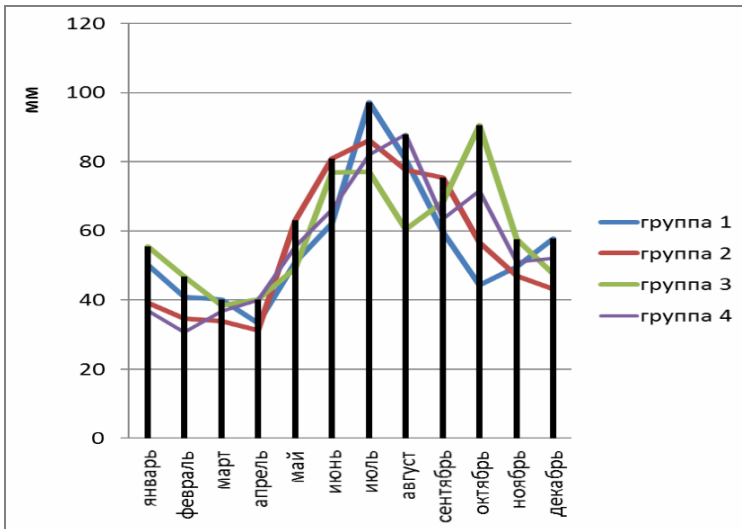


Рисунок 3. Отличие рассматриваемых групп лет по месячным суммам осадков

Обильные январские и февральские снегопады всегда способствуют последующему увеличению радиального прироста ели, тогда как на осину этот фактор может влиять как положительно, так и отрицательно. Рис. 4 показывает, что помимо упомянутого выше отличия по «многоснежности» зимы группы 1 и 2 явно выражено отличаются и по сумме осадков мая и июня.

Характер отличий таков, что на его основании можно заключить, что ель и осина расходятся по своей реакции на увлажнение почвы в начале вегетации: если для прироста осины оно всегда выступает как положительный фактор, то прирост ели в какой-то момент при избытке осадков в этот период начинает падать, видимо, из-за эффектов избыточного увлажнения.

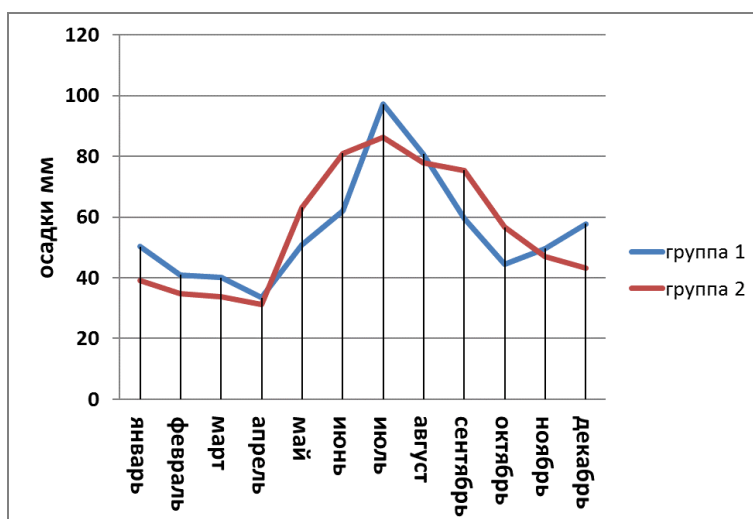


Рисунок 4. Отличие групп 1 и 2 по месячным суммам осадков

Анализ отличий между группами 3 и 4 говорит (рис. 5), что помимо существующего отличия по осадкам февраля и января следует обратить внимание на то, что обильные осадки июня способствуют синхронной положительной реакции прироста ели и осины, тогда как общий их недостаток снижает прирост и той и другой породы.

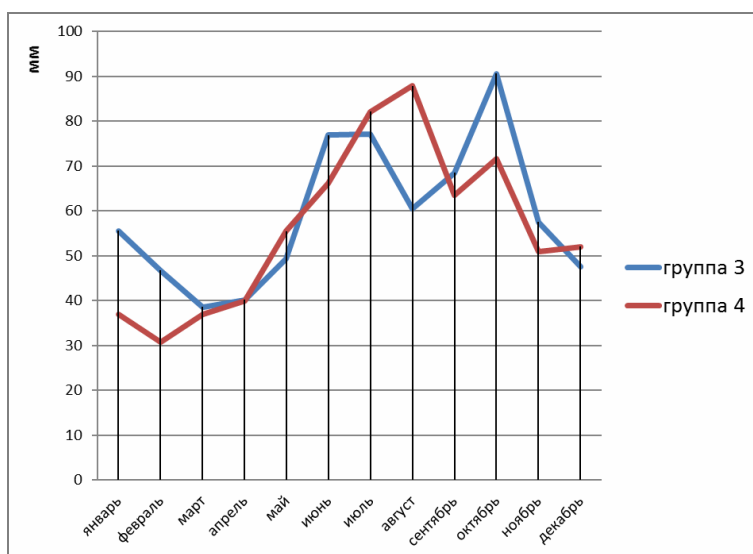


Рисунок 5. Отличие групп 3 и 4 по месячным суммам осадков

Полученные результаты представляют научную ценность не столько сами по себе, сколько в качестве примера апробации новой методики, пригодной для исследования популяционного полиморфизма основных лесобразующих пород. Разумеется, внутривидовые отличия по наследственным экологическим

гическим свойствам неизмеримо ниже, чем отличия по наследственным экологическим свойствам у представителей разных видов. Но для демонстрации принципиальных возможностей методического подхода межвидовой уровень более приемлем.

Важность исследования внутривидового полиморфизма обусловлена тем, что согласно синтетической теории эволюции, популяция является местом протекания элементарных эволюционных процессов. В природных популяциях, где всегда разнородна смесь индивидов и где одновременно идут процессы отбора в разных направлениях и с разным давлением, часто наблюдаются случаи отбора не одного определенного генотипа, а нескольких, отличающихся друг от друга генотипов. Крайне важно, что в каждый конкретный момент времени отбором оценивается не генотип сам по себе, а его внешнее выражение в данных конкретных условиях – фенотип. В связи с этим изучение фенотипов (отдельных дискретных наследственно обусловленных признаков индивида) и закономерностей их распространения в популяции представляется нам более значимым для лесного хозяйства, чем глубокие генетико-молекулярные исследования популяций, оперирующие интегральными биохимическими показателями как таковыми. Исследование природных популяций лесобразующих пород и их полиморфизма по наследственным признакам на наш взгляд представляет фундаментальный интерес для всех сфер лесной науки: лесной селекции и генетики; защиты леса от вредителей и болезней; лесоведения и лесоводства; лесоустройства и контроля за легальностью заготовки древесины. Новые данные в этой сфере может дать дендрохронологический метод.

Заключение

Таким образом, дендрохронологическая информация позволяет изучать биологическое разнообразие адаптивных полигенных систем по устойчивости к действию экстремальных неблагоприятных абиотических факторов. Это свойство четко проявляется на межвидовом уровне (осина-ель), но в дальнейшем может быть исследовано и на внутривидовом уровне для изучения полиморфизма популяций, а также изучения эволюционных причин его существования.

Список литературы

Вахнина И.Л., Обязов В.А., Замана Л.В. 2018. Динамика увлажнения в степной зоне Юго-Восточного Забайкалья с начала XIX столетия по кернам сосны обыкновенной. – Вестник Московского университета, сер. 5: География, № 2, с. 28-33.

Драгавцев В.А. 1995. Эколого-генетическая модель организации количественных признаков растений. – Сельскохозяйственная биология. Серия: биология растений, № 5, с. 20-30.

Драгавцев В.А. 1996. Идентификация адаптивных полигенных систем у отдельных деревьев популяции хвойных пород. – Тезисы докладов международной научно-практической конференции. – Воронеж, с. 7.

Драгавцев В.А. 2000. Некоторые новые фундаментальные подходы в экологической генетике растений. – Сельскохозяйственная биология, № 1, с. 34-36.

Драгавцев В.А. 2003. К проблеме генетического анализа полигенных количественных признаков растений. – СПб., ВИР, 35 с.

Драгавцев В.А., Гончарова Э.А., Удовенко Г.В. 1996. Моделирование различных условий «генотип – среда» для выявления адаптивного потенциала культурных растений. – В кн.: Управление продукционным процессом растений в регулируемых условиях. – СПб., АФИ, с. 30-32.

Мальшева Н.В., Быков Н.И. 2011. Дендрохронологические исследования ленточных боров юга Западной Сибири. – Барнаул, Азбука, 125с.

Матвеев С.М. 2003. Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи. – Воронеж, ВГУ, 272с.

Пальчиков С.Б., Румянцев Д.Е. 2010. Современное оборудование для дендрохронологических исследований. – Вестник Московского Государственного Университета Леса, Лесной вестник, № 3 (72), с. 46-51.

Пинаевская Е.А. 2018. Влияние климатических параметров на формирование радиального прироста сосны на северной границе ареала европейского севера России. – Вестник Красноярского государственного аграрного университета, № 2, с. 208-214.

Позднякова Е.А., Волкова Г.А., Волков А.А., Кухта А.Е. 2016. Развитие методологии оценки откликов сосны обыкновенной севера Европейской территории России на воздействие климатических факторов. – Биоэкономика и экобиополитика, № 1(2), с.145-151.

Роне В.М. 1980. Генетический анализ лесных популяций. – М., Наука, 160 с.

Румянцев Д.Е. 2010. История и методология лесоводственной дендрохронологии. – М., МГУЛ, 137с.

Румянцев Д.Е. 2004. Влияние климатических факторов на рост сосны в Южной Карелии. – Лесоведение, № 5, с. 73-75.

Соломина О.Н., Бушуева И.С., Долгова Е.А., Золотокрылин А.Н., Кузнецова В.В., Лазукова Л.И., Ломакин Н.А., Мацковский В.В., Матвеев С.М., Михайлов А.Ю., Михайленко В.Н., Пожидаева Д.С., Румянцев Д.Е., Сакулина Г.А., Семенов В.А., Хасанов Б.Ф., Черенкова Е.А., Чернокульский А.В. 2017. Засухи Восточно-Европейской равнины по гидрометеорологическим и дендрохронологическим данным. – СПб., Нестор-История, 360 с.

Чендев Ю.Г., Лебедева М.Г., Матвеев С.М., Петин Л.Н., Долгих А.В., Смирнова Л.Г., Соловьев А.Б., Кухарук Н.С., Крымская О.В., Нарожная А.Г.,

Терехин Е.А., Березуцкий В.Д., Голотвин А.Н., Сарапулкин В.А., Сарапулкина Т.В., Федюнин И.В., Польшина М.А., Митрияйкина А.М., Калугина С.В., Полякова Т.А., Белеванцев В.Г., Вагулин И.Ю., Толстопятова О.С., Бобрунова Д.А., Тимашук Д.А., Дудин Д.И., Дудина Е.В., Тарубарова А.Н., Смирнов Г.В., Куарук С.А., Тимошенко А.И., Тимоов И.С. 2016. Почвы и растительность юга Среднерусской возвышенности в условиях меняющегося климата. – Белгород, Константа, 326 с.

Чернышенко О.В., Румянцев Д.Е., Сарапкина Е.В. 2016. Проблемы воспитания и разведения здоровой осины на современном этапе. – Resources and Technology, No. 13, pp. 1-11.

Lovelius N.V. 1997. Dendroindication of natural processes and antropogenic influences. – St. Petersburg, 320 p.

Matveev S.M., Chendev Yu.G., Lupo A.R., Hubbart J.A., Timashchuk D.A. 2017. Climatic changes in the East-European forest-steppe and effects on Scots pine productivity. – Pure and Applied Geophysics, vol. 174, No. 1, pp. 427-443.

Rumyantsev D.E., Chernyshenko O.V., Sarapkina E.V. 2016. Tree ring analysis for aspen breeding: possibilities and perspectives. – European Journal of Natural History, No. 5, pp. 6-8.

Solomina O.N., Bushueva J., Dolgova E., Alexandrin M., Mikhailenko V., Matskovsky V., Jomelii V. 2016. Glacier variations in the Northern Caucasus compared to climatic reconstructions over the past millennium. – Global and Planetary Change, vol. 140, pp. 28-58.

Статья поступила в редакцию: 27.04.2020г.

После переработки: 18.09.2020 г.

METHODOLOGICAL BASES FOR STUDYING THE BIOLOGICAL DIVERSITY OF FOREST-FORMING SPECIES USING DENDROCHRONOLOGICAL METHODS

D.E. Rummyantsev*, A.N. Mislavskij

Mytisci branch of Bauman State Technical University (National Research University),
1, Institutskaya pervaya str., 141005, Moscow region, Mytishchi, Russian Federation;
*corresponding author: *dendro15@list.ru*

Abstract. The biological diversity of European spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and poplar tremor (*Populus tremula* L.) natural populations using dendrochronology methods in the State Nature Regional Reserve «Molokchinsky botanico-entomological reserve (Moscow region)» was studied. The series of radial growth of aspen and spruce were analyzed. The investigated stand age is 70-80 years. The conjugated chronologies analysis of the growth index reactions made it possible to identify 4 groups of years in which this reactions qualitatively differed. Group 1. Aspen reduces growth, and spruce increases growth. Group 2. Aspen increases growth, and spruce reduces growth. Group 3. Aspen increases growth and spruce increases growth. Group 4. Aspen reduces growth and spruce reduces growth. For each group of years climograms were constructed. Qualitative differences in the two wood species growth reaction in different years are recorded. Different drought resistance and resistance to excessive moisture were revealed. Dendrochronological analysis made it possible to reveal differences in the stability of spruce and aspen to the extreme unfavorable abiotic factors impact. Populations polymorphism was studied, and groups of its existence were identified.

Keywords. Dendrochronology, dendroclimatology, European aspen, Norway spruce, Molokcha botany-entomology reserve.

References

Vaxnina I.L., Obyazov V.A., Zamana L.V. 2018. Dinamika uvlazhneniya v stepnoj zone Yugo-Vostochnogo Zabajkal'ya s nachala XIX stoletiya po kernam sosny` oby`knovennoj [Dynamics of humidification in the steppe zone of South-Eastern Transbaikalia since the beginning of the XIX century by cores of common pine]. *Vestnik Moskovskogo universiteta, ser. 5: Geografiya – Moscow University Bulletin, ser. 5: Geography*, no. 2, pp. 28-33.

Dragavcev V.A. 1995. E`kologo-geneticheskaya model` organizacii kolichestvenny`x priznakov rastenij [Ecological and genetic model of the organization of quantitative characteristics of plants]. *Sel`skoxozyajstvennaya biologiya. Seriya: biologiya rastenij – Agricultural biology. Series: plant biology*, no. 5, pp. 20-30.

Dragavcev V.A. 1996. Identifikaciya adaptivny`x poligenny`x sistem u otdel'ny`x derev`ev populyacii xvojny`x porod [Identification of adaptive polygenic systems in individual trees of the coniferous population]. *Tezisy`*

dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii [Abstracts of the international scientific and practical conference]. Voronezh, pp. 7

Dragavcev V.A. 2000. Nekotory'e novy'e fundamental'ny'e podxody` v e'kologicheskoy genetike rastenij [Some new fundamental approaches in ecological plant genetics]. *Sel'skoxozyajstvennaya biologiya – Agricultural biology*, no. 1, pp. 34-36.

Dragavcev V.A. 2003. *K probleme geneticheskogo analiza poligenny`x kolichestvenny`x priznakov rastenij* [On the problem of genetic analysis of polygenic quantitative traits of plants]. St. Petersburg, 35 p.

Dragavcev V.A., Goncharova E`.A., Udovenko G.V. 1996. Modelirovanie razlichny`x uslovij «genotip – sreda» dlya vy'yavleniya adaptivnogo potentsiala kul'turny`x rastenij [Modeling of various "genotype-environment" conditions to identify the adaptive potential of cultivated plants]. *Upravlenie produkcionnom processom rastenij v reguliruemy`x usloviyax* [Control of the production process of plants in controlled conditions]. St. Petersburg, pp. 30-32.

Maly'sheva N.V., By'kov N.I. 2011. *Dendroxronologicheskie issledovaniya lentochny`x borov yuga Zapadnoj Sibiri* [Dendrochronological studies of tapeworms in the South of Western Siberia]. Barnaul, 125 p.

Matveev S.M. 2003. *Dendroindikaciya dinamiki sostoyaniya sosnovy`x nasazhdenij Central'noj lesostepi* [Dendroidal state dynamics of pine plantations in the Central forest-steppe]. Voronezh, 272 p.

Pal'chikov S.B., Rumyancev D.E. 2010. Sovremennoe oborudovanie dlya dendroxronologicheskix issledovanij [Modern equipment for dendrochronological research]. *Vestnik Moskovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Lesa. Lesnoj vestnik – Moscow State Forest University Bulletin. Forest Bulletin*, no. 3 (72), pp. 46-51.

Pinaevskaya E.A. 2018. Vliyanie klimaticheskix parametrov na formirovanie radial'nogo prirosta sosny` na severnoj granice areala evropejskogo severa Rossii [Influence of climatic parameters on the formation of radial growth of pine trees on the Northern border of the range of the European North of Russia]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta - Bulletin of Krasnoyarsk State Agrarian University*, no. 2, pp. 208-214.

Pozdnyakova E.A., Volkova G.A., Volkov A.A., Kuxta A.E. 2016. Razvitie metodologii ocenki otklikov sosny` oby'knovennoj severa Evropejskoj territorii Rossii na vozdejstvie klimaticheskix faktorov [Development of methodology for assessing responses of common pine in the North of the European territory of Russia to the impact of climate factors]. *Bioe'konomika i e'kobiopolitika – Bioeconomics and Ecobiopolitics*, no. 1 (2), pp.145-151.

Rone V.M. 1980. *Geneticheskij analiz lesny`x populyacij* [Genetic analysis of forest populations]. Moscow, 160 p.

Rumyancev D.E. 2010. *Istoriya i metodologiya lesovodstvennoj dendroxronologii* [History and methodology of forest dendrochronology]. Moscow, 137 p.

Rumyancev D.E. 2004. Vliyanie klimaticheskix faktorov na rost sosny` v Yuzhnoj Karelii [The influence of climatic factors on the growth of pine in southern Karelia]. *Lesovedenie – Forestry*, no. 5, pp. 73-75.

Solomina O.N., Bushueva I.S., Dolgova E.A., Zolotokry`lin A.N., Kuzneczova V.V., Lazukova L.I., Lomakin N.A., Maczkovskij V.V., Matveev S.M., Mixajlov A.Yu., Mixajlenko V.N., Pozhidaeva D.S., Rumyancev D.E., Sakulina G.A., Semenov V.A., Xasanov B.F., Cherenkova E.A., Chernokul`skij A.V. 2017. *Zasuxi Vostochno-Evropejskoj ravniny` po gidrometeorologicheskim i dendroxronologicheskim dannym* [Droughts of the Eastern European plain according to hydrometeorological and dendrochronological data]. St. Petersburg, 360 p.

Chendev Yu.G., Lebedeva M.G., Matveev S.M., Petin L.N., Dolgix A.V., Smirnova L.G., Solov`ev A.B., Kuxaruk N.S., Kry`mskaya O.V., Narozhnaya A.G., Terexin E.A., Berezuczkij V.D., Golotvin A.N., Sarapulkin V.A., Sarapulkina T.V., Fedyunin I.V., Pol`shina M.A., Mitriyajkina A.M., Kalugina S.V., Polyakova T.A., Belevancev V.G., Vagulin I.Yu., Tolstopyatova O.S., Bobrunova D.A., Timashuk D.A., Dudin D.I., Dudina E.V., Tarubarova A.N., Smirnov G.V., Kuaruk S.A., Timoshenko A.I., Timoov I.S. 2016. *Pochvy` i rastitel`nost` yuga Srednerusskoj vozvy`shennosti v usloviyax menyayushhegosya klimata* [Soils and vegetation of the South of the Central Russian upland in a changing climate]. Belgorod, 326 p.

Cherny`shenko O.V., Rumyancev D.E., Sarapkina E.V. 2016. Problemy` vospitaniya i razvedeniya zdorovoj osiny` na sovremennom e`tape [Problems of education and breeding of healthy aspen at the present stage]. *Resources and Technology*, no. 13, pp. 1-11.

Lovelius N.V. 1997. Dendroindication of natural processes and antropogenic influences. – St. Petersburg, 320 p.

Matveev S.M., Chendev Yu.G., Lupo A.R., Hubbart J.A., Timashchuk D.A. 2017. Climatic changes in the East-European forest-steppe and effects on Scots pine productivity. – *Pure and Applied Geophysics*, vol. 174, No. 1, pp. 427-443.

Rumyantsev D.E., Chernyshenko O.V., Sarapkina E.V. 2016. Tree ring analysis for aspen breeding: possibilities and perspectives. – *European Journal of Natural History*, No. 5, pp. 6-8.

Solomina O.N., Bushueva J., Dolgova E., Alexandrin M., Mikhaleiko V., Matskovsky V., Jomelii V. 2016. Glacier variations in the Northern Caucasus compared to climatic reconstructions over the past millennium. – *Global and Planetary Change*, vol. 140, pp. 28-58.