

СОДЕРЖАНИЕ

Андреев Д.Н. <i>Биоиндикация состояния окружающей среды по относительным показателям флуоресценции хлорофилла</i>	6
Браславская Т.Ю. <i>Рост хвойных и лиственных деревьев в связи с их фитоценоотическим положением в разновозрастных сложных пойменных лесах (республика Марий Эл)</i>	10
Вахнина И.Л., Макаров В.П. <i>Морфобиологическая характеристика генеративных органов сосны в природно-техногенных условиях (восточное Забайкалье)</i>	20
Вернодубенко В.С. <i>Результаты исследования древесно-кольцевых хронологий сосняков, произрастающих на торфяных почвах</i>	26
Гиряев М.Д., Заварзин В.В., Аксенова К.С. <i>Новые аспекты применения выборочного способа таксации леса</i>	31
Голубчиков С.Н. <i>Леса водоохранных зон Московского региона в условиях субурбанизации</i>	37
Дунаева Е.Н., Дунаев А.В., Калугина С.В. <i>Исследование патосистемы «дуб черешчатый – серно-желтый трутовик» в порослевых дубравах Белгородской области</i>	45
Жаворонков Ю.М. <i>Судебная дендрохронология на службе криминалистики XXI века</i>	53
Жуков Р.С. <i>Влияние природных экологических факторов на прирост дуба черешчатого (<i>Quercus robur</i> L.) В условиях природного заказника «долина реки Сетунь»</i>	58
Залывская О.С. <i>Успешность перезимовки дендроинтродуцентов в условиях Архангельской области</i>	66
Катютин П.Н., Горшков В.В., Ставрова Н.И. <i>Радиальный прирост ели сибирской на разных этапах послепожарных сукцессий</i>	72
Комарова Т.А., Ащепкова Л.Я., Терехина Н.В. <i>Моделирование послепожарной динамики численности деревьев разных пород с помощью программного пакета «Stella»</i>	79
Кухта А.Е., Румянцев Д.Е., Пучинская Д.В. <i>Влияние климатических факторов на радиальный и линейный прирост сосны обыкновенной в условиях заповедника «Кивач»</i>	88
Кухта В.Б. <i>Метод моделирования распространения низового пожара в лесных насаждениях с использованием агентного подхода</i>	92
Ловелиус Н.В., Лежнева С.В., Пальчиков С.Б., Черакшев А.В. <i>Создание эталонных серий прироста годичных колец хвойных деревьев в Вологодской области</i>	98
Матвеев С.М. <i>Цикличность в динамике радиального прироста естественных и искусственных сосновых древостоев в борах центральной лесостепи</i>	110

Пальчиков С.Б., Баранов А.Ф. <i>Вопросы необходимости ведения мониторинга состояния насаждений с использованием современных методов дендрохронологических исследований</i>	116
Пальчиков С.Б., Уткина Е.С. <i>Методы диагностики фауности осиновых насаждений</i>	122
Ретеюм А.Ю. <i>Дендрохронология больших циклов солнечной системы</i>	125
Романовский М.Г. <i>Политения камбиальных инициалей</i>	134
Румянцев Д.Е., Епишков А.А. <i>Особенности перекрестной датировки индивидуальных древесно-кольцевых хронологий у видов интродуцентов (на примере ели восточной и ели ширенка в условиях г. Москва)</i>	138
Рунова Е.М., Аношкина Л.В., Гаврилин И.И. <i>Некоторые особенности использования дендрохронологической оценки прироста <i>Pinus sylvestris</i> L. При проведении биоиндикационных исследований в урбанизированной среде северных территорий</i>	146
Рысин Л.П., Рысин С.Л. <i>Инвентаризация типов лесных биогеоценозов как начальный этап сохранения их разнообразия на экосистемном уровне</i>	151
Сидоренков В.М., Лямцев Н.И., Матафонов Е.П., Сидоренкова Е.М. <i>Зонирование Курской области по условиям произрастания дуба черешчатого с использованием геоинформационных методов анализа</i>	158
Синькевич С.М. <i>Дендрохронология в судебной экспертизе: ограничения и перспективы</i>	166
Фирсов Г.А., Терехина Н.В. <i>История и современное состояние дендрария в г. Пушкине (Санкт-Петербург)</i>	171
Тишин Д.В., Чижикова Н.А., Чугунов Р.Г. <i>Радиальный прирост сосны (<i>Pinus sylvestris</i> L.) Верховых болот как индикатор локальных изменений климата</i>	177
Токарь О.Е., Экснер Е.А. <i>Особенности сложения флоры памятника природы «Синицинский бор»</i>	183
Уткина Е.С. <i>Индикация состояния осиновых насаждений рекреационного назначения дендрохронологическими методами</i>	193
Чахов Д.К., Докторов И.А., Лавров М.Ф. <i>Определение качественных показателей древесины методом сверления</i>	196
Чернышенко О.В., Румянцев Д.Е., Сарапкина Е.В. <i>Методы повышения устойчивости и жизнестойкости городских древесных растений</i>	202

CONTENTS

Andreev D.N. <i>Biindication of environmental conditions according to relative indicators of chlorophyll fluorescence</i>	6
Braslavskaya T.Yu. <i>Growth of coniferous and deciduous trees due to their phytocenotic position in the multi-storeyed uneven-aged floodplain forests (Mari El republic)</i>	10
Vakhnina I.L., Makarov V.P. <i>Morphobiological characteristics of pine generative organs in the natural and anthropogenic conditions (eastern Zabaikalsk)</i>	20
Vernodubenko V.S. <i>Results of tree-ring chronologies research of pine forests growing on peat soils</i>	26
Giryayev M.D., Zavarzin V.V., Aksenova K.S. <i>New aspects of sampling method of forest estimation</i>	31
Golubchikov S.N. <i>Forest designated water areas in Moscow region within suburbanization conditions</i>	37
Dunaeva E.N., Dunaev A.V., Kalugina S.V. <i>Study of pathosystem «english oak – polyporus sulphureus» in coppice oak forests of Belgorod region</i>	45
Zhavoronkov Yu.M. <i>Judicial dendrochronology in the service of forensic science of the XXI century</i>	53
Zhukov R.S. <i>Ecological factors and their influence at the increment of pendiculate oak (Quercus robur L.) In the protected area «river Syetun valley»</i>	58
Zalivskaya O.S. <i>Success of dendrointroducent overwintering in the conditions of Arkhangelsk region</i>	66
Katjutin P.N., Gorshkov V.V., Stavrova N.I. <i>Siberian spruce radial increment at different stages of postfire successions</i>	72
Komarova T.A., Aschepkova L.Ya., Terekhina N.V. <i>Post-fire abundance dynamics of trees of different series modelling with Stella software package</i>	79
Kuhta A.E., Rumyantsev D.E., Puchinskaya D.V. <i>Influence of climatic factors on the radial and linear growth of scotch pine in conditions of Kivach reserve</i>	88
Kukhta V.B. <i>Modelling method of ground fire spread in forest stands with implementation of agent based approach</i>	92
Loveliuss N.V., Lezhneva S.V., Palchikov S.B., Cherakshev A.V. <i>Creation of standard series of annual rings growth of coniferous trees in Vologda region</i>	98
Matveev S.M. <i>Cyclicity in radial growth dynamics of natural and artificial scotch pine stands in pine woods of the central forest-steppe</i>	110

Palchikov S.B., Baranov A.F. <i>Questions of the necessity of monitoring the condition of the plants using dendrochronological research modern methods</i>	116
Palchikov S.B., Ytkina E.S. <i>Indication of aspen forest stands condition by dendrochronological methods</i>	122
Retejum A.Ju. , <i>Dendrochronology of solar system major cycles</i>	125
Romanowsky M.G. <i>Cambial initials polyteny</i>	134
Rumyantsev D.E., Epishkov A.A. <i>Specialty of cross dating individual chronologies for introduced species (on example by in Moscow city)</i>	138
Runova E.M., Anoshkina L.V., Gavrilin I.I. <i>Some peculiarities of application of dendrochronological estimation of Pinus sylvestris L. At conducting bioindicative researches in urban environment of northern territories</i>	146
Rysin L.P., Rysin, S.L. <i>Inventory types forest ecosystems as an initial stage to preserve their diversity at the ecosystem level</i>	151
Sidorenkov V.M., Lyamtsev N.I., Matafonov E.P., Sidorenkova E.M. <i>Zoning of the Kursk region pedunculate oak under the terms of the growth of oak using GIS analysis techniques</i>	158
Sinkevich S.M. <i>Dendrochronology in forensic examination: restrictions and prospects</i>	166
Firsov G.A., Terekhina N.V. <i>History and modern state of arboretum in the town of Pushkin (Saint-Petersburg)</i>	171
Tishin D.V., Chizhikova N.A., Chugunov R.G. <i>High-moor bog pine (Pinus sylvestris L.) Radial growth as an indicator of local climate changes</i>	177
Tokar O.E., Exner E.A. <i>Natural monument Sinitsinsky bor flora composition peculiarities</i>	183
Ytkina E.S. <i>Indication of aspen forest stands condition of recreational purpose by dendrochronological methods</i>	193
Chakhov D.K., Doktorov I.A., Lavrov M.F. <i>Wood quality indicator determination by drilling method</i>	196
Chernyshenko O.V., Rumyantsev D.E., Sarapkina E.V. <i>Methods of increasing the stability and viability of urban trees</i>	202

БИОИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ПО ОТНОСИТЕЛЬНЫМ ПОКАЗАТЕЛЯМ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ХЛОРОФИЛЛА

Д.Н. АНДРЕЕВ, зав. лабораторией экологии и охраны природы Пермский ГНИУ, канд. геогр. наук

andreev@psu.ru

Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Выполнена биоиндикация состояния природной среды на двух особо охраняемых природных территориях. Исследовались экосистемы сосновых лесов в городе Перми и на фоновой территории. Исследования проводились согласно «Методике регистрации замедленной флуоресценции хлорофилла при биоиндикации загрязнения воздушной среды на хвойных». На двух площадках измерялась суточная динамика изменения замедленной флуоресценции на исследуемых территориях в зависимости от температуры и влажности воздуха. В результате составлены графики дневного изменения параметров фотосинтеза ассимиляционных органов сосны обыкновенной на территориях с разным уровнем антропогенного воздействия. Полученные фоновые данные стали основой для подробного исследования функционального состояния сосновых экосистем на особо охраняемой природной территории «Черняевский лес», расположенной практически в центре города Перми. По результатам исследования сделан вывод, что значение замедленной флуоресценции в условиях существенной антропогенной нагрузки ниже на 25% и более относительно фона. Такое отклонение показателя свидетельствует об антропогенном воздействии даже на ранней стадии деградации экосистем. Дополнительно проведено геохимическое исследование. По его результатам выявлены различия показателя качества почв и хвои модельных территорий. В почвах легкого механического состава Черняевского леса выявлено превышение содержания ряда микроэлементов. По результатам биоиндикации для исследуемых территорий составлены программы экологического мониторинга. Помимо этого, предложены природоохранные мероприятия, которые позволят оптимизировать состояние охраняемых территорий.

Ключевые слова: природная среда, загрязнение, флуоресценция хлорофилла, сосна обыкновенная, биоиндикация

Деградация лесных экосистем под влиянием различного рода антропогенных факторов является актуальной проблемой, которая особенно обостряется на урбанизированных территориях, где природная среда испытывает комплексное повышенное воздействие [1]. Наиболее значительные факторы современной антропогенной трансформации лесных экосистем в городах – загрязнение атмосферы от автотранспорта и промышленных предприятий, сведение лесов для строительства, лесные пожары, нарушение гидрологического режима, рекреация и др.

Результатом значительной и всевозрастающей антропогенной нагрузки на леса становится утрата их способности выполнять разнообразные полезные функции, среди которых выделяются климаторегулирующие, водоохраные, почво-, пыле-, газо- и шумозащитные, ресурсоохраные, эстетические и лечебно-оздоровительные.

В настоящее время считается общепринятым, что основным индикатором устойчивого развития в конечном итоге является качество среды обитания. Показатели качества природной среды определяются широким набором экологических индикаторов, основную часть которых составляют биологические [2, 3].

Биоиндикация – обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания. Биологические индикаторы обладают признаками, свойственными системе или процессу, на основании которых производится качественная или количественная оценка тенденций изменений, определение или оценочная классификация состояния экологических систем, процессов и явлений [4].

На сегодняшний день существует множество методов индикации антропогенной трансформации природной среды, однако большинство из них не могут выявить нарушения в экосистеме на ранней стадии изменения ее экологического состояния [5]. Особенно важна информация о влиянии концентраций химических элементов в экосистеме на биологические объекты.

Широкое распространение в экологических исследованиях получили методы измерения параметров фотосинтетического аппарата растений. Один из таких методов – регистрация у растительных объектов (хлоропласты, водоросли, хвоя и листья растений, лишайники) различных параметров флуоресценции хлорофилла [5–7].

В данной работе предложен метод регистрации относительного показателя замедленной флуоресценции (ОПЗФ). Явление замедленной флуоресценции состоит в том, что после светового возбуждения в фотосинтезирующих клетках наблюдается слабое, длительно затухающее свечение, испускаемое хлорофиллом [6]. Это свечение возникает уже после прекращения быстрой флуоресценции за счет энергии, выделяемой в ходе темновых реакций первичных фотопродуктов фотосинтеза в реакционных центрах [5].

Среди лесобразующих видов одним из широко распространенных индикаторов является сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) [8]. Сосна обыкновенная отличается высокой чувствительностью к повышенным концентрациям токсических веществ в окружающей среде.

Исследования проводились на особо охраняемых природных территориях (ООПТ) «Черняевский лес» и «Осинская лесная дача». Охраняемый природный ландшафт местного значения «Черняевский лес» (площадь – 685,97 га) представляет собой лесной массив, который находится практически в центре Перми, в окружении жилых районов. В качестве фоновой территории принят охраняемый ландшафт регионального значения «Осинская лесная дача» (площадь – 12168 га), расположенный почти в 100 км к юго-западу от Перми.

Физиологическое состояние растительности оценивалось по флуоресценции

хлорофилла хвои сосны обыкновенной, согласно «Методике регистрации замедленной флуоресценции хлорофилла при биоиндикации загрязнения воздушной среды на хвойных» [9].

В работе использован метод регистрации относительного показателя замедленной флуоресценции (ОПЗФ) с помощью флуориметра «Фотон-10». Принцип регистрации показателя заключается в том, что измерение свечения каждого образца проводится для двух заранее установленных световых и временных режимов, условно обозначенных как «режим высокого света» и «режим низкого света» [5].

На ООПТ предварительно выделялись сосновые типы леса зеленомошной группы для проведения индикационных исследований, которые уточнялись в полевых условиях. На обеих территориях заложено по 30 пробных площадок. Всего отобрано 600 проб хвои сосны для измерения замедленной флуоресценции хлорофилла.

На флуоресценцию хлорофилла напрямую влияют абиотические факторы внешней среды, поэтому в рамках работы составлены графики среднего суточного изменения ОПЗФ на исследуемых территориях в зависимости от температуры и влажности воздуха (рисунок).

В период дневной фотосинтетической депрессии в жаркую и сухую погоду ОПЗФ снижается до 2 на модельном участке в Черняевском лесу и до 4 – в Осинской лесной даче.

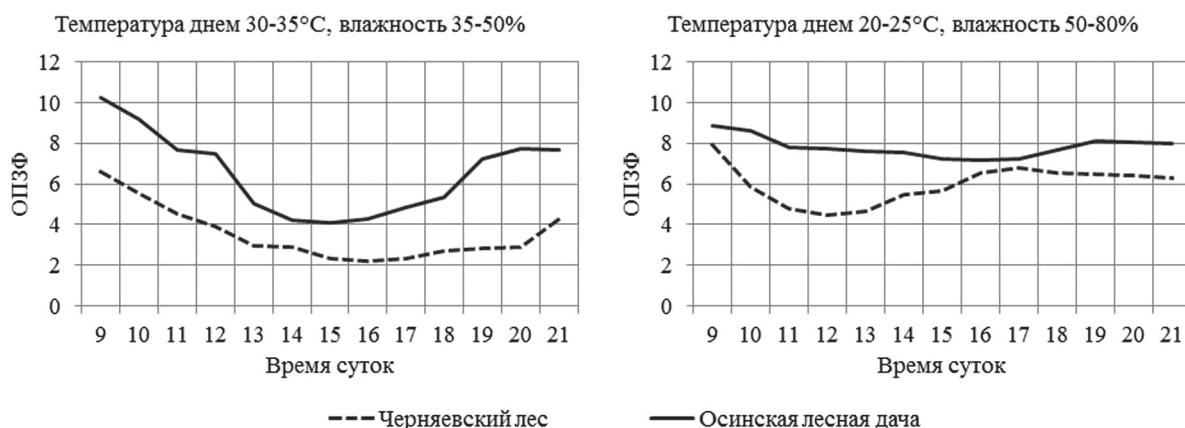


Рисунок. Дневное изменение относительного показателя флуоресценции хлорофилла при разных погодных условиях

Fig. Full-time change in the relative index of chlorophyll fluorescence under different weather conditions

Значения относительного показателя флуоресценции хлорофилла, доли фона
The values of the relative index of chlorophyll fluorescence, share background

Черняевский лес						Осинская лесная дача					
№ ПП	ОПЗФ	№ ПП	ОПЗФ	№ ПП	ОПЗФ	№ ПП	ОПЗФ	№ ПП	ОПЗФ	№ ПП	ОПЗФ
1	0,90	11	1,03	21	0,77	1	1,19	11	1,15	21	0,85
2	0,94	12	1,02	22	0,98	2	1,35	12	1,12	22	0,83
3	0,60	13	0,63	23	0,76	3	1,25	13	0,93	23	0,54
4	0,65	14	0,74	24	0,92	4	1,30	14	0,89	24	1,00
5	0,59	15	0,52	25	0,89	5	0,98	15	0,98	25	0,89
6	0,44	16	0,76	26	0,82	6	1,20	16	0,97	26	0,72
7	0,57	17	0,79	27	0,84	7	0,97	17	0,48	27	0,87
8	0,57	18	0,66	28	0,89	8	1,02	18	0,49	28	0,80
9	0,64	19	0,75	29	0,64	9	0,91	19	0,63	29	0,86
10	0,92	20	0,70	30	0,61	10	0,82	20	0,69	30	0,78
Среднее ОПЗФ				0,75 ± 0,3		Среднее ОПЗФ				0,92 ± 0,4	

В утреннее и вечернее время наблюдаются наибольшие отличия. При низких температурах и высокой влажности значительные отличия наблюдаются в период с 10 часов утра до 15 часов дня.

Дневное изменение флуоресценции хлорофилла на модельном участке в Осинской лесной даче принято за фон при оценке фотосинтетической активности ассимиляционных органов сосны обыкновенной на пробных площадках обеих ООПТ (таблица).

В среднем по площадкам Осинской лесной дачи значение ОПЗФ меньше на 8 % (± 4 %) от фона. В среднем по площадкам Черняевского леса значение ОПЗФ меньше на 25 % (± 3 %) от фона.

Значение ОПЗФ в условиях существенной антропогенной нагрузки ниже на 25 % и более относительно фона. Такое отклонение показателя свидетельствует об антропогенном воздействии даже на ранней стадии деградации экосистем.

В рамках работы дополнительно проведено геохимическое исследование [10]. По его результатам выявлены различия показателя качества почв и хвои Черняевского леса и Осинской лесной дачи. В почвах легкого механического состава Черняевского леса выявлено превышение содержания ряда микроэлементов. Наибольшие отличия обнаружены по Pb, Ag, Zr, Ba, Sn, Sc, Ti, Cr, Zn. В хвое сосны обыкновенной в Черняевском лесу относительно фоновой территории выявлено

значительное накопление Ti, V, Cr, Cu, Ni, Co, Zr, Ga.

Выводы

Согласно проведенным исследованиям при повышении антропогенной нагрузки экосистемы сосновых лесов деградируют. С помощью использованных методик и оборудования появилась возможность регистрировать изменения на ранней стадии воздействия. Эти изменения обусловлены снижением относительных показателей флуоресценции хлорофилла ассимиляционных органов сосны обыкновенной. Нарушения происходят из-за накопления ряда микроэлементов в почве и хвое. Проведенные измерения суточной динамики позволили оценить начальную стадию деградации на пробных площадках ООПТ «Черняевский лес» и «Осинская лесная дача».

На обратной стадии деградации экосистем еще не проявляются внешние морфологические изменения растительности, поэтому измерение физиологических параметров – наиболее перспективный из методов индикации экологического состояния природной среды.

Такие исследования необходимы для разработки и реализации конкретных природоохранных мероприятий, которые позволят оптимизировать состояние экосистем и уменьшить воздействие на них антропогенных факторов.

Библиографический список

1. Бузмаков, С.А. Антропогенная трансформация природной среды / С.А. Бузмаков // Географический вестник. Пермь, 2012. – №4 (32). – С. 46–50.
2. Бузмаков, С.А. Методические указания: «Экологическая оценка состояния особо охраняемых природных территорий регионального значения» / С.А. Бузмаков, С.А. Овеснов, А.И. Шепель, А.А. Зайцев // Географический вестник, 2011. – Вып.2. – С. 49–59.
3. Гатина, Е.Л. Антропогенная трансформация ботанического разнообразия на территории Пермского края / Е.Л. Гатина // Проблемы региональной экологии, 2009. – № 5. – С. 160–165.
4. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Сарапульцевой. – 3-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 288 с.
5. Григорьев, Ю.С. К вопросу о методике регистрации замедленной флуоресценции хлорофилла при биоиндикации загрязнения воздушной среды на хвойных / Ю.С. Григорьев, Д.Н. Андреев // Естественные науки, 2012. – № 2 (39). – С. 36–39.
6. Шуберт, Р. Возможности применения растительных индикаторов в биолого-технической системе контроля окружающей природной среды / Р. Шуберт // Проблемы фонового мониторинга состояния природной среды: сб.ст. – Л.: ГМИ, 1982. – Вып. 1. – С. 104–111.
7. Андреев, Д.Н. Биоиндикация загрязнения воздушной среды по замедленной флуоресценции хлорофилла сосны обыкновенной / Д.Н. Андреев // Естественные науки, 2013. – № 4 (45). – С. 48–51.
8. Григорьев, Ю.С. Флуоресценция хлорофилла в биоиндикации загрязнения воздушной среды / Ю.С. Григорьев // Вестник Международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ). – 2005. – Т. 10. – №4. – С. 77–91.
9. Рубин, А.Б. Биофизические методы в экологическом мониторинге / А.Б. Рубин // Соросовский образовательный журнал. – 2000. – №4. – С. 7–13.
10. Андреев, Д.Н. Экогеохимическая индикация антропогенной трансформации основных экосистем / Д.Н. Андреев // Russian journal of Earth Sciences. – № 10(10). – 2012. – С. 44–45.

BIOINDICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS ACCORDING TO RELATIVE INDICATORS OF CHLOROPHYLL FLUORESCENCE

Andreev D.N., Head of the laboratory of ecology and nature protection, Perm State National Research University

andreev@psu.ru

Perm State National Research University, 614990, Perm, Bukireva str., 15

Development of a new sampling measuring method of forest estimation is associated with necessity to replace outdated materials of forestry management and getting the real picture of the quantitative and qualitative state of forest resources in the specific objects with minimum material and money costs. The article describes the development of effective and inexpensive method based on the use of earth remote sensing and selection method of forest estimation allowing to determine the qualitative and quantitative characteristics of the plants, to design measures for protection and reproduction of forests and prepare various thematic maps of timber lands. On the first stages of development and implementation of the proposed method, the accuracy of the volume determination, as the basic valuation measure, can be focused on the accuracy of recommended forest management instruction for the second category of forest resource management works, with certain correcting of the forest resource specificity in the site. The following accuracy of volume determination is recommended from 10 % in coniferous strata up to 30 % in aspen young growths. An extremely important issue that is to be solved when applying the statistical sampling methods of forest inventory operations is the determination of the sampling volume (number of sampling units). When determining the number of units it is necessary to take into account the fact that the allocated homogeneous forest area (stratum) will consist of different, often discrepant parts. Cost certification for performance of work according to the proposed method of forest estimation shows the possibility of its application with high economic efficiency. Thus, when the area of the object is 1 million hectare, the necessity to include sampling units in the range of 550-600 pieces, the cost of work in terms of 1 hectare will be about 30-35 rub/ha.

Key words: remote sensing, plotless survey, strata, volume

References

1. Buzmakov S.A. *Antropogennaya transformatsiya prirodnoy sredy* [Anthropogenic transformation of the natural environment] *Geograficheskiy vestnik*. Perm', 2012. № 4 (32). pp. 46-50.
2. Buzmakov S.A., Ovesnov S.A., Shepel' A.I., Zaytsev A.A. *Metodicheskie ukazaniya: «Ekologicheskaya otsenka sostoyaniya osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriy regional'nogo znacheniya»* [Guidelines: "Environmental assessment of the protected areas of regional significance"] *Geograficheskiy vestnik*. Perm', 2011. V. 2. pp. 49-59.
3. Gatina E.L. *Antropogennaya transformatsiya botanicheskogo raznoobraziya na territorii Permskogo kraya* [Anthropogenic transformation of botanical diversity in the Perm region] *Problemy regional'noy ekologii* №5, 2009. pp.160-165.
4. *Biologicheskiy kontrol' okruzhayushchey sredy: bioindikatsiya i biotestirovanie: ucheb. posobie dlya stud. vyssh. ucheb. zavedeniy. 3-e izd.* [Biological control of the environment: Bioindication and bioassay: studies. allowance for stud. Higher. Textbook. institutions]. Moscow. Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2010. 288 p.

5. Grigor'ev Yu.S., Andreev D.N. *K voprosu o metodike registratsii zamedlennoy fluorestsentsii khlorofilla pri bioindikatsii zagryazneniya vozduшной srede na khvoynnykh* [On the question of the method of registration of the delayed chlorophyll fluorescence at biological indication of air pollution on conifers] *Estestvennye nauki*. № 2 (39), 2012. pp. 36-39.
6. Shubert R. *Vozmozhnosti primeneniya rastitel'nykh indikatorov v biologo-tekhnicheskoy sisteme kontrolya okruzhayushchey prirodnoy srede* [Possible applications of plant bio-indicators in the technical system monitoring the environment] *Problemy fonovogo monitoringa sostoyaniya prirodnoy srede*.: sb.st. L.: GMI, 1982. V. 1. pp. 104-111.
7. Andreev D.N. *Bioindikatsiya zagryazneniya vozduшной srede po zamedlennoy fluorestsentsii khlorofilla sosny obyknovенnoy* [Bioindication air pollution by delayed chlorophyll fluorescence of Scots pine] *Estestvennye nauki*. № 4 (45), 2013. pp. 48-51.
8. Grigor'ev Yu.S. *Fluorestsentsiya khlorofilla v bioindikatsii zagryazneniya vozduшной srede* [Chlorophyll fluorescence in biological indication of air pollution] *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii nauk ekologii i bezopasnosti zhiznedeyatel'nosti (MANEB)*. 2005. T. 10, №4. pp. 77-91.
9. Rubin A. B. *Biofizicheskie metody v ekologicheskom monitoringe* [Biophysical methods in environmental monitoring] *Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal*. 2000. №4. pp. 7-13.
10. Andreev D.N. *Ekogeokhimicheskaya indikatsiya antropogенnoy transformatsii sosnovykh ekosistem* [Ecogeochemical indication of anthropogenic transformation of pine ecosystems] *«Russian journal of Earth Sciences»*. № 10 (10), 2012. pp. 44-45.

РОСТ ХВОЙНЫХ И ЛИСТВЕННЫХ ДЕРЕВЬЕВ В СВЯЗИ С ИХ ФИТОЦЕНОТИЧЕСКИМ ПОЛОЖЕНИЕМ В РАЗНОВОЗРАСТНЫХ СЛОЖНЫХ ПОЙМЕННЫХ ЛЕСАХ (РЕСПУБЛИКА МАРИЙ ЭЛ)

Т.Ю. БРАСЛАВСКАЯ, *вед. науч. сотр. лаборатории структурно-функциональной организации и устойчивости лесных экосистем Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (ЦЭПЛ РАН)*, канд. биол. наук

t.braslavskaya@gmail.com

Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (ЦЭПЛ РАН)
117899 г. Москва, Профсоюзная ул., д. 84/32, стр. 14.

*В исследовании использовались методы оценки жизнеспособности и перспектив дерева в сообществе, основанные на дендрохронологической информации. Затем сравнивались между собой данные фитоценотического положения деревьев по их размерам и ростовым характеристикам. Основной из задач было выяснить и сопоставить тенденции изменений радиального прироста у деревьев, растущих в составе разных ярусов древостоя. Для характеристики состава и структуры древостоя были заложены временные пробные площади. При перерыве измеряли диаметры стволов и радиусы крон в 4-х направлениях, регистрировали жизненную форму, сведения о наклоне или искривлении ствола, усыхании или других повреждениях кроны, о наличии затенения сверху и с боков кроны. Для дендрохронологических исследований выбирались модельные деревья липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), ели финской (*Picea x fennica* (Regel) Kot.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), поскольку в исследуемых сообществах у этих видов наиболее четко выражены границы колец в структуре древесины. В каждом ярусе отбирались наиболее высокие деревья в данном сообществе и типичные по высоте у каждого вида в представленном сообществе. У исследуемых деревьев были измерены общая высота и высота расположения нижней границы живой кроны, проведена визуальная оценка количества органов плодоношения и их локализации в кроне, а также отобраны керны у основания ствола. На основе анализа дендрохронологических данных о радиальном росте ели, пихты и липы в составе пойменных лесов с выраженной оконной мозаикой пологая, сделано заключение, что их возобновление в таких сообществах имеет больше перспектив для выживания, чем в лесах с сомкнутым пологом.*

Ключевые слова: пойменные леса, динамика и мозаика полога, радиальный рост ели

Хвойно-широколиственные леса и широколиственные леса – характерные лесные формации в речных поймах южно-таежной подзоны Европейской России [1], хотя к настоящему времени, в результате интенсивного хозяйственного освоения, они замещены в большинстве пойм сельскохозяйственными угодьями или вторичными мелколиственными лесами. В крупных лесных массивах, сохранившихся в Республике Марий Эл, эти сообщества занимают значительные площади в поймах нескольких средних рек (левых

притоков Волги). Специальные меры для охраны и изучения южно-таежных хвойно-широколиственных пойменных лесов приняты в государственном природном заповеднике «Большая Кокшага», включающем облесенную пойму в среднем течении одноименной реки. Наш интерес к лесам в пойме р. Большой Кокшаги обусловлен тем, что им свойственна сложная вертикальная, горизонтальная и возрастная структура древостоя [2, 3]. Согласно теоретическим представлениям [4], разновозрастный состав ценопопуляций де-

Характеристика исследованных сообществ
Characteristics of the studied communities

Тип леса	Размер пробной площади, га	Ярус древостоя	Сомкнутость полога	Общее число деревьев, шт./га	Формула состава по числу стволов/ выявленный максимальный возраст деревьев	Диапазон высот деревьев, м
Ельник кисличный с липой	0,32	I	от 0,3 до 0,8	283	60Е 16Лп 12П 4Олч 3Б 2Д 2Ос1В / Е – 136 лет, П – 83 года, Лп – 68 лет	15–27,5
		II	0,4	1809	53Лп 20В 12Е 7П 4Д 4Б+Ос+Олч+Кл / Е – 75 лет, П – 62 года, Лп – 57 лет	2–15
Липняк снытевый с елью, пихтой и дубом	0,16	I	от 0,2 до 0,6	409	70Лп 11Е 11П 7Д 1В;Лп – 186 лет, Е – 118 лет, П – 106 лет	20,5–37
		II	0,6	1045	72Лп 11Е 10В 7П;П – 103 года, Лп – 74 года, Е – 69 лет	2–19,5

ревьев – необходимое условие их (и лесных сообществ в целом) долговременной устойчивости. Вместе с тем, в последнее время опубликованы результаты многолетних наблюдений [5], показывающие, что при отсутствии в сообществах условий для нормального онтогенетического развития (прежде всего – при недостатке света) деревья из новых поколений, даже достигнув большого календарного возраста, не могут перейти к плодоношению до конца жизни. Из этого следует, что само по себе их наличие в ценопопуляциях не является гарантией устойчивого самоподдержания древесных видов и требуется специальная оценка перспектив их роста и развития. Цель исследования, проведенного нами, – охарактеризовать жизнеспособность и перспективы деревьев, растущих в разновозрастных хвойно-широколиственных лесах, сохранившихся в пойме Большой Кокшаги.

В исследовании использовались методы оценки жизнеспособности и перспектив дерева в сообществе, предложенные А.В. Абатуровым [5] и основанные на дендрохронологической информации, а также на сопоставлении между собой деревьев разного фитоценологического положения по их размерам и ростовым характеристикам. Нашей задачей было выяснить и сопоставить тенденции изменений радиального прироста у деревьев, растущих в составе разных ярусов древостоя.

Район исследования – государственный природный заповедник «Большая Кокшага»

(56°38,7' с.ш., 47°15,7' в.д.). Исследования были проведены в июле 2010 г. в двух сообществах, расположенных в центральной зоне поймы, на расстоянии 0,5 км друг от друга, на гривах с краткопоемным режимом заливания во время весеннего половодья (не более 1–2 недель после начала периода вегетации растительности). Произрастают эти сообщества на аллювиальных дерновых луговых среднесуглинистых почвах [6]. В обоих сообществах состав древостоя смешанный (см. таблицу 1), но в одном из них больше участие ели в I ярусе (тип леса – ельник кисличный с липой), в другом – преобладает липа (тип леса – липняк снытевый с елью, пихтой и дубом). Древостой и полог древесных крон имеют сложную структуру в обоих сообществах. Полог самых высоких деревьев сомкнут неравномерно, в нем выражены окна площадью не более 150 м², возникшие в разное время, о чем можно судить по высоте подростов деревьев, развившегося в них (и кое-где сформировавшего свой сомкнутый полог). Самые недавние окна возникли в результате усыхания некоторых крупных деревьев (чаще ели или пихты, иногда – дуба), бурелома и ветровала, что хорошо видно по расположению сухостоя и валежа. В обоих сообществах, в результате разновременного зарастания окон, высотный ряд деревьев непрерывен, ярусы древостоя не разграничены четко.

Для характеристики состава и структуры древостоя были заложены временные пробные площади (табл. 1). Состав ценопопуля-

Распределение исследованных модельных деревьев по категориям фитоценотического положения и возрастным группам
Distribution of the studied sample trees by Category phytocentral position and age group

Вид	Категория фитоценотического положения – ярус (I, II) и наличие затенения сверху	Возрастная группа, лет	Ельник кисличный с липой				Липняк снытевый с елью, пихтой и дубом				
			Число исслед. деревьев	Из них семяносы (плодоносны)	Высота дерева, м	Средний годичный радиальный прирост у дерева, мм**	Число исслед. деревьев	Из них семяносы (плодоносны)	Высота дерева, м	Средний годичный радиальный прирост у дерева, мм	
Ель	I*	51–80	4	3	17,5–21,2	1,9–2,3	–	–	–	–	
		81–105	6	5	19–27,5	1,3–3,3	2	–	20,5–22,5	1,4–1,5	
		> 105	2	2	19,5–22	0,9–1,6	2	1	23,2–23,5	1,5	
	II	освещены сверху	≤ 50	1	–	13,5	2,1	–	–	–	–
			> 105	–	–	–	–	1	–	16,5	0,9
		затенены сверху	≤ 50	1	–	9,0	1,8	–	–	–	–
			51–80	1	–	7,5	0,8	3	–	10,0–14,5	0,8–1,2
			81–105	–	–	–	–	1	–	16,5	1,0
			> 105	–	–	–	–	–	–	9,5	0,6
Липа	I	51–80	1	1	17,0	1,3	4	2	19,5–24,5	0,8–1,6	
		81–105	–	–	–	–	2	2	23,5–24,5	1,0–1,9	
		> 105	–	–	–	–	1	1	33,0	1,0	
	II	освещены сверху	≤ 50	5	–	13,0–15,0	1,7–3,1	1	–	15,5	1,3
			51–80	6	2	13,4–15,8	1–2,5	–	–	–	–
		затенены сверху	≤ 50	2	–	15,0–16,0	1,4–1,6	1	–	11,5	0,4
			81–105	–	–	–	–	–	–	–	–
Пихта	I	81–105	1	1	21	2,2	1	–	22,5	1,4	
		> 105	–	–	–	–	1	1	24,5	1,3	
	II	освещены сверху	≤ 50	4	1	10,5–15	1,3–2,8	–	–	–	–
			51–80	2	–	10,5–14	0,9–1,2	–	–	–	–
			81–105	–	–	–	–	1	–	14,5	0,8
		затенены сверху	≤ 50	3	–	8,5–12,5	0,9–1,3	–	–	–	–
			51–80	2	–	10,8–11	1,0–1,1	1	–	9,5	0,7
			81–105	–	–	–	–	2	–	10,0–10,5	0,6
			> 105	–	–	–	–	1	–	10,5	0,6

Примечание: *все деревья в I ярусе древостоя освещены сверху; **для удобства чтения таблицы результаты измерений представлены с округлением до 1 знака после запятой

ций всех лесообразующих видов на пробных площадях выявлен в ходе сплошного перечета экземпляров с диаметром ствола 2см и более. При перечете измеряли диаметры стволов на высоте 1,3м и радиусы крон в 4-х направлениях, регистрировали жизненную форму,

сведения о наклоне или искривлении ствола, усыхании или других повреждениях кроны, о наличии затенения сверху и с боков кроны. В выполнении этих работ принимали участие студентки М.В. Харламбиева, Т.В. Скоморохова, Ю.А. Табунщик и Т.М. Алдохина.

Для разграничения I (верхнего) и II (подчиненного) ярусов древостоя (табл. 1) был введен формальный критерий: предельную высоту II яруса определили в каждом из сообществ как максимальную высоту среди деревьев, затененных сверху. Принадлежность к ярусу, а для деревьев II яруса – еще и наличие/отсутствие затенения сверху, использовались как критерии для распределения деревьев по категориям фитоценотического положения (табл. 2).

Для дендрохронологических исследований выбирались модельные деревья липы мелколистной (*Tilia cordata* Mill.), ели финской (*Picea x fennica* (Regel) Kom.) и пихты сибирской (*Abies sibirica* Ledeb.), поскольку в исследуемых сообществах у этих видов наиболее четко выражены границы колец в структуре древесины (в отличие от вяза, клена и во многих случаях дуба). Критерии выбора деревьев в каждом ярусе были следующие: 1) наиболее высокие, которые можно было обнаружить, и 2) типичные по высоте в данном сообществе (у каждого вида). Всего было исследовано: в ельнике кисличном с липой – 41 модельное дерево, в липняке снытевом с елью, пихтой и дубом – 26 модельных деревьев (табл. 2). У этих деревьев были измерены общая высота и высота расположения нижней границы живой кроны, проведена визуальная оценка количества органов плодоношения и их локализации в кроне, взят при помощи возрастного бурава Пресслера керн ствола у основания (на высоте 0,4–0,5 м – выше корневых лап).

В ходе камерального этапа работ у каждого керна, закрепленного по всей длине в специальной струбцине, обстругивали тонким острым ножом одну боковую сторону во влажном состоянии, добиваясь выравнивания поверхности, после чего сканировали эту поверхность в электронном лазерном сканере с разрешением 720 dpi. На полученном растровом изображении керна при увеличении 300 % (соответствует увеличению $14\times$ в оптических измерительных приборах) проводили разметку границ годовых колец и измерение их ширины (с точностью до 0,01 мм) с помощью демоверсии программы Cybis CooRecorder v.7.1 (www.cybis.se). Табличный файл с результата-

ми измерений загружали в программу Excel, в ней вычисляли общее число колец на керне и рассчитывали среднее значение ширины годовичного кольца. Затем результаты измерений керна преобразовывали в безразмерные величины относительного радиального прироста: ширину каждого годовичного кольца выражали в процентах от средней ширины для данного дерева [5]. Таким способом обеспечивалась возможность сопоставить влияние внешних условий на рост разных деревьев, нивелируя их индивидуальные наследственные различия в скорости роста. Для каждого дерева была построена дендрохронограмма – погодичный график изменений относительного радиального прироста; при построении применялось сглаживание методом скользящего среднего (интервал усреднения – 5 лет). Кроме того, для каждого сообщества была построена обобщенная дендрохронограмма (по средним значениям относительного прироста, рассчитанным для всех годов, по которым имелись данные хотя бы о двух деревьях). Путем визуального анализа обобщенных дендрохронограмм были выделены в двух сообществах этапы формирования и динамики древостоя и соответствующие им по сроку появления возрастные группы деревьев (табл. 2). При распределении деревьев по возрастным группам учитывалось для пограничных случаев, что истинный возраст дерева на несколько лет больше, чем рассчитанный по кольцам – за счет времени, которое было необходимо, чтобы вырасти до высоты взятия керна. У каждого исследованного вида были визуально проанализированы дендрохронограммы всех деревьев, отдельно по возрастным группам и по категориям фитоценотического положения.

Обобщенные дендрохронограммы (рис. 1) позволяют представить условия, в которых выросли модельные деревья в исследованных сообществах. Так, они демонстрируют заметную периодичность в изменениях среднего относительного радиального прироста деревьев в течение последних 100–130 лет. В двух сообществах совпадают, в общих чертах, календарные периоды его подъемов и спадов (хотя есть различия по амплитуде этих изменений). Довольно много совпаде-

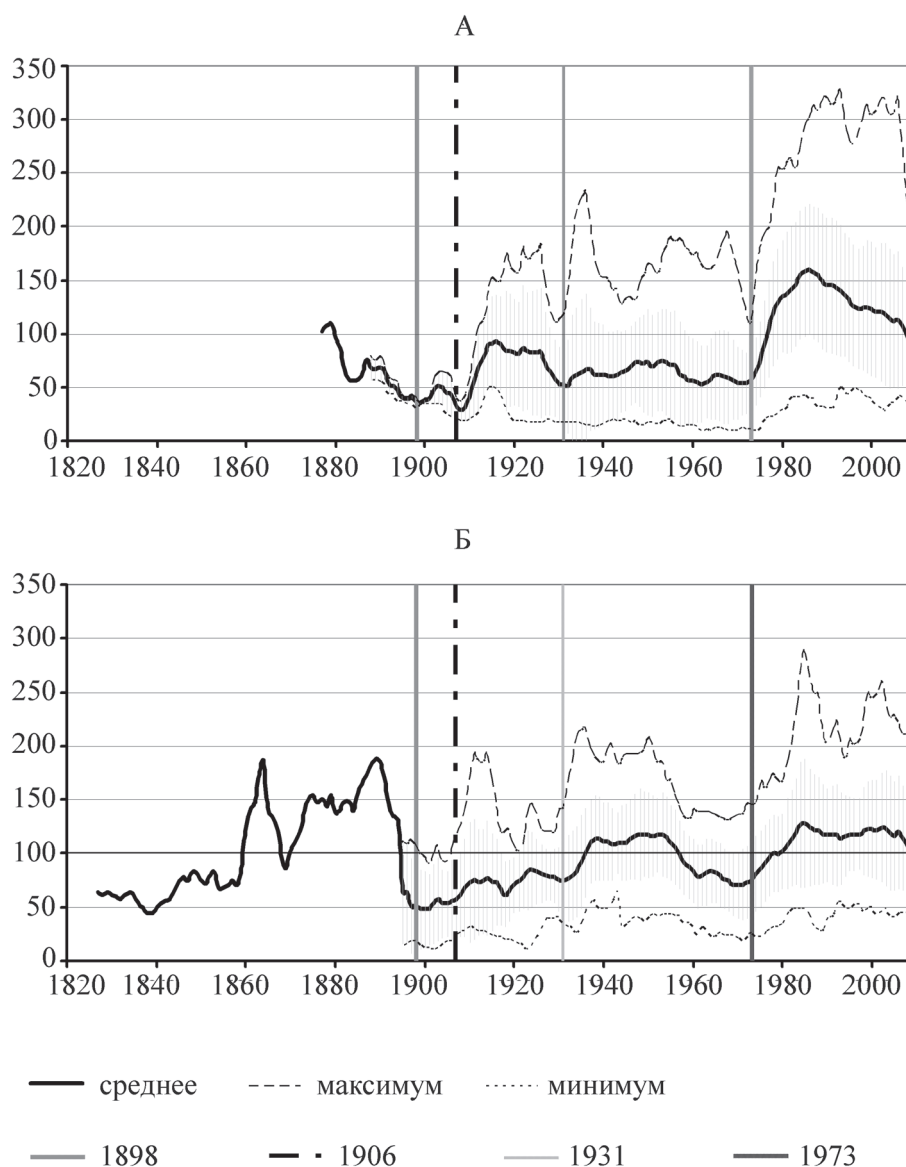


Рис. 1. Обобщенные дендрохронограммы исследуемых сообществ. А – ельник кисличный с липой, Б – липняк снытевый с елью, пихтой и дубом. На графиках по горизонтальной оси – календарные годы, по вертикальной оси – относительный радиальный прирост деревьев, % (см. текст). На кривой средних значений размах варьирования выражен среднеквадратичным отклонением. Вертикальными линиями на диаграмме обозначены годы локальных минимумов дендрохронограмм (см. текст)

Fig. 1. Generalized dendrochronogrammy studied communities. А - spruce wood sorrel with lime, В - linden of oak with spruce, fir and oak. In the graphs, the horizontal axis - the calendar year, the vertical axis - relative radial growth of trees% (see. Text). On the curve, the mean values of the scope of variation expressed srednevdratichnym deviation. Vertical lines on the chart marked dendrochronogram years of local minima (see. Text)

ний между обобщенными дендрохронограммами в годы тех экстремумов, когда убывание относительного среднего радиального прироста достигало локального минимума, а затем сменялось возрастанием. Если пытаться связывать такие локальные минимумы с воздействием на все сообщество неблагоприятных внешних факторов, то можно проверить соотношение с годами, когда случались мо-

розные зимы и засухи, поскольку именно эти факторы обычно называют в качестве самых значимых для пойменных лесов Республики Марий Эл [7, 2]. Так, на сглаженных дендрохронограммах обоих сообществ выражены минимумы в 1898 и 1906 гг., которые совпадают с годами сильных засух [8]; однако многие другие засушливые годы – 1891, 1901, 1911, 1936, 1946, 1948, 1957, 2002 [7, 8] – не

выделяются на этих графиках. А надолго запомнившийся катастрофическими лесными пожарами 1921 г. [8] выявляется в виде минимума на дендрохронограмме только в одном из рассматриваемых сообществ – липняке снытевом с елью, пихтой и дубом. Понятно, что на пойменные леса далеко не все засухи оказывали сильное влияние. Что же касается негативного влияния морозных зим, то в дендрохронограммах этих двух сообществ не выделяются 1940 г. и 1979 г., начавшиеся с сильных морозов [7, 2].

Наконец, очень показателен ход обеих дендрохронограмм, начиная с 1972–73 гг. Хорошо известно, что 1972 г. тоже был экстремально засушливым на всей территории Европейской России и сопровождался сильными пожарами, в том числе и в Республике Марий Эл [7]. Только в одном из исследованных нами сообществ – липняке снытевом с елью, пихтой и дубом – обобщенная дендрохронограмма имеет локальный минимум в 1972 г.; в ельнике кисличном с липой средний радиальный прирост был невелик уже за несколько десятилетий до этого года, поэтому на графике не выделяется локальный минимум. А вот сразу после 1972 г. в обоих сообществах средний радиальный прирост начал резко возрастать, и это синхронно продолжалось около 10 лет.

То, что ярко прослеживается в этом примере, характерно и для всех остальных спадов на обоих графиках: уменьшение среднего радиального прироста начиналось еще за 10–15 (или больше) лет до года с локальным минимумом и шло довольно постепенно, но к моменту наступления этого «переломного» года амплитуда изменений уже составляла не менее 50 %. А после «переломного» года средний радиальный прирост деревьев монотонно возрастал на протяжении 8–15 лет, хотя и с разной скоростью, и итоговая амплитуда его изменений составляла 150–200 %. В наблюдаемое на графиках увеличение среднего радиального прироста каждый раз вносили вклад два процесса. Во-первых, синхронно возрастал прирост у целого ряда деревьев, росших в сообществах еще до наступления «переломного» года и замедлявших рост в этот период. Во-вторых, как позволил про-

следить анализ хронологии изменений состава модельных деревьев, через короткое время после года с локальным минимумом среднего радиального прироста в сообществе появлялись новые деревья. В самые первые годы жизни у них был малый радиальный прирост (добавление этих малых значений в выборку отчасти влияло на результирующее значение среднего прироста и замедляло повышение линии графика), а затем их прирост резко увеличивался.

Постепенное снижение среднего прироста на протяжении многих лет можно объяснить тем, что в сообществах нарастала нехватка ресурсов для роста деревьев. Самым важным из этих ресурсов был свет, и его нехватка была обусловлена увеличением сомкнутости полога крон деревьев. «Переломным» событием становилось уменьшение числа деревьев в сообществе, которое сопровождалось образованием окон в пологе. Свидетельством этого можно считать, например, более плавный подъем дендрохронограммы липняка снытевого с елью, пихтой и дубом (рис. 1, Б) в периоды после «переломных» годов. В смешанном лесу для хвойных деревьев ежегодно режим освещения становится более благоприятным хотя бы на какую-то часть сезона, во время которого они могут фотосинтезировать (после листопада), поэтому они меньше угнетены, и их реакция на изреживание полога оказывается не такой бурной, как в еловом лесу (рис. 1, А). В ряде зарубежных исследований [9, 10] также было ранее показано резкое усиление радиального роста деревьев после появления ветровальных окон в пологе леса. Успешному приживанию новых деревьев в сообществах тоже могло благоприятствовать изреживание полога.

Совпадение некоторых из переломных моментов в развитии древостоя пойменного леса с документированными засушливыми годами вполне закономерно: в результате засухи деревья могли массово отмирать. Однако причиной изреживания полога могли быть и рубки деревьев. А.К. Денисов указывал [2], что в пойменных лесах Поволжья в 1930–1950 гг. часто проводили выборочные рубки дуба (после которых в состав древес-

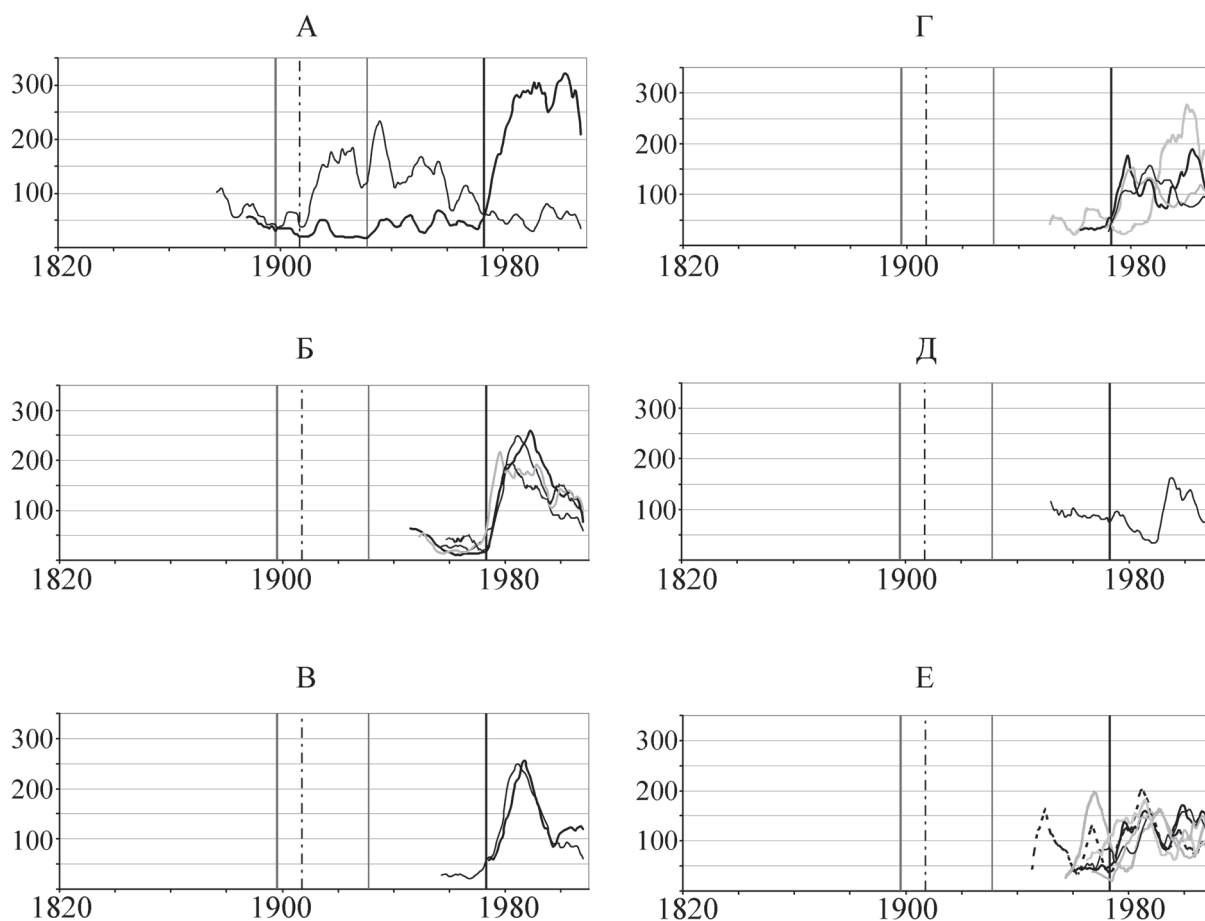


Рис. 2. Примеры дендрохронограмм деревьев в ельнике кисличном с липой. В легенде указана в скобках для каждого дерева абсолютная величина (мм) среднего годовичного радиального прироста. А – ель старше 105 лет в I ярусе, Б – ель 51–80 лет в I ярусе, В – пихта (81–105 лет) и липа (51–80 лет) в I ярусе, Г – пихта 51–80 лет во II ярусе при затенении сверху, Д – ель 51–80 лет во II ярусе при затенении сверху, Е – липа 51–80 лет во II ярусе без затенения сверху. Размерность осей и условные обозначения характерных годов – как на рис. 1

Fig. 2. Examples dendrochronogram trees in spruce wood sorrel with lime. The legend is given in parentheses for each tree the absolute value (mm) average annual radial increment. A - spruce over 105 years in tier I, B - spruce 51-80 years in tier I, C - fir (81-105 years) and linden (51-80 years) in tier I, D - fir 51-80 years in II tier in shading on, E - linden 51-80 years in II tier without shading on. The dimension of the axes and symbols typical years - as in Fig. 1

тоя активно переходила липа из подроста). В исследуемых нами пойменных лесах их тоже могли провести, поэтому некоторые периоды усиления радиального роста деревьев могли начаться без явной связи с засухами. Поскольку два рассматриваемые сообщества расположены поблизости друг от друга, то для них могли совпасть годы проведения выборочных рубок (как и годы с экстремальными погодными условиями).

Продемонстрированная на рис. 1 периодичность в изменении выборочных средних значений радиального прироста, которую можно рассматривать как согласованную реакцию всего древостоя на внешние воз-

действия, выявляется на фоне значительно разброса значений (приростов у разных деревьев) в выборке, что характерно почти для каждого года. Анализ индивидуальных дендрохронограмм деревьев отдельно по выделенным по категориям (табл. 2) выявляет, что в обоих сообществах деревья II яруса, особенно затененные сверху, росли наиболее асинхронно как между собой, так и по отношению к деревьям I яруса (рис. 2). В I ярусе обоих сообществ большинство деревьев, даже относящихся к разным возрастным группам и разным видам, росли более согласованно друг с другом в один и тот же период времени.

В упоминавшихся зарубежных исследованиях [9, 10] тоже было выявлено асинхронное ускорение роста деревьев в лесных сообществах, причем показана связь этих событий с моментами возникновения окон в пологе по соседству с деревьями и расстоянием до этих окон. В исследуемых нами смешанных лесах, даже если окна в их пологе образуются редко, на динамику роста, обусловленную освещенностью, существенно влияет разнообразие видового состава обоих ярусов древостоя. Для хвойных деревьев II яруса освещенность в разных участках сообщества может больше или меньше варьировать по сезонам, в зависимости от видовой принадлежности деревьев I яруса, растущих вокруг них.

В нашем исследовании распределение модельных деревьев одного и того же вида в группы, относительно выровненные по показателям размера и возраста, было предпринято для систематизированной характеристики их роста, с целью оценить их дальнейшие перспективы в разновозрастных смешанных пойменных лесах. Поэтому прежде всего представляет интерес характер роста и состояние деревьев, которые уже смогли обеспечить себе и использовать хорошие перспективы в этих условиях – наиболее высоких и наиболее долговечных. В двух сообществах по-разному росли деревья этих категорий (индивидуальные дендрохронограммы не приводятся из-за ограничений объема статьи).

В ельнике кисличном с липой почти у всех модельных деревьев из I яруса, возраст которых превышает 50 лет (эта группа включает пихты и ели), в течение десятилетий с начала их жизни радиальный рост был слабым (рис. 2, А–В). Можно предполагать, что это было обусловлено постоянным сильным затенением и что их рост в высоту при этом тоже был слабым. Резкое изменение ситуации в 1972–1973 гг. застало такие деревья в разном возрасте, но все они оказались способны отреагировать на улучшение условий быстрым увеличением радиального прироста (амплитуда составила не менее 200 %). Максимальный возраст, в котором это произошло, выявлен у ели – 90 лет. Согласно данным Ю.П. Демакова [11], в пойменных лесах Республики Марий

Эл подобное событие может у ели произойти и гораздо позже – в 160 лет, хотя для плакорных ельников Подмосковья А.В. Абатуров приводит предельный возраст такого события у ели – 70 лет [5]. Причиной более длительного сохранения елью жизнеспособности в исследуемых пойменных лесах сложной структуры может быть как влияние локальной боковой подсветки на некоторые деревья, так и более благоприятный гидрологический режим почвы в первой половине лета, после схода весеннего паводка. Последнее предположение мы основываем на сообщении Г.Б. Гортинского [12] о том, что, например, в плакорных ельниках черничных свежих южно-таежной подзоны Европейской России была выявлена связь между снижением радиального прироста ели и малым значением суммы осадков в июне и июле. Во всяком случае, проведенный анализ индивидуальных дендрохронограмм средневозрастных и старых деревьев ели и пихты, достигших I яруса древостоя в этом сообществе, позволяет заключить, что хотя бы некоторые деревья из молодых возрастных групп, приживающиеся здесь под сложно структурированным пологом, имеют шанс (практически независимо от времени их появления в сообществе) впоследствии принять участие в самоподдержании ценопопуляций.

В липняке снытевом с елью, пихтой и липой радиальный прирост модельных деревьев, вошедших в состав I яруса, обычно менялся с амплитудой в пределах 150 %. Прослеживаются некоторые различия между липой и елью: у большинства модельных деревьев липы из I яруса (возрастной диапазон которых – от 51 до 186 лет) на протяжении всей их жизни радиальный прирост колебался: после кратковременных периодов спада неоднократно восстанавливались прежние высокие значения. У ели в I ярусе этого сообщества относительно короткие по времени колебания радиального прироста обычно подчинялись общей тенденции (подъема или спада); в возрастной группе 81–105 лет выявились случаи, когда эта тенденция в течение жизни дерева поменялась. У модельных деревьев пихты, достигших I яруса в этом смешанном лесу, общий характер роста (у разных возрастных групп) больше сходен с

наблюдаемым у липы, чем с наблюдаемым у ели. А.В. Абатуров [5], анализируя по такой же методике ход радиального роста у деревьев, наблюдаемых на постоянных пробных площадях в плакорных лесах Подмосковья, отмечал у наиболее старых из них неоднократные колебания прироста с восстановлением высоких значений после каждого спада. Причем, во время многолетних наблюдений за динамикой отпада в древостоях он установил, что старые деревья с такой динамикой роста оказались в сообществах наиболее жизнеспособными, в том числе самыми устойчивыми к экстремальным метеорологическим условиям. Он связывал эти особенности с тем, что такие деревья в ранний период жизни росли при благоприятной световой обстановке, благодаря чему мощно развились (в период его исследований были самыми высокими в сообществах, с наиболее раскидистыми и протяженными кронами) и приобрели устойчивость к негативным воздействиям. В нашем же смешанном пойменном лесу выявлены деревья пихты и ели старше 105 лет, растущие в I ярусе сообщества в условиях затенения сверху и сбоку, но все же демонстрирующие колебательный характер радиального роста (но с амплитудой колебаний не более 150 %).

Переходя к обсуждению роста модельных деревьев из состава II яруса укажем, что у них дендрохронограммы с неоднократными колебаниями относительного радиального прироста, имеющими малую амплитуду (как на рисунке 2, Е) преобладают (в обоих сообществах, во всех возрастных группах, при затенении сверху и при его отсутствии); у некоторых деревьев тенденция к подъему или спаду могла проявляться в течение 10–30 лет, но впоследствии она менялась на противоположную. Для обсуждения этих результатов можно еще раз привлечь данные А.В. Абатурова [5]: в условно разновозрастных (2–3 поколения по 40-лет) ельниках Подмосковья было выявлено, что у 50-летних деревьев ели, росших под пологом леса (сомкнутость 0,7 и более), годичный радиальный прирост постоянно снижался практически с самого начала их жизни. В ходе многолетних наблюдений за маркированными деревьями на постоянных пробных площадях

было установлено, что именно экземпляры с таким характером роста отмирают в сообществах быстрее всего – раньше, чем деревья старшего возраста. В противоположность этому, в исследуемых нами сообществах было выявлено, на примере старых и некоторых средневозрастных деревьев, что даже при появлении в начале их жизни тенденции к спаду радиального прироста достаточно долго сохраняется вероятность, что дерево преодолет угнетение и, при возникновении благоприятных условий, разовьется до семеношения и будет способно захватить господствующее положение в пологе. Основной причиной этого мы считаем достаточно благоприятный режим освещенности, который поддерживается благодаря периодическому изреживанию полога древостоя.

Поэтому нет оснований негативно оценивать перспективы дальнейшего развития деревьев ели, пихты и липы в исследуемых сложных разновозрастных пойменных лесах, даже если по достижении возраста около 100 лет эти деревья все еще произрастают в составе II яруса древостоя при затенении сверху. Возможно, липа при развитии под пологом таких сообществ проявляет несколько более высокую жизнеспособность, чем ель и пихта, но этот вопрос требует более подробных исследований.

Библиографический список

1. Липатова, В.В. Растительность пойм / В.В. Липатова // Растительность Европейской части СССР. – М.: Наука, 1980. – С. 346-372.
2. Денисов, А.К. Пойменные дубравы лесной зоны / А.К. Денисов. – М.–Л.: Гослесбумиздат, 1954. – 84 с.
3. Браславская, Т.Ю. Материалы к характеристике онтогенеза и популяционной динамики лесобразующих видов в пойменных лесах заповедника «Большая Кокшага» / Т.Ю. Браславская [и др.] // Научные труды гос. природного зап. «Большая Кокшага». – Вып. 5.– Йошкар-Ола: МарГТУ, 2012. – С. 109–126.
4. Дыренков, С.А. Структура и динамика таежных ельников / С.А. Дыренков. – Л.: Наука, 1984. – 173 с.
5. Абатуров, А.В. Естественная динамика леса на постоянных пробных площадях в Подмосковье / А.В. Абатуров, П.Н. Меланхолин. – Тула: Гриф и К., 2004. – 336 с.
6. Исаев, А.В. Формирование почвенного и растительного покрова в поймах речных долин Марийского Полесья (на примере территории заповедника «Большая Кокшага») / А.В. Исаев. – Йошкар-Ола: Марийский гос. техн. ун-т, 2008. – 240 с.

7. Демаков, Ю.П. Климат заповедника и характер изменчивости основных метеорологических показателей / Ю.П. Демаков // Научные труды гос. природного заповедника «Большая Кокшага». – Вып. 1. – Йошкар-Ола: Мар. гос. техн. ун-т, 2005. – С. 125–150.
8. Полевщиков, А.В. Страницы истории территории заповедника / А.В. Полевщиков // Научные труды гос. природного заповедника «Большая Кокшага». – Вып. 1. – Йошкар-Ола: Мар. гос. техн. ун-т, 2005. – С. 5–22.
9. Shimatani, I. K. The spatio-temporal forest patch dynamics inferred from the fine-scale synchronicity in growth chronology / I. K. Shimatani, Y. Kubota // Journal of Vegetation Science. – 2011. – V. 22. – P. 334-345.
10. Splechtna, B. E. Disturbance history of a European old-growth mixed-species forest – A spatial dendroecological analysis / B. E. Splechtna, G. Gratzner, V. A. Black // Journal of Vegetation Science. – 2005. – V. 16. – P. 511-522.
11. Демаков, Ю.П. Закономерности роста деревьев ели в пойме рек Большой и Малой Кокшаги / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев // Научные труды гос. природного заповедника «Большая Кокшага». – Вып. 4. – Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2009. – С. 68-123.
12. Гортинский, Г.Б. Динамика годичного прироста еловых древостоев южной тайги и ее лесохозяйственное значение / Г.Б. Гортинский, А.И. Тарасов // Вопросы прироста в лесоустройстве. – Каунас, 1967. – С. 97-104.

GROWTH OF CONIFEROUS AND DECIDUOUS TREES DUE TO THEIR PHYTOCENOTIC POSITION IN THE MULTI-STOREYED UNEVEN-AGED FLOODPLAIN FORESTS (MARI EL REPUBLIC)

Braslavskaya T. Yu., PhD in Biology, leading researcher at the the Laboratory of Forest Ecosystems Structure and Sustainability, Center for Forest Ecology and Productivity Russian Academy of Science

t.braslavskaya@gmail.com

Center for Forest Ecology and Productivity Russian Academy of Science, 84/32-14, Profsoyuznaya Str., Moscow, Russia

*Valuation methods of growth power and prospects of the tree in the community based on dendrochronological data were used for the research. Then data of trees phytocenotic position according to their size and growth characteristics were compared against each other. The main task was to determine and to compare trends of trees radial growth growing within different tree layers. To characterize the composition and stand structure temporary sample plots were laid for. At inventory tree stems diameters and crowns radii were measured in 4 directions, life form and information about the inclination or deformation of the tree stem, drying or other damage of the crown, about shading from the top and from the sides of the crown were registered. For dendrochronological research sample trees of small-leaved linden (*Tilia cordata* Mill.), finn spruce (*Picea x fennica* (Regel) Kom.) and Siberian fir (*Abies sibirica* Ledeb.) were taken, because in the studied communities in these species the borders of the rings in the wood structure are most discernable. In each layer the highest trees of this community and typical in height with each species in the presented community were chosen. The total height of the studied trees and the height of the lower border of the living crown were measured, fructification parts quantity visual evaluation and their localization in the crown was made and cores at the base of the stem were taken. Based on the analysis of dendrochronological data on the radial growth of spruce, fir and linden in the composition of floodplain forests with a distinctive gaps of patchwork mosaic of forest canopy, it is concluded that their regeneration in such communities has more prospects for survival than in forests with close canopy.*

Key words: floodplain forests, dynamics and patchwork mosaic of forest canopy, spruce radial growth

References

1. Lipatova V.V. *Rastitel'nost' poim* [Floodplain vegetation]. *Rastitel'nost' Evropeyskoy chasti SSSR* [Vegetation of the European part of the USSR], Moscow: Nauka Publ., 1980, pp. 346-372 (in Russian).
2. Denisov A.K. *Poymennye dubravy lesnoy zony* [Floodplain oak forests of the forest zone], Moscow – Leningrad: Goslesbumizdat Publ., 1954, 84 p (in Russian).
3. Braslavskaya T.Yu., Harlampieva M.V., Skomorokhova T.V., Aldokhina T.M., Tabunshchik Yu.A. *Materialy k kharakteristike ontogeneza i populyacionnoy dinamiki lesoobrazuyushchikh vidov v poymennyykh lesakh zapovednika "Bol'shaya Kokshaga"* [Some data to characterize ontogeny and population dynamics of forest tree species in floodplain forests of the natural reserve «Bol'shaya Kokshaga»] *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bol'shaya Kokshaga», vypusk 5* [Scientific proceedings of the state natural reserve «Bol'shaya Kokshaga», release 5], Yoshkar-Ola, 2012, pp. 109-126 (in Russian).
4. Dyrenkov S.A. *Struktura i dinamika tayezhnykh el'nikov* [Structure and dynamics of boreal spruce forests], Leningrad: Nauka Publ., 1984, 173 p (in Russian).
5. Abaturov A.V., Melanholin P.N. *Estestvennaya dinamika lesa na postoyannykh probnykh ploshchadyakh v Podmoskov'e* [Natural dynamics of forest within permanent plots in Moscow Region], Tula: Grif i K Publ., 2004, 336 p (in Russian).
6. Isaev A.V. *Formirovanie pochvennogo i rastitel'nogo pokrova v poymakh rechnyykh dolin Mariyskogo Poles'ya (na primere territorii zapovednika «Bol'shaya Kokshaga»)* [Formation of soil and vegetation in river floodplains of Mari Poles'ye (the example of the natural reserve «Bol'shaya Kokshaga»)], Yoshkar-Ola: Mari State Technical University Publ., 2008, 240 p (in Russian).
7. Demakov Yu.P. *Klimat zapovednika i harakter izmenchivosti osnovnykh meteorologicheskikh pokazateley* [Climate and pattern of variability for the basic meteorological parameters within the nature reserve] *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bol'shaya Kokshaga», vypusk 1* [Scientific proceedings of the State Natural Reserve «Bol'shaya Kokshaga», release 1], Yoshkar-Ola, 2005, pp. 125-150 (in Russian).

8. Plevshchikov A.V. *Stranicy istorii territorii zapovednika* [Some pages from the history of the reserve] *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bol'shaya Kokshaga», vypusk 1* [Scientific proceedings of the State Natural Reserve «Bol'shaya Kokshaga», release 1], Yoshkar-Ola, 2005, pp. 5-22 (in Russian).
9. Shimatani I. K., Kubota Y. The spatio-temporal forest patch dynamics inferred from the fine-scale synchronicity in growth chronology. *Journal of Vegetation Science*, 2011, v. 22, pp. 334-345.
10. Splachna B. E., Gratzner G., Black B. A. Disturbance history of a European old-growth mixed-species forest – A spatial dendroecological analysis. *Journal of Vegetation Science*, 2005, v. 16, pp. 511-522.
11. Demakov Yu.P., Isaev A.V. *Zakonomernosti rosta derev'ev eli v poymakh rek Bol'shoy i Maloy Kokshagi* [pattern of growth for spruce trees in floodplains of Greater and Lesser Kokshaga rivers]. *Nauchnye trudy gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Bol'shaya Kokshaga», vypusk 4* [Scientific proceedings of the State Natural Reserve «Bol'shaya Kokshaga», release 4], Yoshkar-Ola, 2009, pp. 68-123 (in Russian).
12. Gortinskiy G.B., Tarasov A.I. *Dinamika godichnogo prirosta elovykh drevostoev yuzhnoy taigi i ee lesokhozyaystvennoe znachenie* [Dynamics of annual radial growth of spruce forests of the southern taiga forest and its significance for forest management] *Voprosy prirosta v lesoustroystve* [Questions of tree increment in forest management], Kaunas, 1967, pp. 97-104 (in Russian).

МОРФОБИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГЕНЕРАТИВНЫХ ОРГАНОВ СОСНЫ В ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ УСЛОВИЯХ (ВОСТОЧНОЕ ЗАБАЙКАЛЬЕ)

И.Л. ВАХНИНА, мл. науч. сотр. Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, канд. биол. наук,

В.П. МАКАРОВ, зав. лаб. растительных ресурсов Института природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН, канд. биол. наук

vahnina_il@mail.ru

Институт природных ресурсов, экологии и криологии СО РАН (ИПРЭК СО РАН)
672014, г. Чита, ул. Недорезова, д. 16

В статье приводятся результаты изучения морфобиологической реакции женской генеративной сферы деревьев сосны обыкновенной, в условиях с различной интенсивностью техногенной нагрузки с изменяющимися температурами воздуха и количеством осадков периода вегетации. Материалом для исследований стали зрелые женские шишки, отобранные с модельных деревьев в 2008–2009 гг. До раскрытия шишек были произведены измерения длины шишек (высоту центральной оси макростробила). Затем шишки естественным образом высушивались до выпадения семян. Проращивание семян для определения их качества проводилось на базе Читинской лесосеменной станции, согласно ГОСТам 13056.6-97 и 14161-86. Диагностическими критериями оценки качества семян служили всхожесть и энергия прорастания. Измерение высоты макростробилов позволило выявить достоверные различия между шишками урожая в 2008 г. и 2009 г.. Так, у шишек, созревших в 2009 г., по сравнению с предшествующим годом отмечается укорочение центральной оси макростробила в 2–2,6 раза. Их средняя длина по участкам варьировала от 1,2 см до 1,5 см (1,5 см на контроле), в то время как для зрелых шишек сосны урожая 2008 г. она составила от 3,9 до 2,9 см (3,1 см – контроль). Определено, что на каждом участке шишки одного периода созревания характеризуются стабильностью высоты макростробилов, их коэффициент изменчивости не превышает низкого ($C=8-12\%$) и среднего ($C=13-20\%$) уровня. У шишек с модельных деревьев фонового участка по годам также отмечается снижение высоты макростробила в 2,2 раза, вариации данного показателя в пределах одного года не превышают средних значений. Статистические значимые различия между длиной шишек фонового древостоя и деревьев, произрастающих на участках с разной интенсивностью загрязнения, не выявлены. Таким образом, в исследуемом диапазоне природно-климатических условий отклик женской генеративной сферы сосны обыкновенной на техногенное воздействие проявляется лишь в отдельные годы с неблагоприятными климатическими характеристиками в начальные периоды ее формирования. Более отчетливо эффект проявляется по энергии прорастания семян, что согласуется с данными других исследователей.

Ключевые слова: сосна, женские шишки, семена, техногенное загрязнение, климат

Вопрос изменчивости качественных и количественных параметров генеративной сферы сосны обыкновенной в естественных условиях среды является достаточно изученным. Авторами многочисленных работ показано, что морфобиологические характеристики шишек и семян деревьев во многом определяются погодно-климатическим ко-

лебаниями. В зоне действия выбросов промышленных предприятий к природно-климатическому влиянию присоединяется новый фактор в виде химического загрязнения среды. В публикациях отсутствует единое мнение относительно реакции репродуктивной системы сосны на воздействие аэрополлютантов. Наряду с данными о снижении таких

показателей, как жизнеспособность пыльцы, количество и качество семян, размеры макростробилов и т.п., в некоторых источниках имеются выводы о неоднозначности проявления ответной реакции на воздействие поллютантов [1], а также о высокой толерантности женской генеративной сферы *Pinus sylvestris* L. к действию аэрополлютантов [2, 3]. В то же время встречаются работы, в которых влияние загрязнителей оценивается положительно [4, 5].

В данной работе приводятся результаты изучения морфобиологической реакции женской генеративной сферы деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в условиях с различной интенсивностью техногенной нагрузки с изменяющимися температурами воздуха и количеством осадков периода вегетации.

Объектами исследования служили деревья сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) в сосняках рододендрово-травяных на территории зеленой зоны г. Читы с разным уровнем техногенной нагрузки. Деревья, с которых отбирался материал для исследования, произрастают на участках, заложенных с учетом сопоставимости по основным лесотипологическим характеристикам (класс возраста, состав и плотность древостоя и др.). Географические координаты территории исследований 51–52° с.ш., около 113° в.д., высоты колеблются в пределах абсолютных отметок 650–810 м над у. м. Уровень грунтовых вод по всем участкам глубже 10 м, увлажнение атмосферное. Степень техногенной нагрузки определялась по уровню суммарного показателя загрязнения (СПЗ) почв и снежного покрова (таб. 1), которые депонируют атмосферные выбросы. СПЗ для почв рассчитан по 28 химическим элементам (свинец, ртуть, мышьяк, кадмий, цинк, фосфор и др.), для расчета СПЗ снега было использовано 20 элементов [6]. Для контроля шишки отбирали в 25 км от городской застройки в направлении, противоположном преобладающему направлению ветров.

Материалом для исследований служили зрелые женские шишки, отобранные с модельных деревьев в 2008–2009 гг. Сбор ши-

шек осуществлялся во второй декаде марта до начала естественного выпадения семян согласно срокам, рекомендованным для данной территории [7]. С каждого участка собиралось не менее 50 штук с 3–5 деревьев. До раскрытия шишек измеряли длину шишки (высоту центральной оси макростробила). Затем шишки естественным образом высушивались до выпадения семян. Проращивание семян для определения их качества проводилось на базе Читинской лесосеменной станции, согласно ГОСТам 13056.6-97 и 14161-86. Диагностическими критериями оценки качества семян служили всхожесть и энергия прорастания. Согласно ГОСТу 13056.6-97 под всхожестью семян понимается их способность давать нормально развитые проростки, а под энергией прорастания – способность семян быстро и дружно прорасти. Для сосны показателем всхожести служит процент семян, давших нормально развитые проростки на 15-е сутки от начала проращивания, а энергии прорастания оценивается на 7-е сутки. В день окончательного учета всхожести оставшиеся семена вскрывали с целью определения числа здоровых, загнивших, пустых, ненормально проросших, зараженных энтомологическими вредителями и нежизнеспособных семян. Влияние климатических условий на исследуемые показатели оценивалось на основе данных метеостанции г. Читы за вегетационный период, продолжительность которого на исследуемой территории составляет 5 месяцев (с мая по сентябрь). Результаты исследований статистически обработаны стандартными методами с использованием пакета STATISTICA 6. Вариация количественных признаков определялась методами описательной статистики и оценивалась по шкале с.а. Мамаева (1972) [8]. В качестве критерия оценки достоверности наблюдаемых изменений использовали *t*-критерий Стьюдента.

Высота макростробилов

Измерение высоты макростробилов позволило выявить достоверные различия между шишками урожая в 2008 г. и 2009 г. (табл. 2). Так, у шишек, созревших в 2009 г., по сравнению с предшествующим годом от-

Т а б л и ц а 1

Уровень загрязнения снежного покрова по пробным площадям
The level of contamination of the snow cover on the test plot

№ участка	Значение СПЗ – уровень загрязнения
1, 7, 8	65–128 ед. – средний
2, 3, 4, 9	257–768 – очень высокий
5	выше 769 – экстремальный
Контроль	0–64 ед. – низкий

Т а б л и ц а 2

Статистические характеристики высоты макростробилов
Pinus sylvestris урожая 2008 г. и 2009 г.

Statistical characteristics of the height of *Pinus sylvestris* makrostrombilov 2008 harvest and 2009

Участок №	Урожай 2008 г.					Урожай 2009 г.				
	$X \pm m$, см	X min, см	X max, см	C_v , %	t -критерий	$X \pm m$, см	X min, см	X max, см	C_v , %	t -критерий
1	3,1±0,06	2,4	3,9	13,2	-0,6	1,3±0,02	0,9	1,8	14,4	-6,1*
2	3,3±0,08	2,6	4,3	14,9	2,7*	1,3±0,03	0,9	2	7,8	-3,7*
3	2,9±0,05	2,2	3,7	12,2	-2,7*	1,2±0,02	0,8	1,8	15,84	-6,2*
4	3,1±0,08	2	4	5,2	-1,0	1,3±0,03	0,9	1,7	15,83	-5,8*
5	3,4±0,11	2,1	4,6	18,1	2,6*	1,5±0,04	1	2	14,7	0,5
7	3,9±0,14	2,4	4,7	16,3	6,8*	1,5±0,02	1,2	2	10,2	1,2
8	3±0,05	2,4	3,6	9,2	-0,8	1,5±0,02	1,1	2	12	0,4
9	3,9±0,11	2,8	5,2	16	6,4*	1,8±0,03	1,4	2	9	7,9*
контроль	3,1±0,08	1,9	4	17		1,5±0,03	0,9	1,9	14,3	

Примечание: $X \pm m$ – среднее значение и его стандартная ошибка, C_v – коэффициент вариации, * – различия с контролем достоверны.

Т а б л и ц а 3

Оценка показателей качества семян сосны обыкновенной
Evaluation of indicators of quality pine seeds

№ участка	Энергия прорастания, %				Всхожесть, %			
	2008 г.	t -критерий	2009 г.	t -критерий	2008 г.	t -критерий	2009 г.	t -критерий
1	95	1,5	88	-4,0*	95	1,6	93	-1,1
2	97	2,0	91	-1,7	98	2,3	94	-0,3
3	89	0,2	84	-7,8*	89	0,2	91	-1,2
4	95	1,6	88	-5,2*	95	1,6	92	-1,5
5	80	-1,4	79	-7,1*	84	-0,8	84	-4,5*
7	86	-0,3	96	0,9	88	0,2	99	3,0*
8	93	1,1	69	-14,1*	93	1,1	80	-6,2*
9	83	-1,0	95	0,5	83	-1,0	95	0,0
контроль	87		94		87		95	

Примечание: * – различия с контролем достоверны.

мечается укорочение центральной оси макростробила в 2–2,6 раза. Их средняя длина по участкам варьировала от 1,2 см до 1,5 см (1,5 см на контроле), в то время как для зрелых шишек сосны урожая 2008 г. она составила от 3,9 до 2,9 см (3,1 см – контроль). Определено, что на каждом участке шишки одного периода созревания характеризуются стабиль-

ностью высоты макростробилов, их коэффициент изменчивости не превышает низкого ($C = 8–12\%$) и среднего ($C = 13–20\%$) уровня.

У шишек с модельных деревьев фонового участка по годам также отмечается снижение высоты макростробила в 2,2 раза, вариации данного показателя в пределах одного года не превышают средних значе-

ний. Статистические значимые различия между длиной шишек фонового древостоя и деревьев, произрастающих на участках с разной интенсивностью загрязнения, не выявлены.

На участке № 9, который характеризуется очень высоким уровнем загрязнения (СПЗ – 257–768) за оба исследуемых периода отмечаются наибольшие значения высоты макростробила. Так, у зрелых шишек 2008 г. сбора исследуемый показатель был в пределах 2,8–5,2 см (среднеарифметическое – $3,9 \pm 0,11$ с), а у урожая 2009 г. – 1,4–2 см ($1,8 \pm 0,03$ см), что превышало средние значения по другим участкам на 20,5 % и 30 %, за 2008 г. и 2009 г. соответственно. По каждому году также установили высокий уровень значимости различий с контролем. Причем, превышение средней длины шишек на участке № 9 обеспечено в основном за счет минимальных значений, в то время как верхняя граница высоты центральной оси макростробилов, в большинстве случаев, сопоставима с данными по другим участкам.

Всхожесть и энергия прорастания семян

У семян урожая 2008 г. высокая интенсивность прорастания фиксировалась уже в первый учетный день (5-е сутки проращивания), когда нормально развитые проростки были образованы у $86,8 \pm 6,9$ % от общего количества семян (таб. 3). Энергия прорастания (7-е сутки) по участкам составила от 80 до 97 %. Почти все здоровые семена дали проростки в течение 5–7 суток, в оставшиеся дни учета их количество не превышало 1–2 %. В связи с этим энергия прорастания и всхожесть имели практически сходные показатели. Несколько сниженной скоростью прорастания отличались семена, отобранные с деревьев участка № 5, характеризующегося экстремальным уровнем загрязнения (СПЗ выше 769), результаты по дням составили 74,7; 5,7; 3,7 и 0,0 % на 5-е, 7-е, 10-е и 15-е сутки соответственно.

У урожая семян сбора 2009 г. отмечается снижение показателей по дням. В первый день учета появилось в среднем на 23 %

меньше проростков, чем в опыте по предыдущему году. Количество давших нормальные проростки семян на 5 сутки составило от 44 % до 79 %, а дисперсия выборки при этом возрастала в 3 раза. В последующие дни учета на 7-е сутки проросло от 12 до 37 %, на 10-е сутки – 1–8 %, на 15-е сутки – до 3 % семян. Практически все семена с модельных деревьев контрольного древостоя проросли на 7 сутки, в то время как семена с деревьев остальных участков прорастали и на 10 сутки, и в более поздние сроки. Таким образом, отмечено удлинение периода прорастания семян урожая 2009 г. на участках в зоне техногенного воздействия. Расчет *t*-критерия Стьюдента в данном случае показал наличие различий между загрязненными и контрольным участками.

Результаты исследования морфобиологических параметров женской генеративной сферы у деревьев сосны обыкновенной, произрастающих в условиях с различной интенсивностью техногенной нагрузки, показали, что исследуемые качественные и количественные параметры подвержены колебаниям из года в год и тесно связаны с климатическими факторами.

Так как период формирования макростробилов и созревания семян сосны обыкновенной занимает около 2 лет, для каждого урожая нами рассмотрены климатические данные за двухлетний период. К наиболее физиологически значимым факторам для жизнедеятельности сосны, как показали дендрохронологические исследования на рассматриваемой территории [9], относятся осадки и температура воздуха за период вегетации. В засушливых условиях Восточного Забайкалья лимитирующим фактором являются осадки, недостаток которых в сочетании с высокими температурами воздуха вызывают усиление транспирации растений. Это приводит к снижению фотосинтетической активности и, как следствие, к ухудшению притока ассимилянтов к генеративным органам.

Закладка женских шишек, опыление и формирование семян урожая 2009 г. осуществлялось в 2007 г., когда климатические

условия вегетационного периода характеризовались низкой суммой осадков и высокими суммами температур ($T = 80,8$ °C, $P = 128,9$ мм), в то время как начало формирования семян урожая 2008 г. происходило в более благоприятных условиях 2006 г., когда суммы осадков периода вегетации составляли 221 мм, а температур – не превышали 70 °C.

Результаты анализа показывают, что малое количество осадков при высоких температурах на ранних сроках развития женских генеративных органов (формирование шишек, опыление и начало формирования семян) приводят к укорочению центральной оси макростробила, снижению всхожести и энергии прорастания семян, даже если дальнейшее развитие протекает в более благоприятных климатических условиях. Это хорошо прослеживается на материале, отобранном в 2009 г. Наряду с различием по годам у семян этого урожая выявляется дифференциация выборок в зависимости от уровня загрязнения участков. Генеративные органы, начальное развитие которых осуществлялась при достаточном количестве осадков со сравнительно невысокими весенне-летними температурами (урожай 2008 г.), расхождения с контролем не обнаруживают, что может охарактеризовать их как толерантные к существующему уровню загрязнения при определенных климатических параметрах.

Отмечаемое превышение длины шишек у деревьев на участке № 9 за оба периода исследования и сопоставимые с контролем данные по проращиванию семян связаны, очевидно, с расположением участка рядом с золоотвалом Читинской ТЭЦ 2. Данная электростанция работает на угле, в ее выбросах содержатся примеси биогенных элементов (кальций, магний, калий и др.), которые, по всей видимости, не только снижают деструктивное влияние поллютантов, но и оказывают благоприятное влияние на рост и развитие генеративных органов.

Таким образом, в исследуемом диапазоне природно-климатических условий отклик женской генеративной сферы сосны обыкновенной на техногенное воздействие

проявляется лишь в отдельные годы с неблагоприятными климатическими характеристиками в начальные периоды ее формирования. Более отчетливо эффект проявляется по энергии прорастания семян, что согласуется с данными других исследователей [10].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, грант 11-04-98013-р_сибирь_а.

Библиографический список

1. Придача, В.Б. Морфофизиологическая реакция *Pinus sylvestris* L. и *Picea obovata* Ledeb. при техногенном воздействии в условиях северо-запада России / В.Б. Придача, Т.А. Сазонова, Т.Ю. Таланова, А.В. Ольчев // Экология. – 2011. – № 1. – С. 25–33.
2. Антипов, В.Г. Устойчивость древесных растений к промышленным газам. / В.Г. Антипов. – Минск: Наука и техника, 1979. – 216 с.
3. Вахнина, И.Л. Характеристика семян сосны обыкновенной в зеленой зоне г. Читы (Восточное Забайкалье) / И.Л. Вахнина // Вестник КрасГАУ. – 2009. – № 8. – С. 98–103.
4. Федорков, А.Л. Влияние аэротехногенных загрязнений на сохранность семян и развитие зародыша сосны обыкновенной / А.Л. Федорков // Лесоведение. – 1994. – № 5. – С. 36–40.
5. Анисеев, Д.Р. Дифференциация деревьев сосны обыкновенной по комплексу признаков женской репродуктивной системы в условиях промышленного загрязнения / Д.Р. Анисеев, Л.Г. Бабушкина // Лесоведение. – 1997. – № 5. – С. 43–50.
6. Эколого-геохимическая карта г. Читы [Карты]. / сост. и подгот. к печати Забайкальским аэрогеодезическим предприятием Роскартографии в 1999 г.; отв. ред. Р. Н. Волосиков. – 1 : 30 000 – Чита: Забайк. аэрогеодез. предпр., 1998.
7. Бобринев, В.П. Семяношение сосны и лиственницы в Восточном Забайкалье / В.П. Бобринев // Лесоведение. – 1985. – № 4. – С. 62–65.
8. Мамаев, С.А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). / С.А. Мамаев. – М.: Наука, 1972. – 284 с.
9. Вахнина, И.Л. Радиальный прирост сосны обыкновенной в зеленой зоне г. Читы во второй половине прошлого столетия / И.Л. Вахнина // География и природные ресурсы. – 2011. – № 1. – С. 180–182.
10. Павлов, И.Н. Динамика посевных качеств семян *Larix sibirica* Ledeb. в насаждениях юга Сибири с 1936 по 2000 гг./ И.Н. Павлов, А. Г. Миронов // Хвойные бореальной зоны. – 2003. – № 1. – С. 14–21.

MORPHOBIOLOGICAL CHARACTERISTICS OF PINE GENERATIVE
ORGANS IN THE NATURAL AND ANTHROPOGENIC
CONDITIONS (EASTERN ZABAİKALSĀK)

Vakhnina I.L., Research Fellow of the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Candidate. biol. Science; Makarov V.P., Head of the Laboratory of plant resources of the Institute of Natural Resources, Ecology and Cryology SB RAS, Candidate. biol. Sciences

vahnina_il@mail.ru

Institute of natural resources, ecology and cryology SB RAS (INREC SB RAS), 672014, Chita, Nedorezov street, 16a

Results of morphological reaction of the female generative sphere of pine trees study in conditions with various intensity of man-caused impact with changing air temperatures and precipitation during vegetation period are given. Ripped-carpellate cones taken from model trees in 2008-2009 serve as a research material. Before the cones opening their length was measured (height of macrostrobilus central axis). Then cones were dried biologically until seeds fall from them. Seed sprouting for determine their quality was conducted at the premises of Chita seed station, according to the State Standards 13056.6-97 and 14161-86. Germinability and germination power served as diagnostic criteria for seeds quality valuation. Macrostrobilus height measurement allowed to identify significant differences between cones of 2008 and 2009 harvests. Thus, cones ripened in 2009 in comparison with the previous year have shortening of macrostrobilus central axis 2-2.6 times. Their average length on the sections varied from 1.2 cm to 1.5 cm (1.5 cm on the control), while for pine cones ripened in 2008 it ranged from 3.9 to 2.9 cm (3.1 cm control). It is determined that in each area cones of the same ripening stage are characterized by stable height macrostrobilus, their coefficient of variation does not exceed low ($C=8-12\%$) and medium ($C=13-20\%$) level. Cones of background area model trees also have a decrease of macrostrobilus height 2.2 times from year to year; variation of this indicator within one year do not exceed the average values. Statistically significant differences between the length of background stands and trees cones, growing on areas with different pollution intensity, are not found. Thus, in the investigated range of natural climatic conditions the female generative sphere of Scots pine response on anthropogenic impact becomes evident only in respective years with unfavourable climatic characteristics of its formation initial stages. The effect becomes more evident thanks to the seeds germinative power, that is consistent with other researchers' data.

Key words: pine, carpellate cone, seeds, technogenic pollution, climate

References

1. Pridacha V.B., Sazonova T.A., Talanova T.Yu., Ol'chev A.V. *Morfofiziologicheskaya reaktsiya Pinus sylvestris L. i Picea obovata Ledeb. pri tekhnogennom vozdeystvii v usloviyakh severo-zapada Rossii* [Morphophysiological reaction Pinus sylvestris L. and Picea obovata Ledeb. at technogenic influence in the conditions of Northwest Russia]. *Ekologiya*. 2011. № 1. pp. 25-33.
2. Antipov V.G. *Ustoychivost' drevesnykh rasteniy k promyshlennym gazam* [Sustainability of woody plants for industrial gases]. Minsk: Nauka i tekhnika, 1979. 216 p.
3. Vakhnina I.L. *Kharakteristika semyan sosny obyknovennoy v zelenoy zone g. Chity (Vostochnoe Zabaykal'e)* [Feature pine seeds in the green city of Chita (Eastern Transbaikalia)]. *Vestnik KrasGAU*. 2009. № 8. pp. 98-103.
4. Fedorkov A.L. *Vliyaniye aerotekhnogennykh zagryazneniy na sokhrannost' semyapochek i razvitiye zarodysha sosny obyknovennoy* [Influence of environmental contamination on the safety of the ovules and embryo development of Scots pine]. *Lesovedenie*. 1994. № 5. pp. 36-40.
5. Anikeev D.R., Babushkina L.G. *Differentsiatsiya derev'ev sosny obyknovennoy po kompleksu priznakov zhenskoy reproductivnoy sistemy v usloviyakh promyshlennogo zagryazneniya* [Differentiation of Scots pine trees on a set of attributes of the female reproductive system in terms of industrial pollution]. *Lesovedenie*. 1997. 5. pp. 43-50.
6. *Ekologo-geokhimicheskaya karta g. Chity [Karty] / sost. i podgot. k pechati Zabaykal'skim aerogedezicheskim predpriyatiem Roskartografii v 1999 g.; otv. red. R. N. Volosikov* [Ecological-geochemical map of the city of Chita [Maps]]. 1 : 30 000. Chita. Zabayk. aerogedez. predpr., 1998.
7. Bobrinev V.P. *Semyanosheniye sosny i listvenitsy v Vostochnom Zabaykal'e* [Semyanosheniye pine and larch in East Transbaikalia]. *Lesovedenie*. 1985. № 4. pp. 62-65.
8. Mamaev S.A. *Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy (na primere semeystva Pinaceae na Urale)* [Forms of intraspecific variation of woody plants (for example, family Pinaceae in the Urals)]. Moscow. Nauka, 1972. 284 p.
9. Vakhnina I.L. *Radial'nyy prirost sosny obyknovennoy v zelenoy zone g. Chity vo vtoroy polovine proshlogo stoletiya* [Radial growth of Scots pine in the green city of Chita in the second half of the last century]. *Geografiya i prirodnye resursy*. 2011. № 1. pp. 180-182.
10. Pavlov I.N., Mironov A.G. *Dinamika posevnykh kachestv semyan Larix sibirica Ledeb. v nasazhdeniyakh yuga Sibiri s 1936 po 2000 gg.* [Dynamics of sowing qualities of seeds Larix sibirica Ledeb. plantations in the south of Siberia from 1936 to 2000.]. *Khvoynye boreal'noy zony*. 2003. № 1. pp. 14-21.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВЫХ ХРОНОЛОГИЙ СОСНЯКОВ, ПРОИЗРАСТАЮЩИХ НА ТОРФЯНЫХ ПОЧВАХ

В.С. ВЕРНОДУБЕНКО, доц. каф. лесного хозяйства Вологодской государственной молочно-хозяйственной академии им. Н.В. Верещагина, канд. с.-х. наук

quercus45@mail.ru

ФГБОУ ВПО ВГМХА им. Н.В. Верещагина, 160555, Вологда-Молочное, ул. Шмидта, д. 2

В статье приведены результаты обработки кернов и спилов с 20 пробных площадей. Целью проведенных исследований стала оценка влияния климатических факторов на динамику радиального прироста сосновых древостоев при различных типах заболачивания почв в Вологодской области. Вся методика работ сводилась к определению морфологической структуры насаждений (породный состав, высота, диаметр, возраст) и горизонтальной и вертикальной дифференциациям деревьев, совместно с бонитетом и запасом. Для дендрохронологического исследования использовались спиловы и керны с деревьев, которые отбирались на высотной отметке 0,65 м [1–5]. В ходе работ были получены выводы о том, что для сосны растущей на торфяных территориях характерна небольшая величина погодичной изменчивости ширины радиального прироста. А также в большинстве случаев изменчивость температурного режима окружающей среды и торфяных почв из-за их высокой теплоизоляционной способности не оказывает значимого влияния и вносит незначительный вклад в формирование и величину прироста сосны. Что касается осадков – их изменчивость имеет определяющее воздействие на рост сосны по диаметру. Стоит отметить, что по мере насыщенности торфов влагой в древостоях увеличивается влияние осадков на ширину годичных колец. Полученные коэффициенты чувствительности (0,22-0,36) указывают на то, что изменчивость индексов прироста незначительна. Что указывает, на однородную степень реакции деревьев в данных лесорастительных условиях на изменения внешних факторов. Коэффициенты корреляции между индивидуальными хронологиями в большинстве случаев показали значительную и высокую тесноту связи между размерами прироста у деревьев. Связь в колебаниях ширины годичных колец, количественно оценена показателем соотношения «сигнал-шум». «Сигнал» для всех объектов в 9 – 19 раз больше, чем изменение величины прироста, вызванное индивидуальными особенностями деревьев («шум»).

Ключевые слова: сосна, радиальный прирост, температура, осадки

Согласно принципу отбора районов и местообитаний для проведения дендрохронологического анализа берутся образцы древесины в неблагоприятных и экстремальных климатических и почвенно-гидрологических условиях. Из типов местообитания наиболее пригодными признаны в основном сухие и избыточно увлажненные. Для условий Вологодской области такими могут являться фитоценозы, произрастающие на торфяных почвах, так как близко залегающие к поверхности почвенно-грунтовые воды снижают энергию роста деревьев.

Целью проведенного исследования стала оценка влияния климатических факторов на динамику радиального прироста сосновых древостоев при различном типе заболачивания почв.

Объектами исследования были ранее и вновь заложенные постоянные пробные площади в естественных условиях местопроизрастания. Классификационной единицей при подборе объектов был принят тип леса как показатель однородности условий местопроизрастания. Коренной тип леса уста-

навливался по классификации заболоченных и болотных лесов, разработанной Н.И. Пьявченко (1974) на основе типологии таежных лесов В.Н. Сукачева (1961) [7].

Методика работ сводилась к определению морфологической структуры насаждений, что включало определение породного состава, размерности (высота, диаметр), возраста. Были определены горизонтальная (густота, полнота) и вертикальная (положение деревьев в пологе, ярусность) дифференциация древостоев и производительность, выраженная классом бонитета и запасом.

Для дендрохронологического исследования использовались спиловы и керны с деревьев, которые отбирались на высотной отметке 0,65 м. В дальнейшем срезы зачищались, шлифовались и маркировались. Для подсчета количества годичных приростов и измерения их ширины использовался бинокуляр МБС-9. Точность определения календарного года формирования каждого прироста, контролировалась при помощи метода перекрестной датировки графиков индивидуальной изменчивости ширины годичных колец.

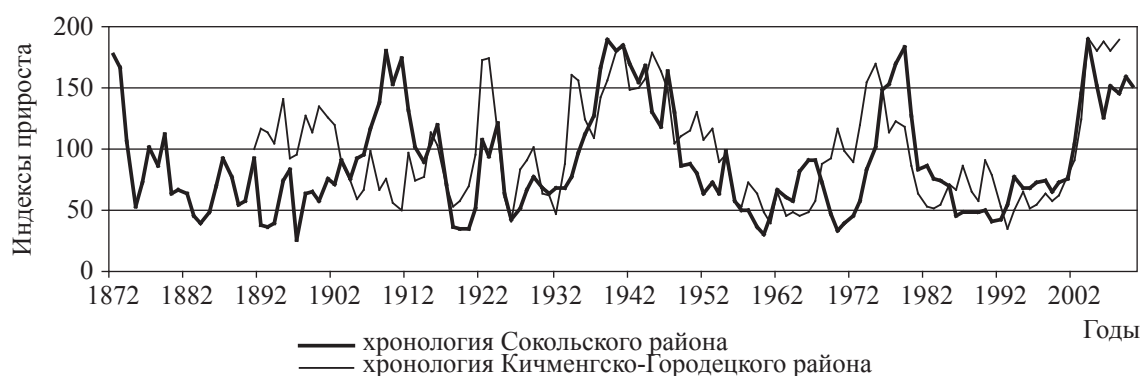


Рисунок. Древесно-кольцевые хронологии сосняков осоково-сфагновых
Fig. Tree-ring chronologies pine sedge-sphagnum

Стандартизация, а именно перевод абсолютных величин прироста (мм) в относительные величины (индексы прироста) осуществлялась отдельно для каждого радиуса путем деления абсолютной величины каждого года на норму прироста за этот же год. Норма прироста определялась при помощи построения сплайн-функций.

Для выявления тесноты связи между климатическими переменными и индексами прироста использовали коэффициенты корреляции. Данные наблюдений за погодными условиями брались в районных метеорологических станциях, наиболее близких к объектам исследования.

В целях выявления параметров циклических колебаний в рядах индексов радиального прироста применялось спектральное разложение по методу максимума энтропии, линейная фильтрация и аппроксимация основных циклов синусоидами по методу наименьших квадратов в программах Spectr и Sinus, разработанных В.С. Мазепой (1984).

Результаты и обсуждение. Хронологии радиального прироста сосняков, произрастающих на торфяных почвах, имеет специфические черты, отличные от других лесорастительных условий. Полученные коэффициенты чувствительности (0,22–0,36) указывают на то, что изменчивость индексов прироста незначительна. Синхронность изменения ширины годовых колец имеет показатели от средних до высоких. Наибольшая величина наблюдается у деревьев на верховой торфяной за-

лежи. Это указывает, что деревья, растущие в данных лесорастительных условиях, в большей степени одинаково реагируют на изменения внешних факторов. По мере улучшения условий местопроизрастания синхронность колебаний прироста несколько снижается.

Коэффициенты корреляции между индивидуальными хронологиями в большинстве случаев показали значительную и высокую тесноту связи между размерами прироста у деревьев. Связь в колебаниях ширины годовых колец количественно оценена показателем соотношения «сигнал–шум». «Сигнал» для всех объектов в 9 – 19 раз больше, чем изменение величины прироста, вызванное индивидуальными особенностями деревьев («шум»).

Следует отметить, что у деревьев, растущих в одинаковых типах леса и находящихся на значительном расстоянии друг от друга, прослеживается схожая тенденция динамики индексов прироста (рис. 1). В редких случаях присутствует асинхронность прироста, между годами экстремальных его величинами.

Приведенные на рисунке хронологии были построены по деревьям, произрастающим на расстоянии более 200 километров друг от друга, однако связь между ними достаточно высокая, коэффициент корреляции между хронологиями 0,61.

Изменение ширины годовых колец у хвойных видов обладает высокой зависимостью от условий внешней среды предшествующего года роста. На это указывают

Связь индексов прироста с выпадающими осадками за гидрологический год
Connection with the index growth by precipitation for the hydrological year

Индекс типа леса	Коэффициенты корреляции индексов прироста с месячным количеством осадков											
	предшествующий год				текущий год							
	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
С.сф.–ртр.	-0,02	-0,14	0,08	-0,28	-0,35	-0,12	-0,22	-0,07	0,01	0,07	-0,06	0,09
С.ос.–сф.	-0,07	-0,08	-0,17	-0,25	-0,43	-0,17	-0,36	-0,04	0,17	0,11	-0,13	0,25
С.куст.–сф.	0,11	-0,12	-0,14	-0,19	-0,50	-0,32	-0,19	-0,21	-0,16	-0,14	0,10	0,01

Примечание: выделенные значения являются достоверными

Параметры основных циклов в изменчивости радиального прироста в сосняках
Parameters of the main cycles in the variability of radial growth in pine forests

Индекс типа леса	Показатели среднего периода (1 – лет) и средней амплитуды (2 – %) выделенных циклов в хронологиях индексов прироста			
	1		2	
	1	2	1	2
С.куст.–сф.	32,5	9,6	12,9	11,3
С.ос.–сф.	30,4	6,4	–	–
С.куст.–сф.	34,6	12,4	13,5	10,2
С.куст.–сф.	34,6	13,7	13,7	17,5
С.вахт.–сф.	32,4	11,8	11,9	9,2

высокие показатели автокорреляции I-го порядка (0,74–0,88). Деревья, аккумулируя и перераспределяя питательные вещества, в неблагоприятный для роста год формируют сравнительно широкие годичные кольца. В то же время снижение прироста может происходить в следующие один или даже два вегетационных периода.

Влияние температуры на радиальный прирост оценивалось в разном сочетании. Это месячные, сезонные и годовые суммы температур окружающей среды, а также их сумма за вегетационные периоды (май–октябрь) предшествующего и текущего года роста деревьев. Полученные результаты показали, что колебание температуры не вносит значимого вклада в формирование величины радиального прироста заболоченных сосняков. Для большинства объектов коэффициенты корреляции не достигали значимых значений.

Коэффициенты корреляции между приростом и осадками (табл. 1) показали, что они вносят большой вклад в формирование размера годичных годовых колец, чем температура окружающей среды. Увеличение их количества в большинстве случаев приводит

к уменьшению ширины годичного слоя древесины.

Из рассмотренных вариантов для всех объектов характерно негативное воздействие увеличения осадков зимних месяцев на текущий прирост. В большей степени это касается января, для которого получены достоверные значения коэффициентов корреляции для всех видов торфяной залежи.

Многими авторами отмечается, что изменчивость радиального прироста деревьев имеет упорядоченный характер. В его динамике присутствуют регулярные многолетние колебания (цикличность) различной длительности. В древесно-кольцевых хронологиях сосняков, растущих на торфяных почвах, наиболее часто встречаются внутривековые циклы (период до 60 лет). Характеристики полученных циклов (табл. 2) выделялись в сериях методом линейной фильтрации хронологии индексов прироста [9–12].

Каждый из циклов считается достоверным, если в хронологии выявлено не менее 3 – 5 циклов определенной продолжительности. В сосновых древостоях практически на всех объектах присутствуют циклы колебаний прироста длительностью 2–5 лет.

Выводы

При увеличении уровня стояния грунтовых вод и снижении естественного плодородия, от низинной к верховой стадии развития болот, в приросте деревьев наблюдается увеличение общего сигнала сосняков на изменения условий окружающей среды. Можно также отметить следующие:

1. Для сосны, растущей на торфяных почвах, территориях, характерна небольшая величина погодичной изменчивости ширины радиального прироста. Это вызвано особенностью проявления климатических факторов региона исследования, почвенно-грунтовыми условиями торфяных залежей и физиологией данных древесных видов.

2. В большинстве случаев изменчивость температурного режима окружающей среды и торфяных почв из-за их высокой теплоизоляционной способности не оказывает значимого влияния и вносит незначительный вклад в формирование и величину прироста сосны.

3. Изменчивость осадков имеет определяющее воздействие на рост сосны по диаметру. Повышение количества твердых осадков зимних месяцев приводит к ухудшению водного режима почв и сдерживает ростовые процессы деревьев. Отмечается также, что по мере насыщенности торфов влагой в древостоях увеличивается влияние осадков на ширину годовичных колец.

5. В исследованных древесно-кольцевых хронологиях прослеживаются вековые и внутривековые циклы различной длительности. Наиболее представленными являются циклы периодом 30–37 лет и 12–15 лет. В хронологиях присутствуют циклы длительностью от 2 до 5 лет, которые вызваны физиологическими особенностями анализируемой древесной породы.

Библиографический список

1. Рихтер, И.Э. Влияние биологической мелиорации и периодического недостатка влаги на динамику прироста у сосны и ели // Дендроклиматические исследования в СССР: Материалы 3 Всесоюзной конференции по дендроклиматологии. – Архангельск, 1978 – С. 142–143
2. Петрик, Н.И. Учет эффективности лесоосушения дендроклиматологическим способом в некоторых типах леса Архангельского лесхоза / Н.И. Петрик, П.А. Феклистов // Дендроклиматологические исследования в СССР: Материалы 3-й Всесоюзной конференции по дендроклиматологии. – Архангельск, 1978 – С. 174.
3. Кукушкин, Е.Н. Формирование годовичного слоя древесины в осушенном и удобренном сосняке / Е.Н. Кукушкин // Дендроклиматологические исследования в СССР: Материалы 3-й Всесоюзной конференции по дендроклиматологии. Архангельск, 1978 – С. 93.
4. Ловелиус, Н.В. Радиальный прирост сосны в сфагновых сосняках лесной зоны России и глобальные факторы среды / Н.В. Ловелиус, К.Н. Дьяконов, С.Б. Пальчиков, А.Ю. Ретеюм и др. // Общество. Среда. Развитие, 2013. – № 4 (29). – С. 251–259.
5. Стравинскене, В.П. Динамика ранней и поздней древесины в годовичных кольцах деревьев и ее изменение вследствие осушения / В.П. Стравинскене // Лесоведение, 1983, № 6 – С. 29–34
6. Пьявченко, Н.И. О научных основах классификации болотных биогеоценозов / Н.И. Пьявченко // Типы болот СССР и принципы их классификации. – Л.: Наука, 1974. – С. 35–43.
7. Сукачѳ, В.Н. Методические указания к изучению типов леса / В.Н. Сукачѳ, С.В. Зонн. – М.: АН СССР, 1961. – 144 с.
8. Мазепа, В.С. Современные подходы при изучении дендрохронологической информации и анализа временных рядов / В.С. Мазепа. – Красноярск: Препринт ИФ СО АН СССР, 1984. – 51 с.
9. Мазепа, В.С. Пространственно-временная изменчивость радиального прироста хвойных видов деревьев в субарктических районах Евразии: дисс. ... д-ра биол. наук / В.С. Мазепа. – Екатеринбург, 1998 – 38 с.
10. Шиятов, С.Г. Методы дендрохронологии. Ч. 1. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации. Учебно-методическое пособие / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов, В.Б. Круглов, В.С. Мазепа, М.М. Наузбаев, Р.М. Хантемиров. – Красноярск: КрасГУ, 2000. – 80 с.
11. Жаворонков, Ю.М. Использование методов дендрохронологии в судебно-ботанических экспертизах, производимых на базе ЭКЦ УВД по Вологодской области, при расследовании преступлений по незаконным рубкам леса / Ю.М. Жаворонков // Криминалистические средства и методы в раскрытии и расследовании преступлений. – М.: ЭКЦ МВД РФ, 2009. – С. 203–206.

RESULTS OF TREE-RING CHRONOLOGIES RESEARCH
OF PINE FORESTS GROWING ON PEAT SOILS

Vernodubenko V.S., Associate Professor, Department of Forestry FSBE VPO N.V. Vereshchagin VSMA

quercus45@mail.ru

FSBEE VPO N.V. Vereshchagin VSMA, 160555, Vologda-Molochnoe, Shmidta st., 2

The article contains the results of processing of cores and saw cuts from 20 sample plots. The aim of the research was evaluation of climatic factors influence on the dynamics of radial growth of pine stands with different type of soils waterlogging in Vologda region. The whole methodology came down to the plants morphological structure determination (species composition, height, diameter, age) and to horizontal and vertical differentiations of trees, together with site quality and forest yield. For dendrochronological research the saw cuts and cores were used which were selected on the altitude of 0.65 m. In the course of the works it was concluded that for a pine growing on peat areas a little annual variability of the radial growth width is characterized. And in most cases the variability of the environment temperature conditions and peat soils because of their high insulation capacity does not have a significant impact and makes a minor contribution to the formation and value of pine growth. As for precipitation - their variability has a major impact on the growth of pine in diameter. It stands to mention that as the peat is saturated with moisture, the influence of precipitation on the width of annual rings in the stands increases. The obtained sensitivity coefficients (0.22-0.36) indicate that the variability of the growth indices is negligible. That points out to a uniform degree of trees reaction in these forest conditions to changes in external factors. Correlation coefficients between individual chronologies in most cases showed significant and high relation between the volume of the trees growth. The connection of annual rings width variations is quantitative by the ratio value of "signal - noise". "Signal" for all the objects is 9 - 19 times greater than the change of the growth value caused by trees individual characteristics ("noise").

Key words: pine, radial growth, temperature, precipitation

References

1. Rikhter I.E. *Vliyanie biologicheskoy melioratsii i periodicheskogo nedostatka vlagi na dinamiku prirosta u sosny i eli* [Influence of biological reclamation and periodic lack of moisture on the dynamics of growth in pine and spruce]. Dendroklimaticheskie issledovaniya v SSSR: Materialy 3 Vsesoyuznoy konferentsii po dendroklimatologii. Arkhangel'sk, 1978. pp.142-143
2. Petrik N.I., Feklistov P.A. *Uchet effektivnosti lesoosusheniya dendroklimatologicheskim sposobom v nekotorykh tipakh lesa Arkhangel'skogo leskhoza* [Monitor the impact of forest drainage dendroklimatologicheskim way in some forest types Arkhangel'sk Forestry]. Dendroklimatologicheskie issledovaniya v SSSR, Materialy 3 Vsesoyuznoy konferentsii po dendroklimatologii. Arkhangel'sk, 1978. pp.174
3. Kukushkin E.N. *Formirovanie godichnogo sloya drevesiny v osushennom i udobrennom sosnyake* [The formation of the annual ring of wood in dry and fertilized pine]. Dendroklimatologicheskie issledovaniya v SSSR: Materialy 3 Vsesoyuznoy konferentsii po dendroklimatologii. Arkhangel'sk, 1978. pp. 93
4. Lovelius N.V., D'yakonov K.N., Pal'chikov, S.B., Reteyum A.Yu., Rumyantsev D.E., Lipatkin V.A., Cherakshev A.V. *Radial'nyy prirost sosny v sfagnovykh sosnyakakh lesnoy zony Rossii i global'nye faktory sredi* [Radial growth of pine trees in the pine forests of sphagnum forest zone of Russia and global environmental factors]. *Obshchestvo. Sreda. Razvitie*. № 4 (29), 2013. pp. 251-259.
5. Stravinskene V.P. *Dinamika ranney i pozdney drevesiny v godichnykh kol'tsakh derev'ev i ee izmenenie vsledstvie osusheniya* [Dynamics of early and late wood in tree rings and its change due to drainage]. *Lesovedenie*, 1983, № 6 pp. 29-34
6. P'yavchenko N.I. *O nauchnykh osnovakh klassifikatsii bolotnykh biogeotsenozov* [On the scientific basis for the classification of wetland ecosystems]. *Tipy bolot SSSR i printsipy ikh klassifikatsii*. L.: NAUKA, 1974. pp. 35-43.
7. Sukachev V.N., Zonn S.V. *Metodicheskie ukazaniya k izucheniyu tipov lesa* [Methodological guidelines for the study of forest types]. Moscow. AN SSSR, 1961. 144 p.
8. Mazepa V.S. *Sovremennyye podkhody pri izuchenii dendrokronologicheskoy informatsii i analiza vremennykh ryadov* [Modern approaches in the study of dendrochronological data and time series analysis]. Krasnoyarsk: Preprint IF SO AN SSSR, 1984. 51 p.
9. Mazepa V.S. *Prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' radial'nogo prirosta khvoynykh vidov derev'ev v subarkticheskikh rayonakh Evrazii* [Spatio-temporal variability of radial growth of coniferous tree species in the subarctic regions of Eurasia]. Avtoref. dis...d.b.n. Ekaterinburg: 1998. 38 p.
10. Shiyatov S.G., Vaganov E.A., Kirryanov A.V., Kruglov V.B., Mazepa V.S., Nauzbaev M.M., Khantemirov R.M. *Metody dendrokronologii. Chast' I. Osnovy dendrokronologii. Sbor i poluchenie drevesno-kol'tsnvoy informatsii* [Methods of dendrochronology. Part 1 Fundamentals of dendrochronology. Collection and preparation of wood kol'tsnvoy information]. Uchebno-metodicheskoe posobie. Krasnoyarsk: KrasGU, 2000. 80 p.
11. Zhavoronkov Yu.M. *Ispol'zovanie metodov dendrokronologii v sudebno-botanicheskikh ekspertizakh, proizvodimykh na baze EKTs UVD po Vologodskoy oblasti, pri rassledovanii prestupleniy po nezakonnym rubkam lesa* [The use of dendrochronology in forensic botanical examinations made on the basis EKC ATC in Vologda region, the investigation of crimes by illegal felling] *Kriminalisticheskie sredstva i metody v raskrytii i rassledovanii prestupleniy*. Moscow, EKTs MVD RF, 2009. pp. 203-206.

НОВЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫБОРОЧНОГО СПОСОБА ТАКСАЦИИ ЛЕСА

М.Д. ГИРЯЕВ, проф., зав. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ, д-р с.-х. наук,
В.В. ЗАВАРЗИН, проф. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,
К.С. АКСЕНОВА, асп. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ, магистр

caf-lesustr@mgul.ac.ru, axenov.pa@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Разработка нового выборочно-измерительного способа таксации леса связана с необходимостью замены устаревших материалов лесоустройства и получением реальной картины количественного и качественного состояния лесного фонда в конкретных объектах с минимальными материально-денежными затратами. В статье приведена разработка эффективной и недорогой методики, основанной на использовании материалов дистанционного зондирования земли и выборочном способе таксации лесов позволяющей определять качественные и количественные характеристики насаждений, проводить проектирование мероприятий по охране, защите, воспроизводству лесов и создавать различные тематические карты лесных участков. На первых этапах разработки и внедрения предлагаемого метода, точность определения запаса, как основного таксационного показателя, может быть ориентирована на точность, рекомендуемую лесоустроительной инструкцией для второго разряда лесотаксационных работ, с определённой корректировкой, учитывающей специфику лесного фонда в объекте. Рекомендуется следующая точность определения запасов от 10 % в хвойных стратах до 30 % в осиновых молодняках. Чрезвычайно важным вопросом, который приходится решать при применении выборочно-статистических методов лесочётных работ является определение объёма выборки (числа пробных площадей). При определении числа пробных площадей необходимо принимать во внимание то обстоятельство, что выделяемый однородный участок леса (страта) будет состоять из разных, часто различающихся частей. Обоснование затрат на проведение работ по предлагаемому способу таксации леса показывает возможность его применения с высокой экономической эффективностью. Так, при площади объекта в 1 млн га, необходимости закладки пробных площадей в пределах 550–600 шт., стоимость работ в пересчёте на 1 га составит порядка 30–35 руб/га.

Ключевые слова: дистанционное зондирование, выборочная таксация, страты, запас.

Внедрение ГИЛ привело к смене приоритетов – в последние годы работы по лесоустройству земель лесного фонда практически не финансировались. В соответствии с Лесным кодексом РФ 2006 г. [1] не предусматривалось бюджетное финансирование лесоустроительных работ, необходимых для организации и ведения лесного хозяйства и лесопользования как по лесничествам, так и по арендуемым лесным участкам. Ситуация изменилась в 2012 г.

Разработка нового выборочно-измерительного способа таксации леса связана с необходимостью замены устаревших материалов лесоустройства и получения реальной картины количественного и качественного состояния лесного фонда в конкретных объектах с минимальными материально-денежными затратами.

Развитие дистанционных методов зондирования позволяет получить космические снимки высокого разрешения, которые в сочетании с выборочно-статистическими методами могут служить надёжной основой для разработки алгоритма формирования страт,

размещения и обработки пробных площадей, с последующим получением необходимой информации о состоянии лесного фонда.

Предлагаемый новый способ таксации лесов с применением выборочно-статистической основы базируется на следующем методическом подходе к установлению критериев точности и формированию страт.

По данным последнего государственного учёта лесов, предварительно анализируются количественные и качественные показатели лесного фонда в субъекте Российской Федерации, намечается выделение приоритетных страт и точность определения в них основных таксационных показателей, которые в дальнейшем уточняются для каждого конкретного объекта с учетом его особенностей на основе реального состояния лесов по материалам дистанционного зондирования. При этом число учитываемых показателей для выделения страт должно определяться возможностью их точного определения по материалам ДЗЗ как при автоматизированном их дешифрировании, так и при аналитическом. Также необходимо минимизировать ис-

пользование таксационных материалов последнего базового лесоустройства объекта, имеющих значительные отклонения по точности определения показателей.

С учетом изложенного в основу выделения страт могут быть включены однородные характеристики насаждений по группам состава, группам классов возраста и группам полнот.

По группам состава преобладающей породы (Сосна, Ель, Береза):

8–9–10 ед. (чистые);

5–6–7 ед. (с преобладанием);

2–3–4 ед. (с преобладанием хвойных).

По группам полноты (Сосна, Ель, Береза):

0,8–0,9–1,0 (высокополнотные);

0,5–0,6–0,7 (среднеполнотные);

0,3–0,4 (низкополнотные).

Группы полнот необходимо увязать с густотой.

По группам классов возраста (Сосна, Ель, Береза):

I группа – 1–2 классы возраста;

II группа – 3–4 классы возраста;

III группа – 5 и выше классы возраста.

Для осины с учетом ее качественных характеристик:

I группа – 1–2 классы возраста;

II группа – 3 и выше классы возраста.

Минимальный размер страт может быть не менее среднего размера таксационного выдела в объекте. Максимальный размер страт не ограничен. С целью обоснования предварительного выделения страт, на примере лесов, находящихся на севере европейской части страны, по данным государственного учета был проведен анализ лесного фонда по хозяйствам, классам бонитета, группам пород и полнотам отдельно для Республики Коми, Архангельской и Вологодской областей.

Анализ распределения насаждений в Республике Коми показал, что хвойные насаждения представлены в основном V и ниже бонитетом (свыше 75 %). По группам полнот в пределах классов бонитета эти насаждения в основном представлены в той же пропорции (75 %) полнотами 0,5–0,7.

По Архангельской области доминируют хвойные породы V и IV классов бонитета (около 80 %), при этом по всем бонитетам также преобладает группа полнот 0,5–0,7 (свыше 75 %).

Вологодская область представлена в основном хвойными насаждениями III, IV и V классов бонитета (свыше 75 %). В этом регионе наиболее распространены хвойные древостои с полнотой 0,5–0,7 (свыше 70 %). Так же может быть проанализирована возможность предварительного формирования страт и по мягколиственным породам.

На основе анализа материалов государственного учета лесов этих лесных регионов по хвойным породам можно сделать выводы:

1. Отсутствие необходимости выделения страт по группам полнот.

2. Выделение страт по классам бонитета возможно только на основе материалов лесоустройства. Вместе с тем, с помощью материалов ДЗЗ возможно выделение основных ландшафтов, характеризующих коренные группы типов леса в них, которые могут служить основанием для формирования страт.

В целях обоснования формирования предварительных страт в объекте лесоустройства – лесничество или арендованный лесной участок – может быть использована характеристика земель лесного фонда по данным государственного учета лесов или показатели последнего базового лесоустройства.

Для примера в качестве опытного полигона рассмотрим характеристику лесного фонда двух лесничеств Республики Коми – Прилузское и Летское (табл. 1).

В Летском и Прилузском лесничествах в эксплуатационных лесах основными лесообразующими породами являются береза, ель, сосна, осина. В березовых насаждениях доминируют спелые, перестойные и средневозрастные насаждения. Молодняки занимают незначительную площадь. В сосновых насаждениях – средневозрастные и припевающие.

В еловых, как и в осиновых насаждениях – спелые и перестойные.

Предлагается следующая технологическая схема формирования страт, которые

Распределение лесов по преобладающим породам и группам возраста в Республике Коми (Летское л-во + Прилузское л-во), млн га
Distribution of forests by dominant species and age in the Republic of Komi (Letskoe l of l + Priluzskoje of) million hectares

Эксплуатационные леса								
Преобладающие породы	всего	в том числе по группам возраста						
		молодняки		средневозрастные		приспевающие	спелые и перестойные	
		1 класса	2 класса	всего	в т.ч. включ. в расч.		всего	в т.ч. перестойные
Основные лесообразующие породы в эксплуатационных лесах								
Хвойные:								
Сосна, млн га/ %	34,7/100	0,7/2,0	3,1/9,0	13,2/37,9	6,1/—	10,8/31,2	6,9/19,9	2,2/—
Ель, млн га/ %	37,0/100	1,7/4,5	5,3/14,5	10,6/28,7	3,1/—	3,0/8,1	16,4/44,2	8,7/—
Итого хвойных млн га/ %	71,7/100	2,4/3,3	8,4/11,8	23,8/33,1	9,2/—	13,8/19,3	23,3/32,5	10,8/—
Мягколиственные:								
Береза, млн га/ %	67,6/100	4,9/7,2	5,6/8,3	22,4/33,1	15,2/—	8,4/12,4	26,3/39,0	7,5/—
Осина, млн га/ %	27,3/100	4,9/17,9	2,2/8,2	0,4/1,4	0,4/—	0,5/2,0	19,3/70,5	16,1/—
Ольха серая, млн га/ %	0,1/100	—	—	—	—	—	0,1/100	—
Ивы древовидные, млн га/ %	0,015/100	0,011/73,3	—	—	—	0,004/26,7	—	—
Итого мягколиств., млн га/ %	95,0/100	9,8/10,3	7,8/8,2	22,7/24,0	15,6/—	9,0/9,4	45,7/48,1	23,6/—
Всего млн га/ %	166,7/100	12,2/7,3	16,3/9,8	46,5/27,9	24,8/—	22,7/13,6	69,0/41,4	34,5/—

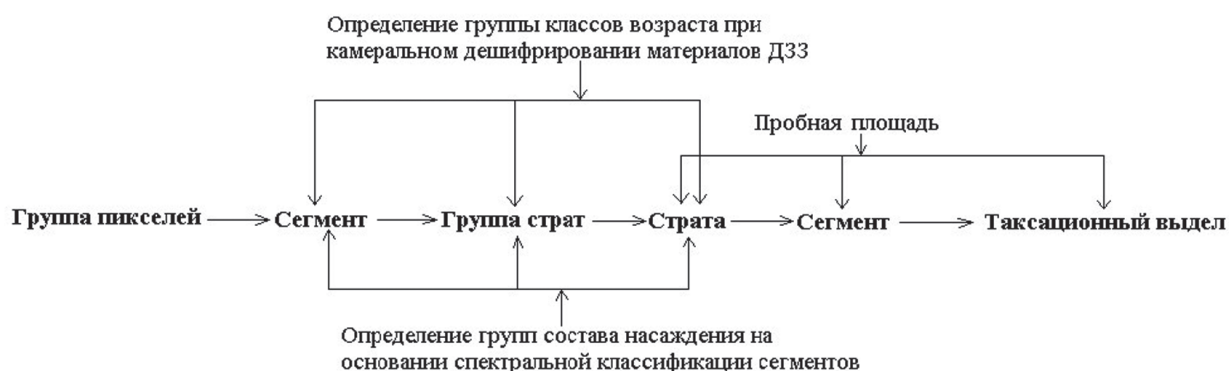


Рисунок. Технологическая схема формирования страт
 Fig. Flow diagram of formation of striations

являются основой закладки пробных площадей для определения таксационных характеристик выдела (рисунок).

На основании спектральной классификации сегментов, земель лесного фонда опытного полигона, формируются следующие группы страт: хвойные, мягколиственные, нелесные площади, не покрытые лесом площади.

Конкретные страты, в пределах каждой группы, по совокупности сегментов, входящих в них, формируются исходя из породного состава и возраста.

Группы состава для Сосны и Ели:

- 1-я – 8–10 ед. состава – чистые,
 - 2-я – 5–7 ед. состава – с преобладанием главной породы,
 - 3-я – 2–4 ед. состава – с преобладанием главной породы;
- для Осины и Березы – по их преобладанию.

Основой определения критерия формирования страт по группам классов возраста для всех пород является контурное дешифрирование космических снимков.

Независимо от выделения границ сегментов по спектральным характеристикам осуществляется контурное дешифри-

Число страт, формируемых в пределах групп состава преобладающей породы и группы классов возраста
Number of strata formed within the groups of the dominant breed and age group classes

Порода	Группы состава	Группы классов возраста	Возможное число страт
Сосна	3	3	9
Ель	3	3	9
Береза	1	3	3
Осина	1	2	2

рование космических снимков. При этом границы таксационных выделов последнего базового лесоустройства не должны меняться, за исключением вновь образованных вырубок, гарей, прогалин. В пределах границ таксационного выдела таксатором определяется группа классов возраста на основании следующих дешифровочных признаков [2]:

- для полога молодняков характерно слитное изображение крон на снимках;
- отдельные кроны становятся различимыми только в начале II класса возраста. В IV и выше классов возраста – обособленность крон более четкая, между ними хорошо видны промежутки.

При аналитическом дешифрировании для контроля определения группы классов возраста может использоваться возраст насаждений, установленный при базовом лесоустройстве. Определенная таксатором при дешифрировании снимка для каждого таксационного выдела группа классов возраста переносится в каждый сегмент, включаемый в границы таксационного выдела.

Предлагаются следующие критерии формирования страт по группам классов возраста:

- для Сосны и Ели
 - 1-я – до 40 лет,
 - 2-я – до 80 лет,
 - 3-я – более 80 лет;
- для Березы
 - 1-я – до 20 лет,
 - 2-я – до 40 лет,
 - 3-я – более 40 лет;
- для Осины
 - 1-я – до 20 лет,
 - 2-я – более 20 лет.

В табл. 2 представлено число страт, формируемых на основании установленных критериев для покрытых лесом площадей.

Для опытного полигона предлагается сформировать 23 страты на покрытых лесом площадях.

На первых этапах разработки и внедрения предлагаемого метода точность определения запаса как основного таксационного показателя может быть ориентирована на точность, рекомендуемую лесоустроительной инструкцией для второго разряда лесотаксационных работ с определенной корректировкой, учитывающей специфику лесного фонда в объекте.

Рекомендуется следующая точность определения запасов от 10 % в хвойных стратах до 30 % в осиновых молодняках.

Чрезвычайно важным вопросом, который приходится решать при применении выборочно-статистических методов лесочетных работ, является определение объема выборки (числа пробных площадей).

При статистическом методе инвентаризации лесов наиболее целесообразно применение метода расслоенного случайного отбора. При выделении страт можно минимизировать количество наблюдений для получения нужных характеристик за счет снижения их варьирования в страте.

Число пробных площадей в страте для определения таксационных показателей зависит от величины изменчивости основного признака – запаса.

При расчете числа пробных площадей можно учитывать накопленный опыт изучения изменчивости запасов.

При определении числа пробных площадей необходимо принимать во внимание то

обстоятельство, что выделяемый однородный участок леса (страта) будет состоять из разных, часто различающихся частей. Ошибки таксации такого, как бы однородного участка измерительным или глазомерным способом, зависят от его реальной неоднородности, связанной с различной степенью неравномерности распределения по площади страты деревьев разных пород, размеров и качества. Если бы такая неравномерность отсутствовала, можно было бы получать достоверные данные для страты путем закладки нескольких небольших пробных площадей в любой ее части.

По структуре страта может быть однородной и неоднородной. Неоднородность зависит от многих причин и может быть связана с микрорельефом, богатством почвы, увлажненностью и другими факторами.

Известно, что для сформировавшихся древостоев строение по толщине, площадям сечений, запасам приближается к нормальному распределению. Данные А.Г. Мошкалева [3] для условий Ленинградской области подтверждают близкое к нормальному распределение по запасам внутри однородных, в таксационном отношении участков. По его же данным, коэффициенты варьирования запаса почти не зависят от преобладающей породы, незначительно (на 2–5 %) снижаются с понижением класса бонитета и заметно повышаются при снижении полноты ниже 0,5. Их значения для однородных по полноте, смешанных древостоев I–III бонитета в пределах 22–27 %, однородных, чистых древостоев – на несколько процентов ниже. Коэффициент варьирования по запасу зависит от размера пробной площади, уменьшаясь с увеличением ее площади. Оптимальной считается пробная площадь размером 500 м².

Для лесов Сибири, по данным В.Ф. Лебкова [4], коэффициент варьирования запаса на пробных площадях размером 0,5 га составляет 18–40 %.

При отсутствии сведений об изменчивости признака она может быть установлена экспериментальным путем по данным предварительной выборки в стратах.

Число пробных площадей при известном коэффициенте вариации и задаваемой точности может быть определено по формулам

$$N = t^2 V^2 / p^2 \text{ или } N = \max(t^2 s^2 / (\bar{x}q)^2),$$

где t – критерий Стьюдента;

V – коэффициент вариации, %;

p – задаваемая точность, %.

q – относительная точность (0–1);

s^2 – дисперсия запасов древесины, м³/га;

\bar{x} – среднее значение запаса древесины, м³/га.

Таким образом, применительно к предлагаемому варианту выборочного метода необходимо применение ДЗЗ с подбором космических снимков оптимального разрешения.

Обоснование затрат на проведение работ по предлагаемому способу таксации леса показывает возможность его применения с высокой экономической эффективностью. Так, при площади объекта в 1 млн га, необходимости закладки пробных площадей в пределах 550–600 шт., стоимость работ в пересчете на 1 га составит порядка 30–35 руб./га.

Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации. Комментарий: изд. 2-е, доп. / под общ. ред. Н. В. Комаровой, В. П. Рошупкина. – М.: ВНИИЛМ, 2007. – 856 с.
2. Богословский, С.А. Лесоэкономические исследования их задачи, программы и методы / С.А. Богословский – Л.: Ленинградский лесной институт, 1926 – С. 39.
3. Зиновьев, В.П. Статистический метод учёта лесных ресурсов / В.П. Зиновьев // Лесной специалист. – 1930. – № 9–10. – С. 23
4. Богословский, С.А. Статистический метод учёта лесных ресурсов / С.А. Богословский, В.П. Зиновьев. – М.; Л.: Гос. лесн. техн. изд-во, 1932. – 120 с.
5. Антанайтис, В.В. Опыт инвентаризации лесов Литвы математико-статистическим методом / В.В. Антанайтис, И.И. Репшис. – М.: Лесн. пром-сть, 1973. – 100 с.
6. Анучин, Н.П. Теория и практика организации лесного хозяйства / Н.П. Анучин. – М.: Лесная пром-сть, 1977. – 176 с.
7. Федосимов, А.Н. Выборочная таксация леса / А.Н. Федосимов, В.Г. Анисочкин. – М.: Лесная пром-сть, 1979. – 170 с.

8. Сухих, В.И. Аэрокосмические методы в лесном хозяйстве и ландшафтном строительстве: учебник / В.И. Сухих. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 392 с.
9. Мошкालёв, А.Г. Таксация товарной структуры древостоев / А.Г. Мошкалёв, А.А. Книзев, Н.И. Ксенофотов, Н.С. Уланов. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. – 160 с.
10. Лебков, В.Ф. Изменчивость таксационных признаков внутри выделов и ее влияние на точность таксации лесного фонда при лесоустройстве / В.Ф. Лебков // Пути совершенствования инвентаризации лесов Сибири и Дальнего Востока. – М., 1965. – С. 5–40.

NEW ASPECTS OF SAMPLING METHOD OF FOREST ESTIMATION

Giryayev M.D., head of forest management and forest protection MSFU, doctor of agricultural sciences, professor; **Zavarzin V.V.**, professor of forest management and forest protection MSFU, candidate agricultural sciences; **Aksenova K.S.**, graduate student department forest management and forest protection MSFU, Master of direction «Forestry business»

caf-lesustr@mgul.ac.ru, axenov.pa@mail.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

Development of a new sampling measuring method of forest estimation is associated with necessity to replace outdated materials of forestry management and getting the real picture of the quantitative and qualitative state of forest resources in the specific objects with minimum material and money costs. The article describes the development of effective and inexpensive method based on the use of earth remote sensing and selection method of forest estimation allowing to determine the qualitative and quantitative characteristics of the plants, to design measures for protection and reproduction of forests and prepare various thematic maps of timber lands. On the first stages of development and implementation of the proposed method, the accuracy of the volume determination, as the basic valuation measure, can be focused on the accuracy of recommended forest management instruction for the second category of forest resource management works, with certain correcting of the forest resource specificity in the site. The following accuracy of volume determination is recommended from 10 % in coniferous strata up to 30 % in aspen young growths. An extremely important issue that is to be solved when applying the statistical sampling methods of forest inventory operations is the determination of the sampling volume (number of sampling units). When determining the number of units it is necessary to take into account the fact that the allocated homogeneous forest area (stratum) will consist of different, often discrepant parts. Cost certification for performance of work according to the proposed method of forest estimation shows the possibility of its application with high economic efficiency. Thus, when the area of the object is 1 million hectare, the necessity to include sampling units in the range of 550-600 pieces, the cost of work in terms of 1 hectare will be about 30-35 rub/ha.

Key words: remote sensing, plotless survey, strata, volume

References

1. *Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federacii. Kommentarii: izd. 2-e, dop. Pod obshh. red. N. V. Komarovoy, V. P. Roshhupkina* [Forest code of the Russian Federation. Comments] М., VNIILM (Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry), 2007. 856 p.
2. Bogoslovskiy S.A. *Lesoekonomicheskie issledovaniya ikh zadachi, programmy i metody* [Forest economic research of their mission, programs and methods]. L.: Len. lesn. inst.: 1926. pp. 39
3. Zinov'ev V.P. *Statisticheskii metod ucheta lesnykh resursov* [The statistical method of accounting of forest resources] Lesnoy spetsialist. № 9-10, 1930. pp. 23.
4. Bogoslovskiy S.A. *Statisticheskii metod ucheta lesnykh resursov* [The statistical method of accounting of forest resources]. М.; L.: Gos. lesn. tekhn. izd-vo, 1932. 120 p.
5. Antanaytis V.V. *Opyt inventarizatsii lesov Litvy matematiko-statisticheskim metodom* [Experience forest inventory Lithuanian mathematical and statistical methods]. Moscow. Lesn. prom-st', 1973. 100 p.
6. Anuchin N.P. *Teoriya i praktika organizatsii lesnogo khozyaystva* [Theory and practice of forestry organization]. Moscow. Lesnaya promyshlennost', 1977. 176 p.
7. Fedosimov A.N. *Vyborochnaya taksatsiya lesa* [Selected forest taxation]. Moscow. Lesnaya promyshlennost', 1979. 170 p.
8. Suhiih V.I. *Ayrokosmicheskie metody v lesnom hozyaystve i landshaftnom stroitel'stve: uchebnyk* [Aerospace methods in forestry and landscape construction: textbook]. Yoshkar-Ola, MarGTU (Volga State University of Technology), 2005. 392 p.
9. Moshkalyov A.G., Knize A.A., Ksenofotov N.I., Ulanov N.S. *Taksatsiya tovarnoy struktury drevostoev* [Valuation of commodity structure of forest stands]. М., Lesnaya promyshlennost' (Forest industry), 1982. 160 p.
10. Lebkov, V.F. *Izmenchivost' taksatsionnykh priznakov vntri vydelov i ee vliyanie na tochnost' taksatsii lesnogo fonda pri lesoustroystve. Puti sovershenstvovaniya inventarizatsii lesov Sibirii Dal'negovostoka* [Variability of forest taxation signs inside units and its influence on the accuracy of valuation of forest Fund in forest management. Ways to improve inventory of forests of Siberia and the Far East]. Moscow, 1965. pp. 5–40.

ЛЕСА ВОДООХРАННЫХ ЗОН МОСКОВСКОГО РЕГИОНА В УСЛОВИЯХ СУБУРБАНИЗАЦИИ

С.Н. ГОЛУБЧИКОВ, канд. геогр. наук, Академия МНЭПУ

s_golubchikov@mail.ru

НОУ ВПО «Академия МНЭПУ», 127299, Москва, ул. Космонавта Волкова, 20

Рассматривается с юридически-правовой и социально-экологической стороны проблема защиты водоохраных зон (ВЗ) Москвы и Подмосковья, в том числе облесённых, от застройки и незаконного использования береговых территорий. В настоящий момент застройка водоохраных зон и береговых полос, треть которых в пределах Московской области, уже оккупирована частными землевладельцами. По космоснимкам, за последние четверть века, площадь застроенных территорий в пределах Московской области возросла в 8 раз и занимает сегодня пятую часть территории региона. В то же время лесистость региона составляет 24–26 %, а не 43 %, как декларируют отчёты Рослесхоза. Любая территория, находящаяся на расстоянии 20 м от воды, является местом общего пользования и доступ на неё ограничивать нельзя (ст. 6 Водного кодекса РФ), а территории расположенные за пределами этого 20-м участка, можно взять в долговременную аренду (ст. 30-32, 34 Земельного кодекса РФ). В результате освоения человеком таких территорий ведет к вытаптыванию почвы и замусориванию берегов, усиливая тем самым процессы размыва берегов. Многие ВЗ обладают огромным эколого-эстетическим потенциалом и имеют такое же культурно-историческое значение. Отдавать эти территории под застройку частным предпринимателям – такое же государственное преступление как распродажа культурных ценностей лучших музеев страны. В заключении, стоит отметить, что если мы хотим уберечь водоохраные зоны от негативных последствий – необходимо в срочном порядке пересмотреть действующие нормативы, рекомендации и СНиПы по определению расчётных гидрологических характеристик для сооружений.

Ключевые слова: водоохраные зоны (ВЗ), лесные ландшафты, эколого-эстетические функции, средообразующие свойства, рекреационные леса, гидрографическая зона, экологический паспорт бассейна

Актуальность темы: беспризорные зоны

«Истинная красота всякой русской местности состоит в соединении воды с лесом» – писал русский писатель С.Т. Аксаков, очарованный природой подмосковной усадьбы Абрамцево, стоящей на берегу р. Воря. Теперь эта красота стала предметом безудержного захвата, оккупации и торга со стороны частных землевладельцев. «Дом у реки», «поместье на берегу озера» – безнаказанно пестрят рекламной подмосковные автострады. Не уступают им и сайты Интернета – продается участок от «плеса реки в 70 м», «в 4 м от русла высокого берега и в 28 м от пологого берега с запрудой» (<http://khotkovo.olx.ru> – это берега р. Воря). Не стыдятся продавать даже местообитания редких птиц, попадающих под возможный статус защиты международных конвенций (например, Рамсарской о защите водно-болотных угодий): «коттеджный поселок Ваулино в Можайском районе – «место, где живут аисты» и к «которому с двух сторон подходит русло реки Протвы» (<http://vaulino.com>). Успешно продаются селения по берегам подмосковных водохранилищ, питающих чистой (пока еще чистой) водой столицу, например, коттеджный поселок «Акватория Истры». Его название

непосредственно связано с расположением – это восточный берег Истринского водохранилища, «который на протяжении 5 км огибает элитный коттеджный поселок Акватория Истры» (<http://vposelke.ru/cottages.php?c=39>). И таких примеров сотни.

Спрашивается, куда смотрит природоохранная прокуратура, почему она не контролирует провайдеров сайтов-рекламодателей, не говоря уже о заявителях рекламы на автострадах? Ведь результат такого невмешательства – эта застройка водоохраных зон (ВЗ) и береговых полос, треть которых в пределах Московской области уже оккупирована частными землевладельцами и застроена.

Мы уже неоднократно поднимали вопрос о капитальной застройке ВЗ и лесов Подмосковья, выполняющих водоохранно-защитную, эколого-эстетическую, средообразующую и рекреационную функции [1–9]. Но ничего не изменилось, более того с введением нового Водного кодекса РФ с 1 января 2008 г. ситуация еще более усугубилась.

По нашим расчетам, выполненным по космоснимкам, за последние четверть века площадь застроенных территорий в пределах Московской области возросла в 8 раз и занимает сегодня пятую часть территории регио-

на (без учета «Новой Москвы») [10]. В то же время лесистость региона составляет 24–26 %, а не 43 %, как декларируют отчеты Рослесхоза (ведь земли Лесного фонда – это еще не лес). В 2002 г. площадь Лесного фонда Московской области составляла 2191,6 тыс. га (46 % территории области) из которых лесом (вырубки, кустарники и редколесья к лесам не относятся) было покрыто 1401,4 тыс. га [11, с. 131], или 29 % площади области. Все леса области являются защитными, до принятия нового Лесного Кодекса относились к 1 группе. К 2010 г., согласно новому Лесному плану Московской области 2010–2018 гг. площадь лесного фонда сократилась до 2015,6 тыс. га, сколько из них реально покрыто лесом в документе не указано [12]. Большая часть лесов области (52,3 %) входит в зеленую зону, а 12,59 % лесов (253,7 тыс. га) расположены в 1 и 2 «поясах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения» (Точнее входило, границы зеленой зоны после принятия решения о расширении Москвы в 1.41 раза изменились. Столица берет в бессрочное и безвозмездное пользование 30 тыс. га лесов, расположенных в непосредственной близости от города [21]). По-видимому, к ним относятся и водоохранные леса, которые были выделены при предыдущем лесоустройстве как особая из 9 категорий лесозащиты – «защитные полосы лесов по берегам рек, озер, водохранилищ и других водных объектов» площадью всего (!) в 300 га – на всю Московскую область [11, с. 131]. Сколько же реально произрастает лесов в пределах ВЗ и являются действительно водоохранными с законодательно закрепленным статусом (а не просто «защитными» или имеющими научно-историческое значение), выяснить из документа нам не удалось. Зато в структуре лесов Московской области выделена целевая категория «лесов, расположенных в 1, 2 и 3 зонах округов санитарной (горно-санитарной) охраны лечебно-оздоровительных местностей и курортов» площадью всего (!) в 100 га, или 1 км² [10].

Что такое водоохранные зоны и береговые полосы?

Правовой режим ВЗ устанавливается Водным кодексом РФ. Их минимальная шири-

на для рек длиной до 10 км устанавливается в 50 м, от 10 до 50 км – 100 м, от 50 до 100 км – 200 м, от 100 до 200 км – 300 м, от 200 до 500 км – 400 м, от 500 км и более – 500 м. Ширина же прибрежной защитной полосы (береговой зоны) варьируется в зависимости от уклона берега. В случае обратного либо нулевого уклона она составляет 30 м, уклон до трех градусов – 40 м, уклон более 3° – 50 м. Любая территория, находящаяся на расстоянии 20 м от воды, является местом общего пользования. Доступ на нее ограничивать нельзя, что четко регламентируется статьей 6 Водного кодекса РФ. Все, что находится дальше этого 20-м участка, можно взять в долговременную аренду в соответствии со статьями 30–32, 34 Земельного кодекса РФ.

Но этот закон легко обойти, что способствует повсеместному нарушению режима использования ВЗ. Например, в случае строительства набережной граница ВЗ сужается до ее торца. Поэтому если владелец коттеджа на берегу водоема возводит бетонированную набережную на своем участке (по которой к тому же нельзя пройти – частная территория), он формально не нарушает закон. Если уклон поймы отрицательный, владелец может спланировать так участок, что уклон станет противоположным (в сторону реки) и ширина береговой защитной полосы будет уменьшена. Еще проще заключить небольшую реку в подземный коллектор и приватизировать участок над ней, выведя водоток на поверхность за пределами участка (или устроив пруд в границах своего участка прямо в русле).

Социально-гидроэкологические последствия оккупации ВЗ Московского региона

Москва на 98 % потребляет воду из поверхностных источников, в отличие от других крупных мегаполисов мира (например, Мюнхен и Гамбург на 100 % обеспечиваются подземными защищенными водозаборами) и даже подмосковных городов, которые в основном обеспечиваются водой скважинами из подземных источников. Это делает Москву весьма зависимой от состояния питающих ее поверхностных водных источников. Ведь 2/3

московской воды – это волжская вода, поступающая по каналу им. Москвы и еще треть потребностей города обеспечивает р. Москва, в бассейне которой создано 5 водохранилищ питьевого назначения (до начала XX в. роль хранителей воды выполняли смешанные многоярусные леса на водосборах рек Западного Подмосквья. С их омоложением и сменой породного состава вследствие интенсивных в первой половине XX в. роль хранителей воды перешла к искусственным гидросистемам – водохранилищам). Поэтому состояние водоохраных зон водоемов питьевого назначения в верховьях р. Москва – проблема национальной безопасности столицы, не имеющей резервных подземных, защищенных водозаборов (Водопотребление некоторых столиц Европы тоже обеспечивают в основном поверхностные водоемы, например, Мадрид (на 93 % обеспечивается поверхностными источниками). Но в этих странах потому и очень строгое водное законодательство, регламентирующее застройку водоохраных и береговых зон источников питьевого водоснабжения).

На территории московского водозабора расположено 35 городов и поселков с промышленными объектами, 15 войсковых частей, свыше 500 рекреационных объектов, 140 сельхозпредприятий, сотни коттеджных поселков и садовых товариществ. Все они в той или иной степени оказывают воздействие на качество питьевой воды, потребляемой москвичами. В застроенных водоохраных зонах региона – непосредственно примыкающие к береговой линии коттеджные поселки, жилые дома, объекты коммерческой недвижимости, гаражи, склады, рестораны, спортивно-развлекательные комплексы, соседствующие со свалками и помойками и с бомжатниками. Застраиваются не только ВЗ, но и береговая полоса, вдоль которой невозможно не только проехать, но и пройти, даже если территория ничейная и ее хозяин неизвестен, как в низовьях р. Сетунь буквально в 0.5 км от ее устья и в 3 км от Кремля (рис. 1). На противоположном берегу среди бомжатников и самострой (рис. 2). В какой еще столице Европы встретишь подобное?

Вытаптывание и замусоривание берегов усиливает процессы их размыва, ведет к обвалам, активизирует оползневые процессы по неукрепленным набережным, которым особенно подвержены неукрепленные габрионами и бетоном берега малых рек (рис. 3). Оползням способствует и то, что берега сложены строительным мусором, образовавшим целые насыпи при строительстве многоэтажек в 1970-е гг. (рис. 4). Такие антропогенные слои мощностью до 3–4 м по поймам – не только эрозионноопасные объекты, но и потенциально опасные геохимические аномалии и источники загрязнения вод.

В условиях нередко искусственно создаваемой в столице нехватки земель (на самом 17 % территории города занимают склады и промзоны, многие из которых умершие (не работает завод «Серп и молот», шинный завод в 3 км от Кремля и т.д.). Эти предприятия можно вынести за МКАД, но они – в частной собственности и связываться с их владельцами городские власти не хотят [13]). На ВЗ надвигаются расширяющиеся кладбища, например, Кунцевское (рис. 5), создающее к тому же и целую свалку ТБО в пойме верховьев Сетуни.

Застройка ВЗ ведет к увеличению доли поверхностного эрозионноопасного стока вследствие запечатывания естественной поверхности почв бетонно-асфальтовыми покрытиями. Так, для Клязьминской системы водохранилищ, которая обеспечивает свыше 65 % хозяйственно-питьевого водоснабжения Москвы, в результате замещения части лесных площадей на коттеджные поселки объем поверхностного стока увеличился на 3.68 млн м³, что составляет 4 % всего объема водохранилищ. Изменился химический состав стока с новозастроенных территорий – в водах появились ранее отсутствующие в них вещества – фенолы, минеральные масла, металлы [14].

Частнособственническое освоение социального природного пространства, которое должно быть общедоступным для всех жителей региона, не что иное, как оккупация, захват земли со стороны частных землевладельцев. В этой связи не могу не привести отрывок из замечательной книги Ф. Сен-Марка



Рис. 1. В низовьях Сетуни в 4 м от русла (и в 3 км от Кремля) разместились непонятные складские комплексы с разваливающимися многокилометровым бетонным забором (в этой зоне почему-то не работает мобильная связь)

Fig. 1. In the lower Setun 4 m from the river bed (and 3 km from the Kremlin) housed unclear warehouses with many kilometers of crumbling concrete wall (in this area for some reason does not work mobile)

«Социализация природы», изданной во Франции в начале 1970-х гг. «Никогда во Франции еще частная собственность не заходила так далеко в разрушении общественного достояния... Частная собственность помещает природу в клетку, а вместе с ней и французов. Если завтра все пространство для досуга будет разделено на участки по 5000 м² на каждого состоятельного главу семьи, то не только несобственники будут навсегда удалены от природы, но и сами собственники будут довольствоваться клочком земли, окончательно раздробив пейзаж, за которым они пришли, будут заперты в своих индивидуальных 5000 м², не имея возможности наслаждаться необозримыми просторами. Исчезнут дальние горизонты и долгие путешествия; каждый собственник ограничит свой кругозор четырьмя стенами дачи, а спортивные упражнения – поддержанием ограды в порядке. Дикая природа превратится в однообразную цепь чистеньких палисадников. Кромсая природу слепо и неустанно, ее скоро разрушат совсем» [15].

Многие ВЗ обладают огромным эколого-эстетическим потенциалом и имеют такое же культурно-историческое значение, как



Рис. 2. Самострой обычен по берегам московских рек. Подобные места отдыха можно встретить в низовьях Сетуни всего в 3 км от Кремля. В какой еще столице Европы увидишь подобное?

Fig. 2. Samostroy common along the banks of the Moscow River. These destinations can be found in the lower reaches of Setun just 3 km from the Kremlin. In what other European capital will see such a thing?

и лучшие шедевры Эрмитажа, Третьяковки, Русского музея. Это наше национальное достояние, общественное и общедоступное пространство, принадлежащее не только нам, но и потомкам. И отдавать их под застройку частным предпринимателям – такое же государственное преступление как распродажа культурных ценностей лучших музеев страны.

Что же необходимо предпринять для сохранения и повышения эффективности водоохраннозащитных мероприятий на урбанизированных территориях? Кроме указанных в законодательстве запретительных мер предлагаем и следующие рекомендации:

1. Законодательно увеличить на 1–3 порядка плату с владельцев прибрежных земельных участков, чтобы создать стимул для освобождения ими самовольно застроенных территорий, а также усилить контроль за рекламодателями и провайдером сайтов, выставляющих на продажу земельные участки в водоохраных зонах, поставленных на кадастровый учет. Любая хозяйственная деятельность, сопряженная с ущербом для водной среды, должна быть менее выгодной, чем то же хозяйствование, связанное с затратами на ограничение и ликвидацию потенциально-



Рис. 3. Река Сетунь в низовьях. Оползневые процессы резко активизируются на вытоптаных берегах, где набережные не укреплены

Fig. 3. Syetun River in the lower reaches. Landslide processes dramatically activated on the trampled shores where the embankments are not reinforced



Рис. 4. Оползням по берегам нижнего течения Сетуни способствует и то, что берега сложены строительным мусором, образовавшим целые насыпи при строительстве многоэтажек в 1970-е гг. В будущем такие погребенные свалки, застроенные гаражами, источники геохимических аномалий и загрязнения

Fig. 4. landslides along the banks of the lower reaches of Setun facilitated by the fact that banks are composed of debris that formed the whole mound in the construction of apartment buildings in the 1970s. In the future, such buried landfill, built-up garages, geochemical anomalies and sources of pollution

го ущерба. Возможно, следует принять федеральный «Закон о платном водо- и природопользовании».

2. Придать статус ВЗ не только к примыкающим к берегам полосам установленной длины, а всей области питания водотока – гидрографической зоне (эффективной час-



Рис. 5. Кунцевское кладбище расширяется за счет водоохраной 100 м зоны р. Сетунь, от берега которой отстоит всего в 50 м

Fig. 5. Kuntsevskaya cemetery expands due to the water protection zone of 100 m p. Syetun, which is separated from the shore just 50 m

ти водосбора). Именно в этих местах поверхностный сток переводится во внутрипочвенно-грунтовый, обеспечивая пополнение подземных вод, питание родников и малых рек в летнюю межень, очистку стока. Именно такие гидрографические зоны (речные долины с примыкающей к ним овражно-балочной сетью, территории с не запечатанными асфальто-бетонными и другими покрытиями и с не вытоптанными (уплотненными) почвами) выполняют основные водоохранно-защитные функции. К их границам и должны быть приурочены ВЗ (весной, в период снеготаяния, гидрографическая зона до всей площади водосбора в летнюю межень суживается до границ овражно-балочной сети и днищ долин. В этот период состояние речных вод во многом обусловлено качеством дренируемых грунтовых аллювиальных вод, как правило, слабо защищенных от проникновения загрязняющих веществ с поверхности поймы, особенно если они распаханы или используются под огороды, тем более – под свалки) Хозяйственная деятельность здесь должна быть строго регламентирована и вестись основе заранее составленных экологических паспортов бассейнов (водосборов).

3. В экологический паспорт должны заноситься и все изменения на водосборе и в самой реке, все мероприятия, проводимые и

планируемые в ее бассейне. Паспорт должен включать описание природных ресурсов бассейна, карту-космоснимок с выделением ВЗ и береговых полос, характеристику основных природопользователей, водохозяйственных объектов, анализ гидроэкологического режима. В его составлении должны участвовать не только научные специалисты, но и учителя географии, биологии, врачи и т.д. Их роль в оздоровительно-реабилитационных мероприятиях в бассейне реки весьма велика.

4. Паспорт следует сделать доступным для общественности (в том числе он должен размещаться и обновляться на сайте местных администраций), силами наиболее активной части которой можно было бы контролировать режим ВЗ (подобно тому как народные дружинники контролируют в Москве миграционные потоки).

5. Выделение таких гидрографических зон следует проводить не на нормативно-правовой основе (по ширине от уреза воды в межень в 50–200 м), а на основе объемно-графического ландшафтного картографирования по способу составления карт пластики рельефа, разработанного профессором И.Н. Степановым и предложенного нами для целей лесного хозяйства [16–18].

6. Необходимо в срочном порядке пересмотреть действующие нормативы, рекомендации и СНиПы по определению расчетных гидрологических характеристик для сооружений (в т. ч. и определения водоохраных зон), поскольку они разрабатывались, главным образом, на основе относительно сухого периода гидроклиматических наблюдений сер. 1920-х–1965 гг. Этот ряд наблюдений и лег в основу «Указаний по определению основных гидрологических характеристик» и национальной 20-томной монографии «Ресурсы поверхностных вод СССР» [19–20], ставшими настольными пособиями для уже нескольких поколений гидрологов. Сейчас, с конца 1980-х гг., наступил относительно влажный период с более снежными зимами, с участившимися и более сильными наводнениями и половодьями, что требует перерасчета и корректировки гидро-

климатических нормативов, строительных правил, СНиПов для любых сооружений. Эта задача, поставленная в Водной стратегии РФ на период до 2020 г. (принята в 2009 г.), невыполнима из-за труднодоступности в течение последних 30 лет для академических организаций, научной общественности первичной гидроклиматической информации. Эти данные многолетних круглогодичных гидроклиматических стационарных наблюдений предоставляются территориальными учреждениями Гидрометеослужбы, различными ведомствами на договорной платной основе. Результат такого «рыночного» подхода к данным гидроклиматического мониторинга – участившиеся техногенные аварии и катастрофы на сооружениях (например, трагедия в Крымске в 2012 г.), построенных по устаревшим нормативам).

7. Геоэкологическую реабилитацию размываемых склонов и берегов речных долин следует производить не только за счет бетонирования, сеток-габионов и матрасов Рено, но и с расширенной посадкой кустарников-влаголюбивых (прежде всего, ивы белой), плотнодерновинных злаков. Посадка кустарников по берегам увеличивает расходы воды, скорость течения, что улучшает промывку русел и защищает их от заиления, застойных явлений (Устройство буферных полос из трав снижает содержание взвешенных веществ в поверхностном стоке на 25 %, нитратного и аммонийного азота на 5 % и 17 %, фосфора на 23 % [21]). И, конечно, леса, произрастающие в ВЗ, должны выполнять не только рекреационные, но и водоохраные функции и создаваться с этим целевым назначением (т.е. быть глубокорневыми и старовозрастными, переводящими поверхностный сток во внутрипочвенный, малотранспирирующими). К сожалению, в обстоятельной последней сводке по урболесоведению Л.П. Рысина [21] ничего не сказано о водоохраных лесах, как будто такой категории в городах и пригородах не существует (Точнее, одно упоминание о водоохраных лесах в монографии Л.П. Рысина и С.Л. Рысина имеется (с. 167) в связи с выполнением ими частично рекреационных функций [21]).

8. Эффективным средством компенсационных мероприятий по возмещению ущерба, вызванного негативным воздействием на ВЗ, является устройство городских прудов, их регулярная биоочистка. Пруды должны быть таким же привычным атрибутом городского ландшафта как парки, скверы, аллеи, а мероприятия по обводнению – такими же обычными, как и по озеленению. Чем большую антропогенную нагрузку испытывает бассейн малой реки, тем более глубоким должно быть регулирование ее стока. Пруды наиболее сильно (нередко в 100–200 раз) уменьшают расходы воды в малых реках в половодье и дождевые паводки после длительной межени [22]. Кроме рекреационно-эстетической и средообразующей функции они выполняют еще и наносодерживающую, перехватывая практически весь сток твердых наносов с верховьев рек, образующихся при абразии берегов, оползнях, при смыве с нарушенных поверхностей речных долин.

Для реализации предложенных мер необходимо не только откорректировать Водный кодекс РФ, но и принять Закон о воде, как это сделано, к примеру, в Казахстане, или Закон о контроле качества водных ресурсов.

Библиографический список

1. Голубчиков, С.Н. Подмосковный лес просит помощи / С.Н. Голубчиков // Энергия: экономика, техника, экология, № 7/1989. – С. 45–47.
2. Голубчиков, С.Н. Геноцид подмосковного леса / С.Н. Голубчиков // Энергия: экономика, техника, экология, № 10/1991.
3. Голубчиков, С.Н. Динамика лесопользования на территории Московской области и ее экологические последствия / С.Н. Голубчиков // Вестник МГУ. – Сер. 5. География. – 1992. № 1. – С. 76–83.
4. Голубчиков, С.Н. Голубое ожерелье столицы в прошлом и настоящем / С.Н. Голубчиков // Энергия: экономика, техника, экология 1997. – № 6. – С. 9–14.
5. Голубчиков, С.Н. Что будет пить столица? / С.Н. Голубчиков // Энергия: экономика, техника, экология, 1997. – № 11. – С. 44–46.
6. Голубчиков, С.Н. Подмосковье жаждет воды / С.Н. Голубчиков // Независимая газета от 5 февраля 1997.
7. Голубчиков, С.Н. Геоэкологические последствия социально-экономических реформ (на примере Центра Русской равнины) / С.Н. Голубчиков // Проблемы региональной экологии, 2005 – № 2.
8. Голубчиков, С.Н. Малые реки как индикатор природопользования / С.Н. Голубчиков // Энергия: экономика, техника, экология, 2005. – № 1. – С. 56–60.
9. Голубчиков, С.Н. Лес или коттеджи? / С.Н. Голубчиков // Энергия: экономика, техника, экология, 2008. – № 5. – С. 61–65.
10. Голубчиков, С.Н. Какой быть новой Москве? / С.Н. Голубчиков // Энергия: экономика, техника, экология, 2012. – № 12.
11. Гаранькин, Н.В. Московская область: природные ресурсы, их потенциал / Н.В. Гаранькин, О.Б. Наполов, А.В. Садов. – М.: НИИ-Природа, 2004. – С. 131.
12. http://www.rosleshoz.gov.ru/media/appearance/53/2011-01-12_-_Lesnoj_plan_MO_-_Trunov.pdf.
13. Зубаревич, Н.В. Московская система – экологические и другие риски предполагаемого расширения. Выступление 20 октября 2011 г. в клубе ПирОГИ на Сретенке / Н.В. Зубаревич. – <http://polit.ru/article/2012/02/01/zubarevich>.
14. Битюкова, В.Р. Социально-экологические проблемы развития городов России. Изд. 3-е. / В.Р. Битюкова. – М., URSS, Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – С. 345.
15. Сен-Марк, Ф. Социализация природы / Ф. Сен-Марк. – М.: Прогресс, 1977. – С. 71.
16. Степанов, И.Н. Теория пластики рельефа и новые тематические карты / И.Н. Степанов. – М.: Наука, 2006. – 232 с.
17. Голубчиков, С.Н. Методика составления карт пластики рельефа малых лесных водосборов способом объёмно-графического картографирования / С.Н. Голубчиков. – М.: Деп. ЦБНТИлесхоз. – № 648-ЛХ. – 1988.
18. Голубчиков, С.Н. Лесопользование как фактор формирования экологической среды Западного Подмосковья : дисс. ... канд. геогр. наук / С.Н. Голубчиков. – М., МГУ, 1996. – 30 с.
19. СН 435-72 Указания по определению расчётных гидрологических характеристик. Госстрой СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 19 с.
20. Ресурсы поверхностных вод СССР. – Л.: Гидрометеоиздат, 1966–1976 – Т. 1–20.
21. Рысин, Л.П. Урболесоведение / Л.П. Рысин, С.Л. Рысин. – М.: Товарищество научных изданий КМК., 2012. – 240 с.
22. Малые реки Волжского бассейна. Под ред. Н.И. Алексеевского. – М.: МГУ, 1998. – 236 с.

FOREST DESIGNATED WATER AREAS IN MOSCOW REGION WITHIN SUBURBANIZATION CONDITIONS

Golubchikov S.N., PhD in Geography, Academy MNEPU

s_golubchikov@mail.ru

NOU VPO «Academy MNEPU», 127299, Moscow, ul. Cosmonaut Volkov, 20

This article describes from legal and social-ecological side the issue of protection of designated water areas of Moscow and Moscow region, including forested, from development and illegal use of coastal areas. Currently the development of designated water areas and coastal strips, third part of which is within Moscow region are already occupied by private landowners. Judging by satellite images over the past quarter of a century the area of built-up areas within Moscow region increased 8 times and today occupies one fifth of the territory of the region. At the same time the forest cover of the region is 24-26 % instead of 43 % as declared in the reports of Federal Forestry Agency (FFA). Any territory located at a distance of 20 m from the water is a public place and it is forbidden to limit access to it (art. 6 of the Water code of the Russian Federation), and the territory out of this 20 m area could be taken in a long-time lease (art. 30-32, 34 of the Land code of the Russian Federation). Development of these areas leads to the trampling of the soil and littering of banks, thereby strengthening the processes of stream bank erosion. Many of designated water areas have tremendous ecological and aesthetic potential and have the same cultural-historical value. To give these territories for development by private entrepreneurs – is the same state crime as the sale of items of cultural value of the country best museums. In conclusion it is worth mentioning that if we want to protect designated water areas from the negative impacts it is necessary urgently to revise the existing normative standards, guidelines and Construction Norms and Regulations for the determination of hydrological characteristics for structures.

Key words: designated water area, forest landscapes, ecological and aesthetic functions, habitat forming properties, recreational forests, hydrographic zone, basin ecological certificate

References

1. Golubchikov S.N. *Podmoskovnyi les prosit pomoshi* [Forest near Moscow asks for help]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya.* № 7. 1989. pp. 45-47.
2. Golubchikov S.N. *Genocid podmoskovnogo lesa* [Genocide forest near Moscow]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya.* № 10. 1991.
3. Golubchikov S.N. *Dinamika lesopol'zovaniya na territorii Moskovskoy oblasti i ee ekologicheskie posledstviya* [Dynamics of forest in the Moscow region and its environmental impact]. *Vestnik MGU. Ser. 5, Geografiya.* 1992. pp. 76-83.
4. Golubchikov S.N. *Goluboe ozhere'l'e stolitsy v proshlom i nastoyashchem* [Blue Necklace of the capital in the past and present]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya.* № 6. 1997. pp. 9-14.
5. Golubchikov S.N. *Chto budet pit'stolitsa?* [What is the capital of the drink?] *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya.* № 11. 1997. pp. 44-46.
6. Golubchikov S.N. *Podmoskov'e zhazhdet vody* [Moscow craves water] *Nezavisimaya gazeta* from 5 February 1997.
7. Golubchikov S.N. *Geoekologicheskie posledstviya sotsial'no-ekonomicheskikh reform (na primere Tsentra Russkoy ravniny)* [Geological consequences of socio-economic reforms (for example, the center of the Russian Plain)]. «Problemy regional'noi yekologii» № 2. 2005.
8. Golubchikov S.N. *Malye reki kak indikator prirodopol'zovaniya* [Small rivers as an indicator of environmental management]. *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya.* № 1. 2005. pp. 56-60.
9. Golubchikov S.N. *Les ili kottedzhi?* [Forest or the cottages?] *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya.* № 5. 2008. pp. 61-65.
10. Golubchikov S.N. *Kakoy byt' novoy Moskve?* [What could be the new Moscow?] *Energiya: ekonomika, tekhnika, ekologiya.* № 12. 2012.
11. Garan'kin N.V., Napolov O.B., Sadov A.V. *Moskovskaya oblast': prirodnye resursy, ikh potentsial* [The Moscow region: natural resources, their potential]. *NIA-Priroda.* Moscow. 2004. 302 p. p. 131.
12. http://www.rosleshoz.gov.ru/media/appearance/53/2011-01-12_-_Lesnoj_plan_MO_-_Trunov.pdf.
13. Zubarevich N.V. *Moskovskaya sistema – ekologicheskie i drugie riski predpolagaemogo rasshireniya. Vystuplenie 20 oktyabrya 2011 g. v klube PirOGI na Sretenke* [Moscow system - environmental and other risks of the proposed expansion]. <http://polit.ru/article/2012/02/01/zubarevich>
14. Bityukova V.R. *Sotsial'no-ekologicheskie problemy razvitiya gorodov Rossii. Izd. 3-e.* [Social and environmental problems of urban development]. Is. 3. Moscow, URSS. Publishing house «LIBROKOM». 2012. 448 pp. 345.
15. Sen-Mark F. *Sotsializatsiya prirody* [Socialization of nature]. Moscow, «Progress», 1977. p. 440, p. 71.
16. Stepanov I.N. *Teoriya plastiki rel'efa i novye tematicheskie karty* [Theory of plastic relief and new thematic maps]. Moscow. Nauka, 2006. 232 p.
17. Golubchikov S.N. *Metodika sostavleniya kart plastiki rel'efa malyykh lesnykh vodosborov sposobom ob'emno-graficheskogo kartografirovaniya. Dep. TsBNTIleskhaz. № 648-LKh* [Technique for mapping relief sculpture of small forested catchments way volume-graphic mapping] Dep. CBNTIleshoz. № 648-LH. Moscow. 1988.
18. Golubchikov S.N. *Lesopol'zovanie kak faktor formirovaniya ekologicheskoy sredy Zapadnogo Podmoskov'ya. Avtoref. diss. na soisk. uchen. step. kand. geogr. nauk* [Forest management as a factor in shaping the ecological environment of the Western suburbs]. Thesis for the scientific degree of the candidate of geographical Sciences. Moscow, Moscow state University, 1996. 30 p.
19. SN 435-72 SN 435-72 *Ukazaniya po opredeleniyu raschetnykh gidrologicheskikh kharakteristik. Gosstroy SSSR* [19 CH 435-72 Notes on the calculated hydrological characteristics. USSR State Building]. Leningrad. Gidrometeoizdat, 1972. 19 p.
20. *Resursy poverkhnostnykh vod SSSR* [Surface water resources in the USSR]. L.: Gidrometeoizdat. T.1-20, 1966-1976.
21. Rysin L.P., Rysin S.L. *Urbolesovedenie* [Urban Forestry] Moscow. Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2012. 240 p.
22. *Malye reki Volzhskogo basseyna.* Pod red. N.I. Alekseevskogo [Small rivers of the Volga basin] Moscow, Moscow state University, 1998. 236 p.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПАТОСИСТЕМЫ «ДУБ ЧЕРЕШЧАТЫЙ – СЕРНО-ЖЕЛТЫЙ ТРУТОВИК» В ПОРОСЛЕВЫХ ДУБРАВАХ БЕЛГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Е.Н. ДУНАЕВА, зав. отделом Питомника Ботанического сада НИУ «БелГУ», канд. с.-х. наук,
А.В. ДУНАЕВ, научный сотрудник отдела новых и малораспространенных пищевых растений Ботанического сада НИУ «БелГУ», канд. с.-х. наук,
С.В. КАЛУГИНА, доц. каф. природопользования и земельного кадастра геолого-географического факультета НИУ «БелГУ», канд. биол. наук

kiryushenko@bsu.edu.ru, kalugina_s@bsu.edu.ru

Питомник Ботанического сада НИУ «БелГУ», Белгородский государственный национальный исследовательский университет
308015 г. Белгород, ул. Победы, 85

Статья посвящена анализу закономерностей распространенности серно-желтого трутовика *Laetiporus sulphureus* (Bull.: Fr.) Murr. в порослевых дубовых древостоях в составе дубрав Белгородской области. Полевые исследования проводились в 2011–2012 гг. в порослевых дубравах Белгородского и Шебекинского районов Белгородской области Российской Федерации (южная лесостепь), в период плодоношения СЖТ (вторая половина августа – первая половина сентября). Объектом исследований являлись 70–100-летние древостои дуба, в которых в той или иной мере распространен СЖТ. Обследованные древостои представляют собой разные лесорастительные условия дубрав. Для проведения первичной структуризации патосистемы при обследовании дубового древостоя каждое учетное дерево дуба описывалось на предмет состояния комлево-стволовой части и прикорневого окружения. Отмечалось наличие патологических (фауных) признаков: собственно комлевых до высоты над поверхностью земли 1,3 м (комлевого или прикорневого дупла, пня, сросшегося сухого ствола, слома от сросшегося ствола, открытых морозобоинных и иных трещин и повреждений) и собственно стволовых от 1,3 м над поверхностью земли и выше (стволовые дупла и повреждения). Делалась отметка о наличии базидиомы СЖТ, ее остатка, открытой обозрению красной гнили или характерных признаков скрытой гнили, свойственной при поражении СЖТ. Показано, что распределение серно-желтого трутовика носит неслучайный характер, выражающийся в преимущественной приуроченности патогена к деревьям, имеющим комлевые и стволовые дупла, сросшиеся стволы и сломы в прикорневом окружении, открытые морозобоины и др. повреждения, обнажающие древесину. Величина распространенности *L. sulphureus* находится в очень тесной положительной зависимости от влияния двух переменных величин – встречаемость (доля) деревьев с комлевыми дуплами и повреждениями, с сухими сросшимися стволами и со сломом ствол, встречаемость (доля) деревьев со стволовыми дуплами и повреждениями ствола.

Ключевые слова: патосистема, дуб черешчатый, серно-желтый трутовик, порослевой древостой, распространенность, распределение, дупла, морозобоины, коэффициент корреляции, корреляционное отношение.

Серно-желтый трутовик *Laetiporus sulphureus* (Bull.: Fr.) Murr. [= *Laetiporus sulphureus* (Bull.) Bond. et Sing.] – обычный спутник дуба черешчатого *Quercus robur* L. в лесостепных дубравах. Этот дереворазрушающий базидиомицет способен развиваться как на живых деревьях дуба, так и на косной древесине. К настоящему времени получены данные [1–5], касающиеся общей оценки распространенности серно-желтого трутовика в дубовых древостоях лесостепных дубрав. Однако особенности распространенности этого патогена и характер его приуроченности в древостоях дуба остаются без внимания. Мы полагаем, что выявление структурных особенностей патосистемы «*Q. robur* – *L. sulphureus*» способствует познанию закономерностей распространенности и приуроченности популяции паразита в популяции хозяина.

Целью нашей работы являлось: выявление особенностей распределения популяции *L. sulphureus* в популяции *Q. robur* в порослевых дубравах Белгородской области. Задачи ставились следующие: 1) оценить распространенность серно-желтого трутовика (СЖТ) в порослевых дубравах; 2) выявить и описать габитуальные признаки, характерные для пораженных деревьев; 3) показать неслучайный характер распределения СЖТ в дубовых древостоях; 4) построить статистическую модель распространенности СЖТ в древостоях дуба в зависимости от встречаемости деревьев с определенными габитуальными особенностями.

Объекты и методика

Объектом исследований являлись порослевые 70–100-летние древостои дуба, в которых в той или иной мере распространен

СЖТ. Полевые исследования проводились в 2011–2012 гг. в дубравах Белгородского и Шебекинского районов Белгородской области Российской Федерации (южная лесостепь) в период плодоношения СЖТ (вторая половина августа – первая половина сентября). Эти исследования являлись начальной стадией рассмотрения вопросов, связанных с комплексным изучением древостоев, произрастающих на юге лесостепи в условиях меняющегося климата (Исследование выполнено при поддержке Российского Научного Фонда (проект № 14-17-00171) на тему: «Региональные отклики компонентов окружающей среды на изменения климата разной периодичности: юг лесостепи Среднерусской возвышенности»).

Отметим, что обследованные древостои в составе одних и тех же дубрав представляют собой разные лесорастительные участки. Лес «Шебекинская дача» (состав древостоя: 8Д2Ясо+Лпм+Кло: возраст (лет), средний диаметр на уровне 1,3 м (см), полнота, бонитет: 90–100; 34,8; 0,5–0,6; I–II), урочище «Коровино» (5Д5Ясо+Кло+Лпм. 90; 31,6; 0,5–0,6; II); лес «Дубовое» (8Д1Лпм1Кло. 90; 29,2; 0,5–0,6; II); «Графовский лес» (8Д1Кло1Лпм. 70–80; 24,2; 0,5–0,6; III) – относятся к типу нагорных дубрав (ТЛУ – Д₂); дубрава «Архирейская роща» (8Д1Кло1Лпм. 80–100; 34,4; 0,5–0,6; II); урочища «Рог» (10Д+Кло+Лпм. 70–80; 21,4; 0,5–0,6; III); «Половинное» (9Д1Лпм +Кло+Ос. 70–80; 27,8; 0,5–0,6; II–III); «Муханово» (7Д2Кло1Лпм. 80–100; 33,5; 0,5–0,6; II–III) – к типу байрачных дубрав (ТЛУ – Е₂); дубрава «Безлюдовский лес» (10Д. 80–90; 30,6; 0,5–0,6; II) – является надпойменно-террасовой дубравой (ТЛУ – С₂).

Полевые обследования проводились согласно методике лесопатологических и фитопатологических исследований [6–8] рекогносцировочным методом с детальным описанием каждого учетного дерева дуба. А также с учетом общих рекомендаций по планированию наблюдений с целью изучения структурно-функциональных особенностей биосистем [9].

По нашим наблюдениям, СЖТ образует однолетние легко разрушающиеся плодовые тела (базидиомы) и не каждый год, распро-

страненность (встречаемость) его на живых деревьях дуба мы оценивали как с учетом явных признаков его присутствия – базидиом и их остатков, так и с учетом косвенных признаков, характеризующих наличие его грибницы и развивающейся от нее гнили. Исходя из опыта других исследователей [10] и на основании собственных наблюдений, мы выделили 2 комплекса таких признаков. Первый – наличие на дереве комлевого и/или стволового дупла с красно-бурой порошкообразной массой разложившейся древесины (последняя стадия гнили, вызываемой СЖТ) или слома от сросшегося ствола с красной призматической гнилью ядровой древесины. Второй – наличие на дереве, в комлево-стволовой его части, крупных «слепаков» (заросших пасынков, сучьев крупных скелетных веток), почернения коры, трещин и сокоистечения, что также свидетельствует о поражении указанным патогеном.

Для проведения первичной структуризации каждое учетное дерево дуба описывалось на предмет состояния комлево-стволовой части и прикомлевого окружения. Отмечалось наличие патологических (фаутных) признаков: собственно комлевых до высоты над поверхностью земли 1,3 м и стволовых от 1,3 м над поверхностью земли и выше. Делалась отметка о наличии базидиомы СЖТ, ее остатка, открытой обозрению красной гнили или характерных признаков скрытой гнили, свойственной при поражении СЖТ. Выделялись группы деревьев со сходным состоянием комлево-стволовой части, проанализирована приуроченность СЖТ к деревьям той или иной группы.

Камеральная обработка данных полевых исследований проводилась с применением методов анализа биосистем [9], аналитических методов сравнительной экологии [11] и вариационной статистики [12]. При построении статистической регрессионной модели распространенности СЖТ в древостоях дуба в зависимости от их санитарного состояния использовались методы корреляционного и регрессионного анализа [12].

Результаты и их обсуждение

Патосистема – это подсистема экосистемы, характеризующаяся наличием парази-

тических отношений [13]. Мы рассматриваем патосистему «дуб – СЖТ» в порослевых дубравах лесостепи как специфическую микроэкосистему надпопуляционного уровня, являющуюся структурной частью экосистемы уровня биогеоценоза лесостепной дубравы. Концептуальная граница этой патосистемы проходит по точкам, где есть дуб и есть СЖТ. В популяции дуба, входящей в патосистему «дуб – СЖТ», могут встречаться и другие дереворазрушающие базидиомицеты (печеночница обыкновенная, ложный дубовый трутовик, опенок осенний), т.е. отдельные деревья могут быть поражены одновременно серно-желтым трутовиком и печеночницей, серно-желтым трутовиком и ложным дубовым трутовиком, серно-желтым трутовиком и опенком осенним.

Состояние и структура патосистемы зависят, в первую очередь, от состояния популяции хозяина, предоставляющего паразиту «ки стол и дом». По нашим наблюдениям, популяция дуба в исследуемых дубравах представлена в основном деревьями неоднократного порослевого возобновления от пня, ослабленными физиологически. В обследованных древостоях мы выделяли группу деревьев, имеющих комлевые и прикомлевые дупла, хотя бы они и имели помимо этого в комлево-стволовой части и прикомлевом окружении пни, сломы от сросшихся стволов, морозобоины и т.п. Далее выделяли группу деревьев с морозобоинами и другими повреждениями, хотя бы они и имели помимо этого пни, сломы от сросшихся стволов и др. После этого отмечались группы деревьев уже только с отдельными патологическими признаками: с пнями, сросшимися сухими стволами, сломанными стволами, стволовыми дуплами и повреждениями.

Доля деревьев, имеющих явную патологию комлево-стволовой части и прикомлевого окружения, составляет по разным древостоям 29,2–70,5 %. Среди них доля деревьев, имеющих комлевые дупла, составляет 5,0–39,0 %, пни – 2,0–20,5 %, комлевые морозобоины и др. повреждения – 1,5–24,5 %, сросшиеся сухие стволы – 2,0–11,4 % (табл. 1). Доля деревьев, имеющих сломы-пни от сросшихся стволов,

по причине развития внутренней гнили в последних, составляет 0,0–2,0 %. Доля деревьев со стволовыми дуплами и повреждениями составляет 0,0–4,5 % (табл. 1).

По нашим наблюдениям, базидиомы формируются в конце мая – начале июня или в конце августа. В сезоны 2011–2012 гг. мы исследовали распространенность и приуроченность СЖТ. Величина распространенности его по разным древостоям разных дубрав составляет 0,5–6,0 % (табл. 2). При оценке приуроченности, мы учитывали местонахождение базидиом СЖТ, а также патологическую конфигурацию комлево-стволовой части и прикомлевого окружения дуба. Состояние и структура патосистемы зависят также от биоэкологических особенностей и паразитической способности СЖТ. Это полупаразитический дереворазрушающий базидиомицет (рисунок), который вызывает активную красно-бурую комлево-стволовую гниль деструктивного типа.

По всем обследованным древостоям в 2011–2012 гг., с охватом 3058 учетных деревьев, было отмечено 97 деревьев с признаками поражения рассматриваемым патогеном (см. табл. 2). Из них 56 деревьев имели комлевые дупла и повреждения, 6 – сухие сросшиеся стволы, 13 – сломы от сросшихся стволов, 22 – стволовые дупла и морозобоины или др. физические и механические повреждения.



Рисунок. Базидиома СЖТ, формирующаяся в комлево-стволовом дупле живого дуба

Fig. Bazidioma GTL, is formed in the inboard hollow live oak

Т а б л и ц а 1

Распределение деревьев дуба по группам со сходным состоянием комлево-стволовой части и прикорлевого окружения в древостоях
Distribution of oak trees in groups with similar state-Komlevo brainstem and prikomevogo environment in stands

Древостой дубравы, год, обследовано живых деревьев, шт.	Число деревьев с тем или иным состоянием комлевой части в составе древостоя, шт. (%)*					
	имеющих комлевые дупла	имеющих пни	имеющих комлевые повреждения	имеющих сухие сросшиеся стволы	имеющих сломы от сросшихся стволов	имеющих стволовые дупла и повреждения
2012 г.						
Шебекино (205)	71 (34,6)	16 (7,8)	27 (13,2)	3 (1,5)	4 (2,0)	3 (1,5)
Безлюдовка (202)	27 (13,4)	13 (6,4)	23 (11,4)	15 (7,4)	4 (2,0)	2 (1,0)
Коровино (204)	44 (21,6)	10 (4,9)	14 (6,9)	16 (7,8)	2 (1,0)	4 (2,0)
Архиерейская (200)	16 (8,0)	20 (10,0)	31 (15,5)	7 (3,5)	3 (1,5)	6 (3,0)
Рог (202)	60 (29,7)	4 (2,0)	7 (3,5)	23 (11,4)	0 (0,0)	3 (1,5)
Половинное (201)	18 (9,0)	25 (12,4)	40 (19,9)	4 (2,0)	2 (1,0)	4 (2,0)
Дубовое (200)	78 (39,0)	41 (20,5)	14 (7,0)	8 (4,0)	3 (1,5)	6 (3,0)
Муханово (200)	32 (16,0)	9 (4,5)	49 (24,5)	13 (6,5)	2 (1,0)	9 (4,5)
Графовский лес (130)	18 (13,8)	12 (9,2)	2 (1,5)	6 (4,6)	0 (0,0)	0 (0,0)
2011 г.						
Шебекино (200)	50 (25,0)	16 (8,0)	13 (6,5)	17 (8,5)	4 (2,0)	6 (3,0)
Безлюдовка (334)	39 (11,7)	27 (8,1)	15 (4,5)	17 (5,1)	2 (0,6)	3 (0,9)
Коровино (199)	49 (24,6)	21 (10,6)	9 (4,5)	15 (7,5)	1 (0,5)	5 (2,5)
Архиерейская (198)	10 (5,0)	14 (7,1)	29 (14,6)	6 (3,0)	1 (0,5)	3 (1,5)
Рог (181)	61 (33,7)	26 (14,4)	10 (5,5)	20 (11,0)	0 (0,0)	3 (1,6)
Дубовое (202)	75 (37,1)	25 (12,4)	15 (7,4)	12 (5,9)	1 (0,5)	5 (2,5)
По всем древостоям (3058)	648 (21,2)	279 (9,1)	298 (9,7)	182 (6,0)	29 (0,9)	62 (2,0)

* от общего числа обследованных живых деревьев

Т а б л и ц а 2

Распределение деревьев дуба с признаками поражения СЖТ по группам со сходным состоянием комлево-стволовой части в обследованных древостоях
Distribution of oak trees with signs of defeat SLF groups with similar state-Komlevo brainstem in the surveyed stands

Древостой дубравы, год, всего учтено деревьев, пораженных СЖТ, шт. %*	Число пораженных СЖТ деревьев, имеющих то или иное состояние комлевой стволо-вой части, в составе древостоя, шт. %*			
	имеющих комлевые дупла и повреждения	имеющих сухие сросшиеся стволы	имеющих сломы от сросшихся стволов	имеющих стволовые дупла и повреждения
2012 г.				
Шебекино, 6 (2,9)	2 (1,0)	1(0,5)	1 (0,5)	2 (1,0)
Безлюдовка, 5 (2,5)	1 (0,5)	1 (0,5)	2 (1,0)	1 (0,5)
Коровино, 9 (4,4)	6 (2,9)	2(1,0)	0 (0,0)	1 (0,5)
Архиерейская 5 (2,5)	1 (0,5)	0 (0,0)	2 (1,0)	2 (1,0)
Рог 4 (2,0)	4 (2,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Половинное, 1 (0,5)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (0,5)	0 (0,0)
Дубовое, 9 (4,5)	6 (3,0)	0 (0,0)	2 (1,0)	1 (0,5)
Муханово, 12 (6,0)	7 (3,5)	2 (1,0)	1 (0,5)	2 (1,0)
Графовский лес, 1 (0,8)	1 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
2011 г.				
Шебекино, 12 (6,0)	5 (2,5)	0 (0,0)	3 (1,5)	4 (2,0)
Безлюдовка, 7 (2,1)	4 (1,2)	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (0,9)
Коровино, 7 (3,5)	4 (2,0)	0 (0,0)	1(0,5)	2 (1,0)
Архиерейская, 5 (2,5)	2 (1,0)	0 (0,0)	0 (0,0)	3 (1,5)
Рог, 6 (3,3)	6 (3,3)	0 (0,0)	0 (0,0)	0 (0,0)
Дубовое, 8 (4,0)	7 (3,5)	0 (0,0)	0 (0,0)	1 (0,5)
По всем древостоям, 97 (3,2)	56 (1,8)	6 (0,2)	13 (0,4)	22 (0,7)

* от общего числа обследованных живых деревьев

Оценка достоверности неслучайного распределения СЖТ в древостоях дуба
Validation of non-random distribution of GTL in stands of oak

Группы деревьев	Количество деревьев, шт.	Число деревьев, с признаками поражения СЖТ <i>наблюдаемое, f</i> , шт.	Число деревьев с признаками поражения СЖТ <i>ожидаемое, f*</i> , шт.	$d^2=(f-f^*)^2$	d^2/f^*
С комлевыми дуплами и повреждениями	946	56	30,0	676,0	22,5
С сухими сросшимися стволами	182+29=211	6+13=19	5,8+0,9=6,7	151,3	22,6
Со сломками от сросшихся стволов					
Со стволовыми дуплами и повреждениями	62+1841=1903	22+0=22	2,0+58,4=60,4	1474,6	24,4
Остальные					
Сумма Σ	3058	97	97	—	69,5

Как явствует из собранных и обработанных нами данных (табл. 2), СЖТ в подавляющем большинстве случаев поражены деревья следующих групп со сходным состоянием комлево-стволовой части и прикорлевого окружения. 1) Деревья, имеющие комлевые и прикорлевые дупла и характерные повреждения. 2) Деревья со сросшимися сухими стволами, в комлевой части которых имеются дупла с характерной красной гнилью или базидиомы СЖТ. 3) Деревья, в прикорлевом окружении которых имеются сломы сросшихся стволов с базидиомами СЖТ или ядровой древесиной, пораженной красной призматической гнилью. 4) Деревья со стволовыми дуплами и повреждениями коры и обнажениями древесины (открытыми морозобоинами, ошмыгами, затесами, трещинами) вследствие физических и механических причин.

Оценим достоверность неслучайности распределения СЖТ в древостоях дуба в целом по всем древостоям с применением критерия χ^2 [12]. Поскольку для отдельных выделяемых групп деревьев встречаемость СЖТ равна или близка нулю (табл.3), то для более корректного применения критерия χ^2 [12] мы объединили в одно целое группы деревьев с сухими сросшимися стволами и со сломками от сросшихся стволов и группы деревьев со стволовыми дуплами и повреждениями и остальные деревья (табл. 3, табл.1, 2).

Ожидаемые величины встречаемости мы рассчитали, исходя из предположения, что

распределение СЖТ в популяции дуба носит случайный характер. Число ожидаемых встреч СЖТ в древостоях только с комлевыми дуплами и повреждениями: $(946/3058) \times 97 = 30,0$, в древостоях, которые имеют сухие сросшиеся стволы: $(182/3058) \times 97 = 5,8$, в древостоях, в прикорлевом окружении которых имеются сломы от сросшихся стволов: $(29/3058) \times 97 = 0,9$. Для объединенной группы число ожидаемых встреч СЖТ равно 6,7 (табл. 3)

Аналогично рассчитываем ожидаемые частоты и для группы деревьев со стволовыми дуплами и повреждениями и для группы, включающей остальные деревья (не имеющие выделяемых нами патологий). Эти группы мы также объединяем в одну, для нее число ожидаемых встреч деревьев, пораженных СЖТ, равно 60,4 % (табл. 3)

Расчет величины χ_{ϕ}^2 (см. табл. 3) показывает, что она равна 69,5. Для $\alpha = 1 \%$, $k = 2$ величина $\chi_{sr}^2 = 9,21$ [12]. Эта величина значительно ниже χ_{ϕ}^2 для высокого уровня значимости, поэтому мы имеем все основания утверждать, что распределение СЖТ в дубовых древостоях носит неслучайный характер.

Так как характер распределения СЖТ в дубовых древостоях отличается от случайного, следует обратиться к поиску статистических зависимостей, с высокой вероятностью описывающих возможные количественные взаимоотношения между состоянием популяции дуба и состоянием популяции СЖТ. Эти

зависимости – отражение реально существующих вероятностно-детерминированных связей между компонентами дубравного сообщества. Выявить подобные связи и зависимости и разобраться в них помогают методы корреляционного и регрессионного анализа [12]. При построении регрессионных моделей распространенности СЖТ следует учитывать как комлевое, так и стволовое проявление заболевания, им вызываемое.

Определим тесноту связи между величиной распространенности СЖТ и долей каждой из вышеописанных групп деревьев. Зависимость распространенности СЖТ от доли деревьев, имеющих комлевые дупла наиболее точно аппроксимируется полиномиальной кривой, значение корреляционного отношения $h = 0,484$ ($t_{\phi} = 1,994$, $t_{st} = 2,160$ для $P = 95 \%$, $k = 13$), коэффициент детерминации $h^2 = 0,234$, что указывает на очень слабую [12], не существенную для выбранного уровня значимости тесноту связи между переменными. Зависимость между распространенностью СЖТ и долей деревьев с комлевыми морозобоинами и др. повреждениями вообще практически отсутствует: коэффициент корреляции $r = 0,114$, $r^2 = 0,013$. Зависимость распространенности СЖТ от доли деревьев, имеющих комлевые дупла и повреждения, наиболее точно описывается полиномиальной кривой, значение корреляционного отношения $h = 0,570$ ($t_{\phi} = 2,500$, $t_{st} = 2,160$ для $P = 95 \%$, $k = 13$), коэффициент детерминации $h^2 = 0,325$, что свидетельствует в пользу неслучайной средней силы положительной связи между переменными. Зависимость распространенности СЖТ от доли деревьев со сросшимися сухими стволами, в комлевой части которых имеются дупла с характерной красной гнилью или базидиомы СЖТ, аппроксимируется полиномиальной кривой, значение корреляционного отношения $h = 0,516$ ($t_{\phi} = 2,170$, $t_{st} = 2,160$ для $P = 95 \%$, $k = 13$), коэффициент детерминации $h^2 = 0,266$, что свидетельствует в пользу неслучайной, средней силы положительной связи между переменными. Зависимость распространенности СЖТ от доли деревьев, в прикорневом окружении которых имеются сломы сросшихся стволов с ядровой древесиной, пораженной красной

призматической гнилью, аппроксимируется полиномиальной кривой, значение корреляционного отношения $h = 0,387$ ($t_{\phi} = 1,513$, $t_{st} = 2,160$ для $P = 95 \%$, $k = 13$), коэффициент детерминации $h^2 = 0,150$, что указывает на отсутствие достоверной связи между переменными. Зависимость величины распространенности СЖТ от доли деревьев с неблагоприятным состоянием комлевой части ствола и прикорневого окружения без учета морозобоин и др. повреждений описывается полиномиальной кривой, корреляционное отношение между переменными $h = 0,549$ ($t_{\phi} = 2,367$, $t_{st} = 2,160$ для $P = 95 \%$, $k = 13$), коэффициент детерминации $h^2 = 0,301$, что свидетельствует в пользу неслучайной средней силы положительной связи между переменными. В данном случае независимой переменной выступает доля деревьев многоствольных порослевых гнезд, формируемых во взаимодействии лесохозяйственной деятельности человека и порослевой возобновительной способности дуба.

С учетом морозобоин и повреждений рассматриваемая связь еще теснее: $h = 0,615$ ($t_{\phi} = 2,812$, $t_{st} = 2,160$ для $P = 95 \%$, $k = 13$), $h^2 = 0,378$. Для линейной корреляции $r = 0,596$ ($t_{\phi} = 2,676$, $t_{st} = 2,160$ для $P = 95 \%$, $k = 13$), $r^2 = 0,355$. Возможное объяснение этому в том, что часть признаков, идентифицируемых как комлевое повреждение, имеет антропогенную природу (ошмыги и т.п.), а часть – различные трещины – является следствием развития самой гнили.

Очень тесная связь обнаруживается между величиной распространенности СЖТ и величиной встречаемости деревьев со стволовыми дуплами и повреждениями. Это положительная линейная зависимость с такими показателями: $r = 0,752$ ($t_{\phi} = 4,116$, $t_{st} = 2,160$ для $P = 95 \%$, $k = 13$), $r^2 = 0,566$.

Линейная зависимость величины распространенности СЖТ от встречаемости (доли) деревьев с комлевыми дуплами и повреждениями, с сухими сросшимися стволами и со сломами стволов имеет следующие показатели $r = 0,596$ ($t_{\phi} = 2,676$, $t_{st} = 2,160$ для $P = 95 \%$, $k = 13$), $r^2 = 0,355$. Линейная зависимость величины распространенности СЖТ от встречаемости (доли) деревьев со стволовыми

дуплами и повреждениями ствола (стволовой и комлево-стволовой тип гнили) имеет следующие показатели $r = 0,52$ ($t_{\phi} = 4,116$, $t_{st} = 2,160$ для $P = 95 \%$, $k = 13$), $r^2 = 0,566$. Расчет коэффициента парной корреляции (проверка на мультиколлинеарность) между первой и второй величинами свидетельствует об отсутствии между ними достоверной связи $r = 0,513$ ($t_{\phi} = 2,154$, $t_{st} = 2,160$ для $P = 95 \%$, $k = 13$) для линейной регрессии $r^2 = 0,263$ и, следовательно, о возможности использования рассматриваемых величин в качестве независимых переменных, оказывающих влияние на распространенность СЖТ. Рассчитанный коэффициент множественной корреляции $r_{mn} = 0,791$ ($t_{\phi} = 4,463$, $t_{st} = 2,179$ для $P = 95 \%$, $k = 12$). Это очень высокий показатель тесноты связи между величиной распространенности СЖТ и двумя вышеописанными величинами. Он свидетельствует об относительно независимом существовании двух комплексов признаков (комлевого и стволового), сопровождающих поражение дуба патогеном и определяющих величину его распространенности (по доле пораженных им деревьев) в дубовых древостоях.

Регрессионное уравнение, связывающее величину распространенности СЖТ с двумя вышеописанными переменными, характеризующими санитарное состояние древостоев, выглядит следующим образом: $y = -0,213 + 0,041x_1 + 0,896x_2$, где y – распространенность СЖТ, %; x_1 – встречаемость (доля) деревьев с комлевыми дуплами и повреждениями, с сухими сросшимися стволами и со сломанами стволов, %; x_2 – встречаемость (доля) деревьев со стволовыми дуплами и повреждениями ствола, %.

Выводы

1. Распространенность серно-желтого трутовика *L. sulphureus* в белгородских порослевых дубравах по доле пораженных им деревьев составляет оценочно 0,5–6,0 %.

2. Распределение *L. sulphureus* в дубовых древостоях носит неслучайный характер. Этот полупаразитический базидиомицет преимущественно приурочен к деревьям с определенными комлевыми и стволовыми патологиями. Эти патологии являются след-

ствием взаимодействия популяции хозяина (особенности порослевого возобновления, роста и развития; физиологическое состояние порослевых деревьев дуба), популяции патогена (паразитическая способность серно-желтого трутовика) и внешних по отношению к патосистеме факторов (антропогенных, абиотических). Такие группы деревьев могут рассматриваться как структурные единицы патосистемы «*Q. robur* – *L. sulphureus*».

3. Величина распространенности *L. sulphureus* находится в очень тесной положительной зависимости от влияния двух переменных величин, каждая из которых сама по себе наиболее достоверно связана с величиной распространенности. Первая величина – это встречаемость (доля) деревьев с комлевыми дуплами и повреждениями, с сухими сросшимися стволами и со сломанами стволов. Вторая величина – встречаемость (доля) деревьев со стволовыми дуплами и повреждениями ствола. Рассчитанный коэффициент множественной корреляции $r_{mn} = 0,791$ ($t_{\phi} = 4,463$, $t_{st} = 2,179$ для $P = 95 \%$, $k = 12$).

Работа поддержана РФФИ, проект № 12-04-31848-мол_a.

Библиографический список

1. Харченко, А.А. Экология и биоценологическое значение дереворазрушающих грибов в порослевых дубравах (на примере Воронежской области): дисс. ... канд. биол. наук / А.А. Харченко. – Воронеж, 2003. – 24 с.
2. Царалунга, В.В. Деградация порослевых дубрав и их реабилитация с помощью санитарных рубок: дисс. ... д-ра с.-х. наук / В.В. Царалунга. – Брянск, 2005. – 393 с.
3. Дунаев, А.В. О склонности к паразитическому образу жизни некоторых ксилотрофных базидиомицетов, входящих в консорциум дуба / Ботанические сады в 21 веке: сохранение биоразнообразия, стратегия развития и инновационные решения / А.В. Дунаев // Материалы Международной научно-практической конференции, Белгород, 18-21 мая 2009. – Белгород, 2009. – С. 210–212.
4. Харченко, Н.А. Деградация дубрав Центрально-Черноземья: монография / Н.А. Харченко, В.Б. Михно, Н.Н. Харченко и др.; под общей ред. Н.А. Харченко; Фед. агентство по образованию ГОУ ВПО «ВГЛТА». – Воронеж, 2010. – 604 с.
5. Дунаев, А.В. Серно-желтый трутовик *Laetiporus sulphureus* (Bill.) Bond. et Sing. в порослевых ду-

- бовых древостоях / А.В. Дунаев, С.В. Калугина // Вестник КрасГАУ. – Красноярск, 2012. – № 6. – С. 44–47.
6. Журавлев, И.И. Диагностика болезней леса / И.И. Журавлев. – М.: Сельхозиздат, 1962. – 192 с.
7. Мозолевская, Е.Г. Методы лесопатологического обследования очагов стволовых вредителей и болезней леса / Е.Г. Мозолевская, О.А. Катаев, Э.С. Соколов. – М., 1984. – 125 с.
8. Шевченко, С.В., Циллюрик А.В. Лесная фитопатология / С.В. Шевченко, А.В. Циллюрик. – Киев: Вища школа, 1986. – 384 с.
9. Методы математической биологии, книга 1: Общие методы анализа биологических систем / Под ред. д-ра мед. наук Н. Н. Любимова. – Киев: Вища школа», 1980. – 239 с.
10. Курненко, И.П. Фауна антропогенных пойменных дубрав Среднего Поволжья и ее учет в лесопользовании / И.П. Курненко // Дуб – порода третьего тысячелетия. Сб. научн. тр. ин-та леса НАН Беларуси. – Вып. 48. – Гомель, 1998. – С. 281–284.
11. Одум, Ю. Основы экологии / Ю. Одум. – М.: Мир, 1975. – 744 с.
12. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
13. Robinson R.A. Plant Pathosystems. Springer-Verlag, Berlin, 1976. – 184 pp.

STUDY OF PATHOSYSTEM “ENGLISH OAK – POLYPORUS SULPHUREUS” IN COPPICE OAK FORESTS OF BELGOROD REGION

Dunaeva E.N., PhD of Agricultural Sciences, Head of the Nursery Department of BelSU Botanical Garden, Belgorod State University; **Dunaev A.V.**, Research fellow of Department of Minor Vegetable Crops of BelSU Botanical Garden, Belgorod State University; **Kalugina S.V.**, PhD of Biological Sciences, Associate Professor of Department of Natural Resources Management and Land Cadaster of BelSU, Belgorod State University

kiryushenko@bsu.edu.ru, kalugina_s@bsu.edu.ru
BelSU Botanical Garden Belgorod State University, Pobedy St., 85, Belgorod, 308015, Russia

The article is devoted to the analysis of the patterns of prevalence of polyporus sulphureus Laetiporus sulphureus (Bull.: Fr.) Murr. in coppice oak forest stands in composition of oak forests of Belgorod region. Field studies were conducted in 2011-2012 in coppice oak forests of Belgorod and Shebekino districts of Belgorod region, the Russian Federation (southern forest steppe) during polyporus sulphureus fruiting season (second half of August - first half of September). The subject of the research was 70-100-year-old stands of oak, in which polyporus sulphureus is distributed to some extent. Studied stands represent different forest growth conditions of oak forests. For the initial structuring of pathosystem during examination of the oak stand each accountable oak tree was described with respect to the butt-stem part and near-butt environment. Pathological (wormy) signs were observed: actually butt up to the height of 1.3 m above the ground surface (butt or near-butt cave, stump, dry intergrown stem, breaking from the intergrown stem, open frost cracks and other chaps and damages); and actually stem from 1.3 m above the ground surface and higher (stem caves and damages). A remark was made about the presence of polyporus sulphureus basidia, its residue, about open to the view red rot or characteristic signs of invisible rot appropriate to polyporus sulphureus infestation. It's shown that distribution of polyporus sulphureus is of nonrandom nature, reflected in the preferential distribution of the pathogen to the trees with butt and stem caves, dry intergrown stems and breakings in near-butt environment, open frost cracks and other damages exposing the wood. L. sulphureus prevalence value is in a very strong positive dependence on two variables influence- frequency of occurrence (percent) of trees with butt caves and damages, with dry intergrown stems and breakings of the stems, the frequency of occurrence (percent) of trees with stem caves and stem damages.

Key words: pathosystem, English oak, polyporus sulphureus, stump forest stand, prevalence, distribution, caves, frost cracks, correlation coefficient, correlation ratio

References

1. Kharchenko A.A. *Ekologiya i biotsenoticheskoe znachenie derevorazrushayushchikh gribov v poroslevykh dubravakh (na primere Voronezhskoy oblasti): diss. ...k-ta biol. nauk* [Environmental and Biotsenoticheskoy value of wood-destroying fungi in coppice oak forests (Voronezh region) diss. ... Candidate. biol. Sciences]. Voronezh, 2003. 24 p.
2. Tsaralunga V.V. *Degradatsiya poroslevykh dubrav i ikh rehabilitatsiya s pomoshch'yu sanitarnykh rubok: diss. ... d-ra s.-kh. nauk* [Degradation of oak coppice and rehabilitation with the help of sanitary cuttings: diss. ... Dr. agricultural Sciences]. Bryansk, 2005. 393 p.
3. Dunaev A.V. *Osklonnosti k paraziticheskomu obrazu zhizni nekotorykh ksilotrofnykh bazidiomitsetov, vkhodyashchikh v konsortsiyu duba / Botanicheskie sady v 21 veke: sokhranenie bioraznoobraziya, strategiya razvitiya i innovatsionnye resheniya* [About propensity to parasitic lifestyle some xylotrophic basidiomycetes belonging to the consortium oak / Botanical Gardens in the 21st century: conservation, development strategy and innovative solutions]. Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Belgorod, 18-21 maya 2009 g. Belgorod, 2009. pp. 210-212.
4. Kharchenko N.A., Mikhno V.B., Kharchenko N.N. i dr. *Degradatsiya dubrav Tsentral'nogo Chernozem'ya. Monografiya: pod obshchey red. N.A. Kharchenko* [Degradation of oak forests of the Central Chernozem: Monograph]. Fed. agentstvo po obrazovaniyu GOU VPO «VGLTA». Voronezh, 2010. 604 p.
5. Dunaev A.V., Kalugina S.V. *Serno-zheltyy trutovik Laetiporus sulphureus (Bill.) Bond. et Sing. v poroslevykh dubovykh drevostoyakh* [Sulfur-yellow bracket fungus Laetiporus sulphureus (Bill.) Bond. et Sing. in coppice oak stands]. Vestnik KrasGAU, Krasnoyarsk, 2012. № 6. pp. 44-47.

- Zhuravlev I.I. *Diagnostika bolezney lesa* [Diagnosis of diseases of forest]. Moscow. Sel'khozizdat, 1962. 192 p.
- Mozolevskaya E.G., Kataev O.A., Sokolov E.S. *Metody lesopatologicheskogo obsledovaniya ochagov stvolovykh vreditel'nykh bolezney lesa* [Methods of forest pathology examination centers of stem pests and diseases]. Moscow. 1984. 125 p.
- Shevchenko S.V., Tsilyurik A.V. *Lesnaya fitopatologiya* [Forest phytopathology]. Kiev: Vishcha shkola, 1986. 384 p.
- Metody matematicheskoy biologii, kniga 1: Obshchie metody analiza biologicheskikh sistem / Pod red. d-ra med. nauk N. N. Lyubimova* [Methods of Mathematical Biology, Book 1: General methods for the analysis of biological systems]. Kiev: Vishcha shkola, 1980. – 239 p.
- Kurnenkova I.P. *Fautnost' antropogennykh poymennykh dubrav Srednego Povolzh'ya i ee uchet v lesopol'zovanii* [Defectiveness anthropogenic oak woods of the Middle Volga and its accounting in forest]. Dub – poroda tret'ego tysyacheletiya. Sb. nauchn. tr. in-ta lesa NAN Belarusi. Vyp. 48. Gomel', 1998. pp. 281-284.
- Odum Yu. *Osnovy ekologii* [Principles of Ecology]. Per. s angl. Moscow. Mir, 1975. 744 p.
- Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow. Vysshaya shkola, 1990. 352 p.
- Robinson R.A. *Plant Pathosystems*. Springer-Verlag, Berlin, 1976. 184 pp.

СУДЕБНАЯ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ НА СЛУЖБЕ КРИМИНАЛИСТИКИ XXI ВЕКА

Ю.М. ЖАВОРОНКОВ, директор Вологодского филиала центра древесных экспертиз
ООО «ЗДОРОВЫЙ ЛЕС»

vologda@zles.ru

Филиал центра древесных экспертиз ООО «ЗДОРОВЫЙ ЛЕС»,
160000, г. Вологда, ул. Проспект Победы, д. 6

Незаконные рубки лесных насаждений являются в настоящее время одной из проблем современного лесного хозяйства. Судебная дендрохронология в комплексе с современным оборудованием, позволяет сформировать утвердительные экспертные выводы при раскрытии и расследовании правонарушений в лесном секторе экономики России. Необходимость в привлечении дендрохронологических данных для криминалистических исследований возникла при расследовании самых разнообразных преступлений, в которых в качестве объектов фигурировала древесина: убийства, хищения, незаконные рубки леса и другое. Ранее, без использования дендрохронологических методов исследований, эксперт чаще всего определял породу дерева, сезон рубки (лето/зима) или идентифицировал целое по частям, но только при наличии общей линии разделения (трасологический метод). Вместе с тем, в настоящее время, дендрохронологические исследования позволяют решить ряд более конкретных задач:

- установить местность и условия произрастания дерева;
- отождествить участок местности, на котором выросло исследуемое дерево;
- определить дату последнего кольца древесины для выяснения года рубки дерева;
- идентифицировать целое по частям при отсутствии общих линий разделения.

До недавнего времени при раскрытии преступлений, связанных с незаконными рубками лесных насаждений проводились лишь почвенно-ботанические и трасологические исследования. В настоящее время, появилась возможность повышения доказательной значимости экспертных исследований дендрохронологических объектов за счет использования методов судебной дендрохронологии и современного измерительного оборудования немецкой фирмы «RINNTech». Объектами дендрохронологических исследований в криминалистике являются образцы древесины различных хвойных пород, имеющих определенную экономическую ценность и заготавливаемых в промышленном масштабе. Применение методов судебной дендрохронологии в криминалистике, на современном этапе развития научно-технического прогресса, позволит: 1) в значительной степени расширить доказательную базу при раскрытии и расследовании правонарушений в лесном секторе экономики России; 2) пресечь нелегальный оборот древесины и лесоматериалов; 3) косвенным образом повлиять на улучшение экологической обстановки в стране.

Ключевые слова: судебная дендрохронология, приросты древесины, перекрестная датировка, криминалистические методы, судебная экспертиза

Дендрохронология – наука, изучающая годовичные приросты колец древесины, занимающаяся их измерением, датировкой и анализом содержащейся в них информации.

Первые идеи о возможности использования годовичных слоев древесины для реконструкции климатических условий прошлого были сделаны Леонардо да Винчи и Карлом Линнеем, но активное развитие дендрохроно-

логии началось в разных странах во второй половине 19 века, а окончательно она сформировалась к началу 20 века.

В бывшем СССР интерес к данным исследованиям стал проявляться в 60-х гг. 20 в. В 70-х гг. 20 в. в дендрохронологии начало формироваться новое направление – судебная дендрохронология, методическую базу которой разрабатывали научные работники Всесоюз-

ного научно-исследовательского института судебной экспертизы СССР (ВНИИСЭ СССР).

Необходимость в привлечении дендрохронологических данных для криминалистических исследований возникала при расследовании самых разнообразных преступлений, в которых в качестве объектов фигурировала древесина: убийства, хищения, незаконные рубки леса и другое.

Ранее, без использования дендрохронологических методов исследований, эксперт чаще всего определял породу дерева, сезон рубки (лето/зима) или идентифицировал целое по частям, но только при наличии общей линии разделения (трасологический метод).

В настоящее время дендрохронологические исследования позволяют решить ряд более конкретных задач:

- установить местность и условия произрастания дерева;
- отождествить участок местности, на котором выросло исследуемое дерево;
- определить дату последнего кольца древесины для выяснения года рубки дерева;
- идентифицировать целое по частям при отсутствии общих линий разделения.

Использование в экспертной практике дендрохронологических методов исследования (судебная дендрохронология) базируется на научно обоснованных данных о строгой индивидуальности рисунка годичных колец каждого отдельно взятого дерева, а также о существовании корреляции между характером кольцевого рисунка деревьев и почвенно-климатических условий в месте их произрастания.

Сущность корреляционной связи между кривыми годичных приростов и почвенно-климатическими условиями заключается в том, что деревья одной и той же породы (ель, сосна, береза и т.д.) из одного и того же локального места произрастания имеют высокую степень совпадения. При синхронности более 60 % можно достаточно уверенно утверждать, что исследуемые образцы принадлежат деревьям, произраставшим на одном и том же локальном участке местности. Показатели синхронности более 80 % кривых годичных приростов будут свидетельствовать о том, что исследуемые образцы принадлежат к

частям ствола одного и того же дерева, даже при отсутствии общих линий разделения.

До недавнего времени при раскрытии преступлений, связанных с незаконными рубками лесных насаждений, проводились лишь почвенно-ботанические и трасологические исследования. Следует отметить, что в большинстве случаев эти экспертизы позволяли сформировать только косвенную доказательственную базу, поскольку в большинстве случаев не было возможности исследовать целое по частям. Это объясняется тем, что в распоряжение экспертов поступали образцы, фактически не имевшие общей разделительной линии, например верхушки деревьев и пни с места незаконной порубки и оторцованный кругляк, брус и бревна в срубах.

В настоящее время появилась возможность повышения доказательной значимости экспертных исследований дендрохронологических объектов за счет использования методов судебной дендрохронологии и современного измерительного оборудования немецкой фирмы «RINNTECH».

Объектами дендрохронологических исследований в криминалистике являются образцы древесины различных хвойных пород, имеющих определенную экономическую ценность и заготавливаемых в промышленном масштабе.

Основными видами дендрохронологических проб являются: 1) целиковые спилы; 2) фрагменты спилов; 3) буровые керны.

Спил – круговой поперечный образец древесины, взятый от обработанного или необработанного ствола дерева, пня или порубочных остатков. Спил отбирается с помощью бензопилы, его толщина должна быть 3–5 см (для удобства транспортировки, хранения и обработки). Спилы с пней берутся на высоте 0,3–0,5 м от поверхности земли, а у порубочных остатков и бревен – в самом толстом месте (наибольший диаметр), которое соответствует нижней, предположительно комлевой, части дерева.

Фрагмент спила (брусоч) – прямоугольный поперечный образец древесины, выпиленный из кругового поперечного образца древесины (спила), взятого от обрабо-

танного или необработанного ствола дерева, пня или порубочных остатков. Брусок имеет смысл выпиливать из спила дерева с большим диаметром ствола (более 20 см). Брусок выпиливается бензопилой или вырубается топором, его толщина должна быть не менее 5 см (для удобства транспортировки, хранения и обработки). При изъятии бруска необходимо обеспечить сохранность центральных годовичных колец.

Буровой керн – цилиндрический образец древесины, отбираемый из деревьев с помощью приростного бурава. Имеет диаметр 4–5 мм и длину 10–50 см (в зависимости от типа бура и диаметра ствола или бревна). Керны отбираются у порубочных остатков и бревен в самом толстом месте, которое предположительно соответствует комлевой части дерева. У живых деревьев, используемых в качестве контрольных образцов для места происшествия, керны отбираются на высоте 1,3 м от земли. В отличие от спила, который берется в одном экземпляре, кернов с дерева отбирают несколько (от 2 до 4). Если имеется возможность пройти буром сквозь ствол, то достаточно одного керна. Поскольку высверливание образца древесины ведется «вслепую», очень важно попытаться пройти буром через сердцевину дерева.

Основные вопросы, на которые можно получить ответ, используя дендрохронологические методы и соответствующее оборудование, следующие:

1. Имеют ли образцы древесины, изъятые с транспортного средства / лесопильного цеха / постройки и образцы с пней / порубочных остатков, бревен с места лесонарушения общую групповую принадлежность?

2. Не являлись ли ранее объекты, представленные на экспертизу, частями ствола одного и того же дерева?

3. В каком календарном году и сезоне года производилась рубка?

Применение методов судебной дендрохронологии в криминалистике, на современном этапе развития научно-технического прогресса, позволит: 1) в значительной степени расширить доказательную базу при раскрытии и расследовании правонаруше-

ний в лесном секторе экономики России; 2) пресечь нелегальный оборот древесины и лесоматериалов; 3) косвенным образом влиять на улучшение экологической обстановки в стране.

Библиографический список

1. Воронин, В.И. Практика применения дендрохронологической экспертизы в ходе следственных мероприятий / В.И. Воронин, М.М. Наурзбаев, В.А. Осколков // Эксперт-криминалист. – № 3. – 2009.
2. Унжакова, С.В. Дендрохронологическая экспертиза при расследовании незаконных рубок лесных насаждений: уч. пос. / С.В. Унжакова, В.И. Воронин, М.М. Наурзбаев, Н.Ю. Жигалов. – Иркутск: Восточно-Сибирский институт МВД России, 2009. – 56 с.
3. Жаворонков, Ю.М. Назначение судебных экспертиз при раскрытии и расследовании преступлений, связанных с незаконными рубками леса: Методические рекомендации / Ю.М. Жаворонков. – Вологда: УВД по Вологодской области, 2011. – 92 с.
4. Жаворонков, Ю.М. Использование методов дендрохронологии в судебно-ботанических экспертизах, производимых на базе УВД ЭКЦ по ВО, при расследовании преступлений по незаконным рубкам леса / Ю.М. Жаворонков // Криминалистические средства и методы в раскрытии и расследовании преступлений. – М.: ЭКЦ МВД России, 2009. – С. 203–206.
5. Жаворонков, Ю.М. Использование потенциала ЭКЦ УВД по ВО при раскрытии и расследовании преступлений, связанных с незаконными рубками лесных насаждений / Ю.М. Жаворонков // Бюллетень судейского сообщества Вологодской области № 13 – 2009. – С. 115,116.
6. Липаткин, В.А. Разработка проекта методики и технологии идентификации происхождения древесины с целью подтверждения легальности его заготовки на основе дендрохронологической информации (отчет о научно-исследовательской работе) / В.А. Липаткин, С.Б. Пальчиков, Д.Е. Румянцев и др. – М.: МГУЛ, 2008. – 127с.
7. Липаткин, В.А. Разработка проекта методики и технологии идентификации происхождения древесины с целью подтверждения легальности его заготовки на основе дендрохронологической информации (отчет о научно-исследовательской работе) / В.А. Липаткин, С.Б. Пальчиков, Д.Е. Румянцев и др. – М.: МГУЛеса, 2009. – 106с.
8. Липаткин, В.А. Возможности использования метода перекрестной датировки древесно-кольцевых хронологий при расследовании дел, связанных с незаконной заготовкой древесины / В.А. Липаткин, С.Б. Пальчиков, Д.Е. Румянцев, Ю.М. Жаво-

- ронков // Теория и практика судебной экспертизы. – № 3 (19). – 2010. – С. 244–254.
9. Методические рекомендации по криминалистической экспертизе объектов растительного происхождения. – М.: ВНИИСЭ, 1972. – 21 с.
 10. Оркин, А.Н. Судебная дендрохронология: Учебное пособие / А.Н. Оркин, Д.С. Малоквасов. – Хабаровск: Высшая школа МВД РФ, 1992. – 36 с.
 11. Полюшкин, Ю.В. Азы дендродиагностики лесонарушений: методическое пособие / Ю.В. Полюшкин. – Иркутск: Институт географии им. В.Б. Сошалева СО РАН, 2006. – 109 с.
 12. Розанов, М.И. Возможности установления целого по частям при исследовании древесины и изделий из неё / М.И. Розанов // Криминалистика и судебная экспертиза. Вып. 1. – Киев: Киевский НИИСЭ, 1964. – С. 208–215.
 13. Розанов, М.И. Дендрохронологический метод идентификации древесины // Криминалистика и судебная экспертиза. Вып. 2 / М.И. Розанов. – Киев: Киевский НИИСЭ, 1965. – С. 259–271.
 14. Розанов, М.И. Дендрохронологические методы экспертизы древесины // Экспертная техника. Вып. 34 / М.И. Розанов. – М.: ВНИИСЭ, 1971. – С. 45–65.
 15. Розанов, М.И. Задачи судебной дендрохронологии // Проблемы экспертизы растительных объектов / М.И. Розанов. – М.: ВНИИСЭ, 1972. – С. 81–82.
 16. Чхобадзе, А.Б. Применение дендрохронологического метода в судебно-ботанической экспертизе по делам о незаконных порубках леса // Экспертная практика. Вып. 65 / А.Б. Чхобадзе, Ю.М. Жаворонков. – М.: ЭКЦ МВД России, 2008. – С. 24–37.
 17. Шиятов, С.Г. Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации: Учебно-методическое пособие / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов и др. – Красноярск: КрасГУ, 2000. – 80 с.
 18. Rinn F. TSAP v. 3.5: Reference Manual. — Heidelberg, 1996. — 187 pp.
 19. Schweingruber F. H. Tree rings end environment. Dendroecology. — Paul Haupt: Berne-Stuttgart-Vienna, 1996. — 609 pp.
 20. Wolodarsky-Franke A., Lara A. The role of “forensic” dendrochronology in the conservation of alerce (*Fitzroya cupressoides* ((Molina) Johnston)) forest in Chile.// Dendrochronologia, 2005 Vol.22 Num. 3 – P.235

JUDICIAL DENDROCHRONOLOGY IN THE SERVICE OF FORENSIC SCIENCE OF THE XXI CENTURY

Zhavoronkov Yu.M., director of the Vologda branch of the Center of Expertise Wood Ltd. «HEALTHY FOREST»

vologda@zles.ru

Branch wood expertise center LLC «HEALTHY FOREST», 160000, Vologda, ul. Victory Avenue, d. 6

Currently one of the problems of modern forestry is illegal logging of forest stands. Judicial dendrochronology in complex with modern equipment allows to generate affirmative expert conclusions at solving and investigation of violations in the forest sector of the Russian economy. Requirement for attracting dendrochronological data for forensic processing arose at investigation a variety of crimes in which wood was involved as a subject: murder, theft, illegal logging and other. Previously, without using dendrochronological research methods, the expert often determined wood species, falling season (summer/winter) or identified the whole by parts, but only when there is common separation line (trace evidence analysis). Along with this, at present dendrochronological researches allow to solve a number of more specific targets:

- to specify terrain and tree site conditions;
- to identify the terrain compartment where the analyzed tree has grown;
- to determine the date of the last tree ring for finding out the logging year;
- to identify the whole by parts if there are no common separating lines.

At the present time there is a possibility of increasing evidential significance forensic studies of dendrochronological subjects through the use of forensic dendrochronology methods and modern measuring equipment of the German company RINNTech. Dendrochronological research subject in criminology are samples of wood of various conifers which have a certain economic value and are procured on an industrial scale. Application of methods of forensic dendrochronology in criminology at the present stage of development of scientific-technical progress allows: 1) to expand greatly the evidence at solving and investigation of violations in the forest sector of the Russian economy; 2) to terminate the illegal wood and timber trade; 3) to influence indirectly on the improvement of the ecological situation in the country.

Key words: forensic dendrochronology, wood growth, cross dating, forensic methods, forensics

References

1. Voronin V.I., Naurzbaev M.M., Oskolkov V.A. *Praktika primeneniya dend-rokhronologicheskoy ekspertizy v khode sledstvennykh meropriyatii* [The practice of applying dendrochronological examination during the investigation] Ekspert-kriminalist, № 3. Moscow. 2009.
2. Unzhakova S.V., Voronin V.I., Naurzbaev M.M., Zhigalov N.Yu. *Dendrokhro-nologicheskaya ekspertiza pri rassledovanii nezakonnykh rubok lesnykh nasazhdeniy. Uchebnoe posobie* [Dendrochronological examination in the investigation of illegal logging, forest plantations]. Irkutsk Vostochno-Sibirskiy institut MVD Rossii, 2009. 56 p.
3. Zhavoronkov Yu.M. *Naznachenie sudebnykh ekspertiz pri raskrytii i rassledovanii prestupleniy, svyazannykh s nezakonnyimi rubkami lesa: Metodicheskie rekomen-datsii* [Appointment of legal expertise with the detection and investigation of crimes related to illegal logging: Guidelines]. Vologda. UVD po Vologodskoy oblasti, 2011. 92 p.

4. Zhavoronkov Yu.M. *Ispol'zovanie metodov dendrokronologii v sudebno-botanicheskikh ekspertizakh, proizvodimyykh na baze UVD EKTs po VO, pri rassledovanii prestupleniy po nezakonnym rubkam lesa* [The use of dendrochronology in forensic botanical examinations made on the basis ATC EKC for VO, in the investigation of crimes by illegal fell-ing]. *Kriminalisticheskie sredstva i metody v raskrytii i rassledovanii prestupleniy*. Moscow. EKTs MVD Rossii, 2009. pp. 203–206.
5. Zhavoronkov Yu.M. *Ispol'zovanie potentsiala EKTs UVD po VO r raskrytii i rassledovanii prestupleniy, svyazannykh s nezakonnymi rubkami lesnykh nasazhdeniy* [Using the potential of EKC ATC IN p detection and investigation of crimes related to illegal logging of forest plantations]. *Byulleten' sudeyskogo soobshchestva Vologodskoy oblasti* № 13 2009. pp. 115,116.
6. Lipatkin V.A., Pal'chikov S.B., Rumyantsev D.E. i dr. *Razrabotka proekta me-todiki i tekhnologii identifikatsii proiskhozhdeniya drevesiny s tsel'yu podtverzhdeniya legal'nosti ego zagotovki na osnove dendrokronologicheskoy informatsii (otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote)* [Development of the project methodology and technology identification of the origin of wood in order to confirm the legality of its procurement based on dendrochro-nological data (report on research work)]. Moscow. MSFU, 2008. 127 p.
7. Lipatkin V.A., Pal'chikov S.B., Rumyantsev D.E. i dr. *Razrabotka proekta meto-diki i tekhnologii identifikatsii proiskhozhdeniya drevesiny s tsel'yu podtverzhdeniya legal'nosti ego zagotovki na osnove dendrokronologicheskoy informatsii (otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote)* [Development of the project methodology and technology identification of the origin of wood in order to confirm the legality of its procurement based on dendrochro-nological data (report on research work)]. Moscow. MSFU, 2009. 106 p.
8. Lipatkin V.A., Pal'chikov S.B., Rumyantsev D.E., Zhavoronkov Yu.M. *Vozmozh-nosti ispol'zovaniya metoda perekrestnoy datirovki drevesno-kol'tsevykh khronologiy pri rassle-dovanii del, svyazannykh s nezakonnoy zagotovkoy drevesiny* [The possibility of using the method of cross-dating of tree-ring chronologies in the investigation of cases involving illegal logging]. *Teoriya i praktika sudebnoy ekspertizy* №3 (19) 2010. pp. 244–254.
9. *Metodicheskie rekomendatsii po kriminalisticheskoy ekspertize ob''ektov ras-titel'nogo proiskhozhdeniya* [Guidelines Forensics objects plant]. Moscow. VNIISE, 1972. 21 p.
10. Orkin A.N., Malokvasov D.S. *Sudebnaya dendrokronologiya: Uchebnoe poso-bie* [Trial dendrochronology]. Khabarovsk. Vysshaya shkola MVD RF. 1992. 36 p.
11. Polyushkin Yu. V. *Azy dendrodiagnostiki lesonarusheniy: metodicheskoe posobie* [Foundations dendrodiagnostiki forest violations]. Irkutsk. Institut geografii im. V.B. Sochavy SO RAN, 2006. 109 p.
12. Rozanov M.I. *Vozmozhnosti ustanovleniya tselogo po chastyam pri issledova-nii drevesiny i izdeliy iz nee* [Possibility of introducing a whole by parts in the study of wood and its products]. *Kriminalistika i sudebnaya ekspertiza*. V. 1. Kiev: Kievskiy NIISE, 1964. pp. 208-215.
13. Rozanov M.I. *Dendrokronologicheskii metod identifikatsii drevesiny* [Dendro-chronological method of identifying the timber] *Kriminalistika i sudebnaya ekspertiza*. V. 2. Kiev. Kievskiy NIISE, 1965. pp. 259-271.
14. Rozanov M.I. *Dendrokronologicheskie metody ekspertizy drevesiny* [Dendro-chronological methods of examination of wood] *Ekspertnaya tekhnika*. V. 34. Moscow. VNIISE, 1971. pp. 45-65.
15. Rozanov M.I. *Zadachi sudebnoy dendrokronologii* [Problem of judicial dendro-chronology] *Problemy ekspertizy rastitel'nykh ob''ektov*. Moscow. VNIISE, 1972. pp. 81-82.
16. Chkhobadze A.B., Zhavoronkov Yu.M. *Primenenie dendrokronologicheskogo me-toda v sudebno-botanicheskoy ekspertize po delam o nezakonnnykh porubkakh lesa* [The use of dendrochronological method in forensic botany examination in cases of illegal tree cutting] *Ekspertnaya praktika*. V. 65. Moscow. EKTs MVD Rossii, 2008. pp. 24-37.
17. Shiyatov S. G., Vaganov E. A. i dr. *Metody dendrokronologii. Ch. I. Osnovy dendrokronologii. Sbor i poluchenie drevesno-kol'tsevoy informatsii: Uchebno-metodicheskoe posobie* [Methods of dendrochronology. Part I. Fundamentals of dendrochronology. Collection and preparation of tree-ring data]. Krasnoyarsk: KrasGU, 2000. 80 p.
18. Rinn F. *TSAP v. 3.5: Reference Manual*. Heidelberg, 1996. 187 p.
19. Schweingruber F. H. *Tree rings end environment. Dendroecology*. Paul Haupt: Berne-Stuttgart-Vienna, 1996. 609 p.
20. Wolodarsky-Franke A., Lara A. The role of "forensic" dendrochronology in the conservation of alerce (*Fitzroya cupressoides* (Molina) Johnston) forest in Chile.// *Dendrochronologia*, 2005 Vol.22 Num. 3 pp. 235

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРИРОСТ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*QUERCUS ROBUR* L.) В УСЛОВИЯХ ПРИРОДНОГО ЗАКАЗНИКА «ДОЛИНА РЕКИ СЕТУНЬ»

Р.С. ЖУКОВ, агроном Главного ботанического сада им Н.В. Цицина РАН

q.robur@ya.ru

ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН (ГБС РАН)
127276, Москва, Ботаническая ул. д.4

В работе рассмотрены экологические условия, влияющие на формирование годичного кольца дуба черешчатого и периодичность его плодоношения. Объектом исследования был выбран участок, занятый естественным насаждением дуба черешчатого возрастом 150 лет, расположенный в западной части Москвы на территории Природного заказника «Долина реки Сетунь». Используя временные ряды индексов прироста и ряды метеопараметров (месячная сумма осадков, среднемесячная температура) за период 1949–2008 гг. выполнен корреляционный анализ влияния климатических факторов на прирост годичного кольца дуба черешчатого. В ходе исследования корреляционный анализ не дал нам однозначной информации о характере влияния климатических факторов на формирование ширины годичного кольца, с его помощью затруднительно уверенно выявить факторы, которые отрицательно сказываются на приросте стволовой древесины. В неэкстремальных условиях произрастания дендроклиматический анализ затруднен в силу того, что лимитирующие прирост факторы меняются от года к году. В качестве дополнительного инструмента выявления связи между шириной годичных колец и влиянием климатических факторов использован анализ климаграмм для лет экстремального прироста (локальных минимумов и локальных максимумов). Для лет локальных минимумов и максимумов прироста (лет высокого и низкого прироста) были построены климаграммы, отражающие средние значения метеопараметров для двух указанных выборок лет. Для полноты, в работе рассмотрено влияние периодичности плодоношения дуба на изменчивость прироста годичных колец за период 1977–1989 гг. и отмечена положительная связь между ними. Выявлена положительная корреляционная связь урожая желудей от условий увлажнения мая. Отмечено, что засушливые условия мая отрицательно сказываются на плодоношении и уменьшают прирост годичного кольца дуба. Эти закономерности, частично могут показать биолого-экологические особенности роста дуба черешчатого в Подмосковье.

Ключевые слова: дуб черешчатый, формирование годичного кольца дуба черешчатого в Подмосковье, плодоношение дуба, природный заказник «Долина реки Сетунь», связь годичного прироста с урожаем желудей

Считается, что температура – это главный ограничивающий фактор для роста деревьев дуба. Самым важным фактором для формирования древесины дуба считаются температурные изменения, такие как поздние весенние заморозки и сильные зимние морозы [15]. Прямое влияние температуры на радиальный прирост древесины часто наблюдается в начале сезона, когда необычно холодная погода вызывает задержку активации роста после периода зимнего покоя. В северных районах ареала дуба теплые и влажные условия в течение вегетационного сезона приводят к формированию широких годичных колец, в то время как теплые и сухие условия приводят к формированию узких годичных колец [16].

Объектом нашего исследования был выбран участок, занятый естественным насаждением дуба черешчатого возрастом 150 лет, расположенный в западной части Москвы на территории природного заказника «Долина реки Сетунь». Средний диаметр учет-

ных деревьев составлял 74 см, высота 26 м, полнота насаждения составляла 0,4–0,5.

Рельеф участка представляет собой крутой склон пойменной террасы реки Сетунь. Можно полагать, что внутренний сток в подобных условиях затруднен, большинство осадков переходит в поверхностный сток. В живом напочвенном покрове присутствовали типичные для дубравных лесов виды травянистых растений: сныть обыкновенная (*Aegopodium podagraria* L.), осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.) зеленчук желтый (*Galeobdolon luteum* Huds.), живучка ползучая (*Ajuga reptans* L.), крапива двудомная (*Urtica dioica* L.). Присутствие данных видов свидетельствует о высоком плодородии почвы. В подлеске произрастали рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.), черемуха обыкновенная (*Prunus padus* L.), крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.). В подросте встречались экземпляры дуба черешчатого, ясеня пенсильванского, ели европейской. Представление о внешнем виде учетных деревьев показано на рис. 1.

В ходе работ с каждого учетного дерева по двум взаимно перпендикулярным радиусам отбирались керны древесины (цилиндрики). Отбор производился с помощью бурава Пресслера на высоте 1,3 м; для уточнения возраста учетных деревьев отбор кернов производился на высоте 30 см от корневой шейки. Отбор кернов производился в мае 2009 г.

Всего было отобрано 12 учетных деревьев. Керны помещались в бумажные пакеты и далее доставлялись в лабораторию кафедры ботаники и физиологии растений МГУЛ. Там, с использованием бинокулярного стереоскопического микроскопа МБС-10, велось измерение ширины годичных колец. Измерения проводились, начиная от ближайшего к коре годичного кольца, год формирования которого известен (2009 г.).

Для контроля точности измерений использовалась процедура перекрестной датировки в программе GROWLINE [1]. Деревья одного вида, произрастающие на одном и том же участке леса, имеют сходный характер колебаний ширины годичного кольца от года к году. Наличие значительной асинхронности в колебаниях прироста групповой средней хронологии и хронологии по отдельному учетному дереву может свидетельствовать о том, что в ходе измерений образца древесины была допущена ошибка в распознавании годичных колец.

Временной ряд, отражающий изменение по годам средней для выборки ширины годичного кольца, представлен на рис. 2. Анализируя рис. 2 можно отметить, что в разные годы у учетных деревьев дуба ширина годичного кольца сильно варьирует (за период 1857–2008 гг. коэффициент вариации годичного кольца равен 20 %).

Как видно из рис. 2, в изменчивости прироста дуба наблюдаются четко выраженные локальные минимумы и максимумы прироста. Анализируя связь этих колебаний с колебаниями климата в отдельных случаях можно понять, какие климатические условия благоприятны для формирования дубом высокого прироста стволовой древесины в данном древостое, а какие отрицательно сказываются на продуктивности. Также на графике просматривается наличие циклически повторяющихся колебаний

прироста. Изучив закономерности этих колебаний, их периодичность можно было бы давать долговременный прогноз состояния насаждений, колебаний их продуктивности. Поняв эти закономерности, можно пытаться менять их в нужную для лесовода сторону, давать обоснованные прогнозы состояния насаждений в связи с изменениями климатической обстановки.

Поскольку ширина годичных колец зависит от множества факторов, в дендрохронологии принято использовать не абсолютные величины приростов, а их относительные значения – индексы ширины колец.

Используя временные ряды индексов прироста и ряды метеопараметров (месячная сумма осадков, среднемесячная температура), за период 1949–2008 гг. мы выполнили корреляционный анализ влияния климатических факторов на прирост годичного кольца дуба черешчатого.

При уровне доверительной вероятности 0,05 достоверны значения коэффициента корреляции от 0,26 [2]. Такие коэффициенты



Рис. 1. Учетное дерево дуба № 1
Fig. 1. Accounting oak tree number 1

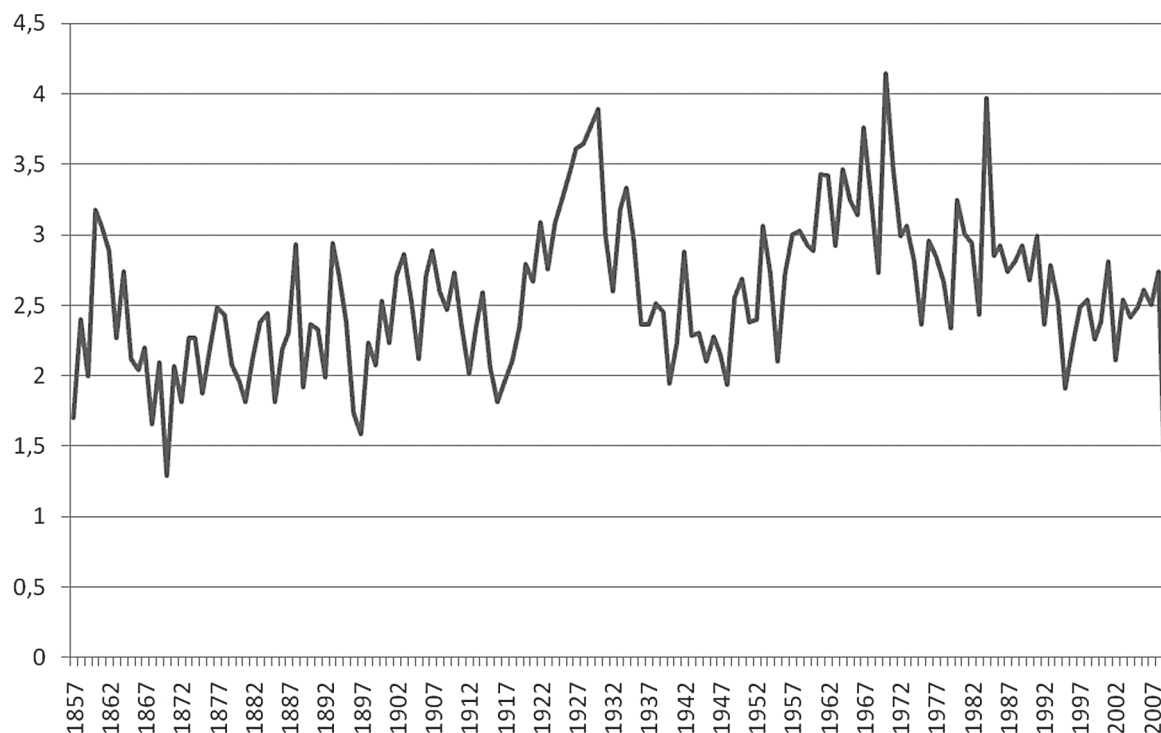


Рис. 2. Динамика среднего радиального прироста учетных деревьев дуба по годам
Fig. 2. Dynamics of the average radial growth of oak trees accounting data

были обнаружены только для месячной суммы осадков февраля (0,27) и месячной суммы осадков мая (-0,29) в год, предшествующий году формирования годичного кольца.

Б.Ф. Хасанов [3] при дендрохронологическом изучении дуба черешчатого в средней полосе европейской части России не выявил статистически значимую корреляцию между среднемесячной температурой и приростом годичного кольца, а для месячных сумм осадков им получена слабая статистически достоверная связь (-0,28) для октября предыдущего и апреля текущего года (0,28).

Следует отметить, что результаты, полученные при исследовании ширины годичных колец дуба в Словакии (Jmelko, Scheer, 2000) и Польше (Bednarz, Ptak, 1990), также показывают отсутствие статистически значимой связи между приростом годичных колец дуба и среднемесячной температурой отдельных месяцев, а ширина годичных колец дубов положительно и тесно связана с количеством летних осадков в Польше 0,41 и в Словакии 0,46 (Хасанов [3]).

Таким образом, можно констатировать, что корреляционный анализ не дал нам однозначной информации о характере влияния

климатических факторов на формирование ширины годичного кольца, с его помощью мы не смогли уверенно выявить факторы, которые отрицательно сказываются на приросте стволовой древесины. Причины того, почему в высокобонитетных древостоях корреляционный анализ иногда оказывается неэффективным для решения упомянутых задач, были рассмотрены В.А. Липаткиным и Д.Е. Румянцевым [4]. Отсутствие корреляционной связи между колебаниями прироста и колебаниями метеопараметров еще не говорит об отсутствии влияния климатических факторов на прирост стволовой древесины дуба. Традиционным объектом дендроклиматических исследований являются насаждения в экстремальных условиях произрастания [5]. В неэкстремальных условиях произрастания дендроклиматический анализ на основе расчета коэффициентов корреляции затруднен в силу того, что лимитирующие прирост факторы меняются от года к году [4]. Так, если в данном году увеличение продуктивности ограничивается недостатком дозы фактора А, то на следующий год при тех же значениях фактора А прирост может лимитироваться уже недостатком дозы фактора В.

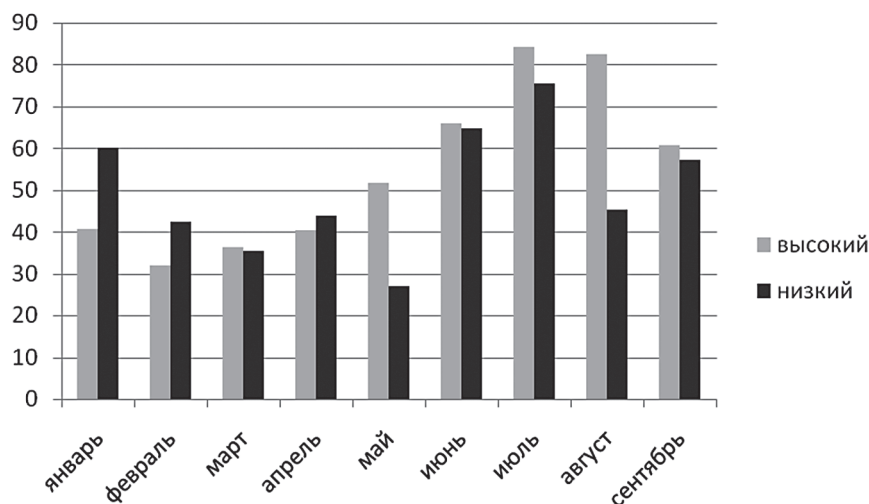


Рис. 3. Значения месячных сумм осадков для лет высокого и низкого прироста, мм
Fig. 3 The values of monthly precipitation totals for the years of high and low growth, mm

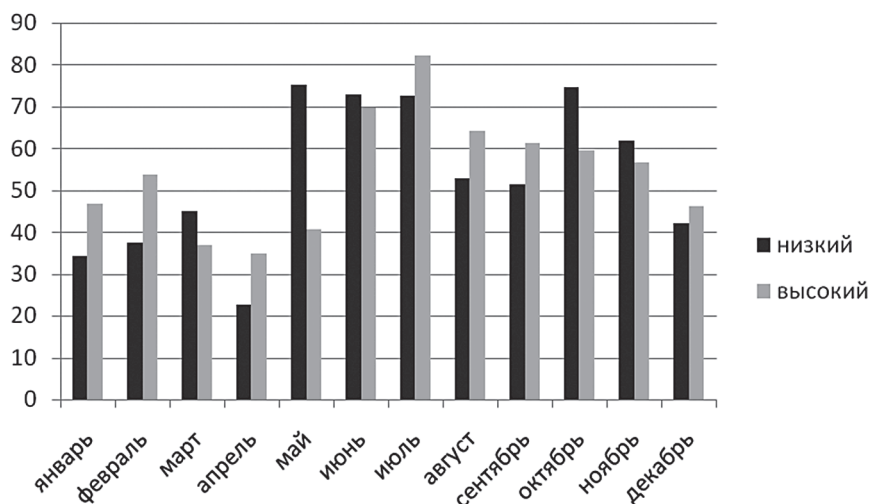


Рис. 4. Значения месячных сумм осадков для лет, предшествующих годам высокого и низкого прироста, мм
Fig. 4 The values of monthly precipitation totals for the years preceding the years of high and low growth, mm

Кроме того, возможно допустить существование компенсаций, когда действие фактора А (например недостаточное увлажнение в июне) компенсируется действием фактора В (например обильное увлажнение в июле).

Поэтому с точки зрения классических представлений в экологии полученные нами результаты следует объяснять тем, что Московская область лежит в той части зоны ареала дуба черешчатого, в которой ежегодные дозы климатических факторов близки к составляющим зону оптимума жизнедеятельности организма. Сильные отклонения от величины этих доз в большую или в меньшую сторону отрицательно сказываются на продуктивности дуба. Наличие одинаковой реакции при-

роста на разнонаправленные экстремальные отклонения дозы факторов от среднего, в совокупности со сменой лимитирующего фактора от года к году снижает познавательную ценность процедуры корреляционного анализа при выявлении зависимостей продуктивности от действия экологических факторов.

В качестве дополнительного инструмента выявления связи между шириной годичных колец и влиянием климатических факторов может быть использован анализ климаграмм для лет экстремального прироста (локальных минимумов и локальных максимумов) [4;6].

Рассмотрев изменчивость радиального прироста за период 1949 – 2007 г. (рис. 2), мы выделили годы экстремального прироста.

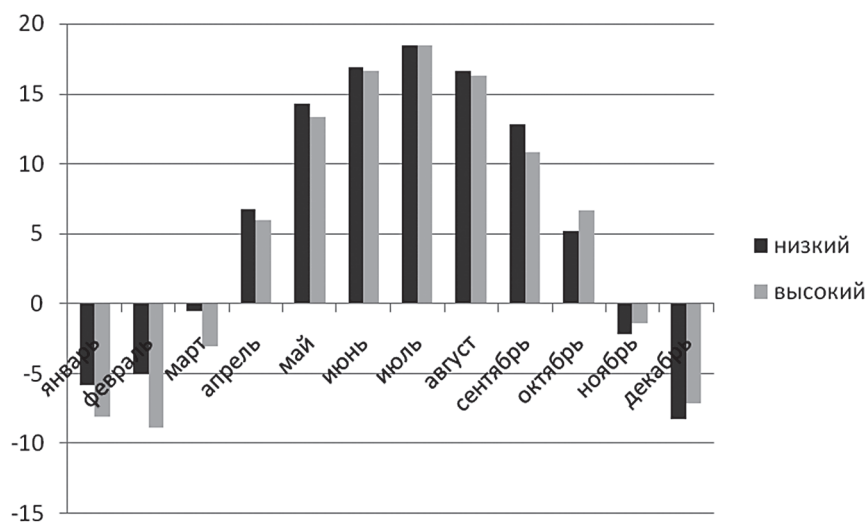


Рис. 5. Значения среднемесячных температур в годы высокого и низкого прироста, °C
 Fig. 5 Values of mean monthly temperatures during the high and low growth, °C

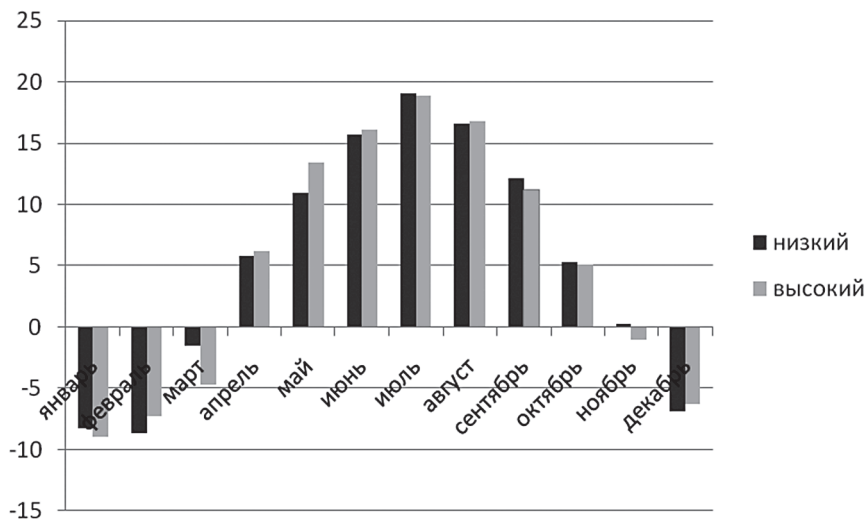


Рис. 6. Значения среднемесячных температур в годы, предшествовавшие годам высокого и низкого прироста, °C
 Fig. 6 Values of average monthly temperatures in the years predshestovavshie years of high and low growth, °C

1. Годы локального максимума прироста – 1953, 1958, 1961, 1962, 1964, 1967, 1970, 1984.

2. Годы локального минимума прироста – 1955, 1975, 1979, 1983, 1995, 2002.

Для лет локальных минимумов и максимумов прироста (высокого и низкого прироста) были построены климаграммы (рис. 3–6), отражающие средние значения метеопараметров для двух указанных выборок лет.

Анализируя влияние на прирост месячных сумм атмосферных осадков, можно отметить, что годы низкого и высокого прироста наиболее сильно отличаются между собой по месячной сумме осадков мая и августа в год формирования годичного кольца, а также по

месячной сумме осадков января. Засушливые условия в мае и августе отрицательно сказываются на приросте дуба в исследуемом древостое, также как и обильные осадки в январе. Для лет, предшествовавших годам формирования локальных минимумов и максимумов прироста, наибольшие отличия наблюдаются по сумме осадков мая, недостаток осадков этого месяца ведет к снижению прироста на следующий год.

Анализируя влияние на прирост месячных сумм среднемесячных температур, можно отметить, что годы низкого и высокого прироста наиболее сильно отличаются между собой по температурам января, февраля, марта, а также мая. В годы высокого прироста наблюдаются более низкие среднемесячные зимние

температуры, чем в годы низкого прироста. Это говорит об отрицательном влиянии оттепелей на зимостойкость и рост дуба. Высокие температуры мая отрицательно сказываются на приросте, так как увеличивают засушливость условий в течение этого месяца.

Ясно, что температура и атмосферные осадки являются главными факторами, влияющими на формирование годичного прироста дуба черешчатого и тесно взаимосвязаны.

Весьма интересным остается вопрос о дополнительном влиянии на формирование годичного прироста дуба черешчатого различных сопутствующих факторов, одним из которых является периодичность плодоношения растения. Для понимания данной биологической особенности была проанализирована связь интенсивности плодоношения и формирования годичного кольца дуба черешчатого.

Большинство ученых, исследовавших влияние обильного плодоношения на ширину годичного кольца, приходили к выводу об отрицательном влиянии этого фактора на величину радиального прироста. Так, Р. Гартиг показал, что обильное плодоношение у бука вызвало уменьшение годичного прироста в 1,5–2 раза [7]. Д.Н. Данилов [8], исследуя взаимосвязь между урожаем семян и шириной годичных колец у ели в условиях Вологодской области, наблюдал снижение ширины кольца на 49 % в год обильного урожая и на 25 % – в следующий после урожайного год.

Лесоводами и физиологами [9] подмечена корреляция между плодоношением и ростом дерева: обильное плодоношение вызывает уменьшение годичного прироста древесины (зафиксированы для бука на 50 %, для ели на 40 % и т.д.).

Х. Лир объясняет это явление тем, что имеется некоторая конкуренция между вегетативным ростом и генеративным развитием. Иными словами, сильное цветение и плодоношение подавляют рост.

Согласно не так давно выполненным исследованиям, Д.В. Тишин [10] в условиях Среднего Поволжья установил достоверную отрицательную связь между урожаем и радиальным приростом ели текущего года (коэффициент корреляции $-0,36$), а также положительную

связь между приростом дуба и плодоношением (коэффициент корреляции $0,25$).

В исследованиях Д.Е. Румянцева [11], выполнявшихся на материале хронологий ели из заповедника «Кивач» (Южная Карелия), не удалось зафиксировать положительного или отрицательного влияния семеношения на формирование годичного кольца.

В литературе есть указания, что периодичность плодоношения обуславливается совсем не особыми биологическими свойствами дерева, недоступными для воздействия на них, а чисто внешними условиями, ограничивающими развитие именно тех биологических особенностей растительного организма, которые определяют процессы плодоношения [12].

Систематических стационарных наблюдений за плодоношением дуба в разных природных зонах очень мало. В различных природных районах семенные годы дуба повторяются в среднем через пять–семь лет, причем урожай желудей распределяется в пределах ареала неравномерно. По эпизодическим, глазомерным наблюдениям, Н.С. Нестеров (1914) установил, что в Московской области урожаи желудей у дуба повторяются через 6 лет.

По данным К.Б. Лосицкого [13], начало плодоношения у дуба зависит от географической зоны и местоположения, отмечается с 15–17-летнего возраста. В южных регионах, особенно на открытых местах, плодоносить деревья начинают с 17–20 лет, а в северных – с 30–35. Лучший урожай желудей, по данным того же автора, отмечается в год с благоприятными климатическими факторами, когда в фазе заложения плодовых почек не ощущается недостатка во влагообеспеченности, в фазе цветения и опыления не наблюдаются заморозки, а в фазе плодоношения – очень жаркие дни.

Результаты наших исследований соотносятся с классическими представлениями о влиянии плодоношения дерева на прирост годичного кольца. В книге «Дубравы России» [14] приведены данные об урожайности желудей по областям и республикам РФ. Мерой урожайности являлся объем заготовки желудей в тоннах по региону. Такой показатель не может претендовать на абсолютную оценку закономерностей плодоношения, так

Данные прироста годичного кольца, годичной заготовки желудей и среднемесячных сумм осадков за май в условиях Московской области по годам
These tree-ring growth, annual harvesting acorns and average monthly precipitation in May in the Moscow region data

	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
Прирост, мм	2,84	2,67	2,34	3,24	3,01	2,94	2,43	3,97	2,85	2,92	2,74	2,81	2,92
Заготовка, т	16,9	10,5	1,3	16,6	12,7	14,6	1,8	11,4	1,9	6,1	14,1	4,7	1,4
Осадки, май	86,4	58,4	10,2	88	21	63,2	8,7	47,6	58,3	7,2	92,7	44	32,9

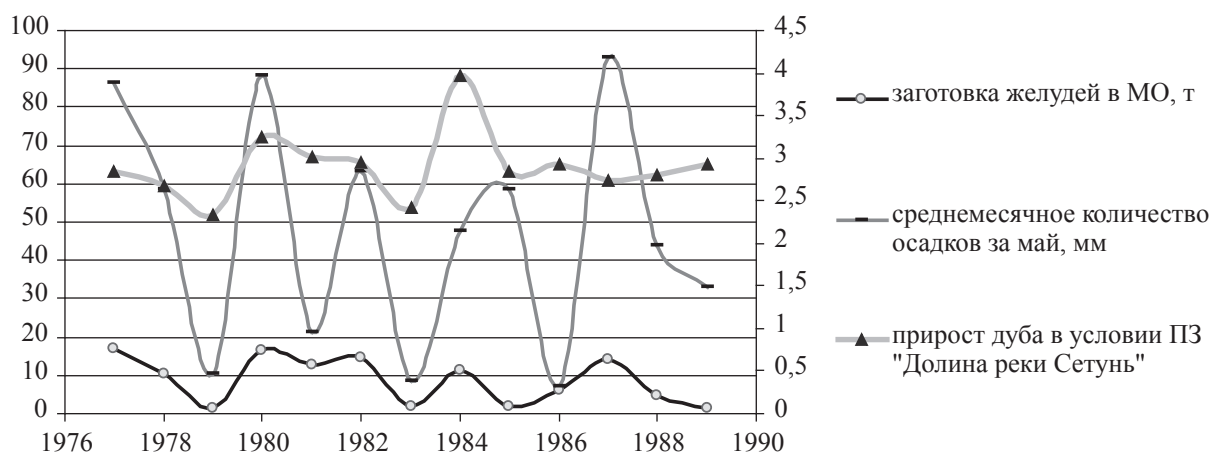


Рис. 7. Связь плодоношения (т) и радиального прироста (мм) от условий увлажнения мая (мм)
 Fig. 7 Communication fruiting (t) and radial growth (mm) of moisture conditions in May (mm)

как в данном случае на плодоношении могли сказаться организационно-социальные и субъективные факторы. Однако это реальная иллюстрация заготовки желудей за достаточно длинный период. Для Московской области имелся непрерывный тринадцатилетний временной ряд с 1977 по 1989 гг. (таблица).

Для выявления сопряженности в колебаниях плодоношения и колебаниях ширины годичного кольца был использован корреляционный анализ. Рассчитанный коэффициент корреляции составил 0,42. При данном числе наблюдений и уровне доверительной вероятности 0,05 – это недостоверное значение. Мы рассчитали корреляционное отношение, приняв прирост за независимую переменную, а урожай желудей – за зависимую. Расчетное значение корреляционного отношения равно 0,43. Данное значение также недостоверно. Однако визуальный анализ графиков, представленных на рис. 7, демонстрирует высокую синхронность колебаний во временных рядах.

Данный результат является следствием зависимости плодоношения и прироста го-

дичного кольца от условий увлажнения мая. Известно, что хорошая погода в мае положительно влияет на плодоношение (Лосицкий, 1963; Карписонова, 1967; Дубравы лесостепи..., 1975). В нашем случае корреляционная зависимость заготовки желудей по Московской области от суммы осадков мая составила $r = 0,71$, что является статистически значимым значением. Такие же выводы сообщаются в исследованиях Е.Г. Мининой, по результатам ее наблюдений за оплодотворением цветков дуба черешчатого в течение двух весен (1951 и 1952 гг.) невозможно сделать заключение о резко отрицательном действии дождей на опыление цветков [12]. Объяснить это можно следующим образом: при обильном увлажнении в мае образуется более широкий слой ранней древесины с мощной водопроводящей системой, по сосудам которой подается достаточное количество влаги и питательных веществ для образования новых продуктов фотосинтеза, которые являются строительным материалом генеративных и вегетативных органов дерева, что позволяет обеспечить достаточно обиль-

ное плодоношение. Также влажная погода усугубляется циклоном и протекает без резких колебаний температур, что очень важно, т.к. многолетними наблюдениями установлено, что вероятность заморозков в Московской области в мае – 82 % и в июне 16 % [12].

Обнаруженные нами закономерности должны быть проверены на материале более длинных временных рядов.

Библиографический список

1. Липаткин, В.А. Перекрестная датировка дендрохронологических рядов с помощью ПЭВМ / В.А. Липаткин, С.Ю. Мазитов // Экология, мониторинг и рациональное природопользование. Научн. тр., Вып. 288(1). – М.: МГУЛ, 1997. – С. 103–110.
2. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа. 1973. – С. 343.
3. Хасанов, Б.Ф. Структура древесины дуба черешчатого (*Quercus robur* L.) как показатель аномальных климатических явлений (на примере средней полосы европейской части России): Дис. ... канд. биол. наук / Б.Ф. Хасанов. – М.: Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН, 2008. – 170 с.
4. Дендрохронологическая информация в лесоводственных исследованиях. Под ред. В.А. Липаткина, Д.Е. Румянцева. – М.: МГУЛ, 2007 – 138с.
5. Шиятов, С.Г. Дендрохронология, ее принципы и методы / С.Г. Шиятов // Проблемы ботаники на Урале. / Записки Всесоюзного ботанического общества. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. – С. 53–81.
6. Ловелиус, Н.В. Дендроиндикация / Н.В. Ловелиус. – С.-Пб.: Петровская академия наук, 2000 – 313 с.
7. Морозов, Г.Ф. Учение о лесе / Г.Ф. Морозов. М.–Л.: Государственное издательство, 1930 – 440 с.
8. Данилов, Д.Н. Влияние плодоношения на структуру годичного слоя / Д.Н. Данилов // Ботанический журнал, 1953. – № 3. – Т. 38 – С. 367–377.
9. Лир, Х., Польстер Г., Фидлер Г.И. Физиология древесных растений / Х. Лир, Г. Польстер, Г.И. Фидлер // Лесная пром-сть, 1974. – 424 с.
10. Тишин, Д.В. Влияние природно-климатических факторов на радиальный прирост основных видов деревьев Среднего Поволжья: дисс... канд. биол. наук / Д.В. Тишин. – Казань, 2006. – 142 с.
11. Румянцев, Д.Е. Диагностика особенностей роста сосны и ели в Южной Карелии с использованием методов дендрохронологии: дисс. ... канд. биол. наук / Д.Е. Румянцев. – М.: МГУЛ, 2001 – 115 с.
12. Труды института леса. Т. XVII. Плодоношение дуба. М.: АН СССР, 1954. – 155 с.
13. Лосицкий, К.Б. Дуб / К.Б. Лосицкий. – М.: Лесная пром-сть, 1981. – 101 с.
14. Калининченко, Н.П. Дубравы России / Н.П. Калининченко. – М.: МПР РФ, ВНИИЦресурс, 2000. – 532 с.
15. Hassan Z. 2008. The effect of climate and hydrology on tree-ring width of Oak (*Quercus robur*) from different sites at Slangenburg forest in the Netherlands. Applid period (Research Activities). 50 p.
16. Fritts H. C. 1976. Tree rings and climate. London, New York, San Francisco: Academic Press. 567 p.

ECOLOGICAL FACTORS AND THEIR INFLUENCE AT THE INCREMENT OF PENDICULATE OAK (*QUERCUS ROBUR* L.) IN THE PROTECTED AREA "RIVER SYETUN VALLEY"

Zhukov R.S., Agronomist Main Botanical Garden of N.V. Tsitsin RAS

q.robur@ya.ru

FGBUN Main Botanical Garden. NV Tsitsin Academy of Sciences (RAS GBS), 127276, Moscow Botanical st. h.4

In work the ecological conditions influencing formation of a year ring of an oak pendiculate and frequency of its fructification are considered. The site taken with natural planting of an oak pendiculate by age of 150 years, located in the western part of Moscow in the territory of the Natural wildlife area "A river Setun valley" was chosen as object of research. Using time series of indexes of an increase and ranks of meteoroparameters (the monthly sum of a precipitation, average monthly temperature) during 1949-2008 a correlation analysis of influence of climatic factors on an increase of a year ring of an oak pendiculate is made. During research a correlation analysis did not give us the unique information on nature of influence of climatic factors on formation of width of a year ring, with its help difficult surely to reveal factors which have an adverse effect on an increase of stem wood. In not extreme conditions of growth the dendroclimatic analysis is complicated owing to that factors limiting an increase change year by year. As the padding instrument of identification of the relationship between width of year rings and influence of climatic factors the analysis climate graphs for years of an extreme increase (local minima and local maxima) is used. For years of local minima and increase maxima (years of a high and low increase) reflecting mean values of meteoroparameters for two specified selections of years were constructed climate graph. For completeness, in work influence of frequency of fructification of an oak on variability of an increase of year rings during 1977-1989 is considered and positive relationship between them is noted. Positive correlative relationship of a crop of acorns from conditions of humidification of May is revealed. It is noted that droughty conditions of May have an adverse effect on fructification and reduce an increase of a year ring of an oak. These regularities, can partially show biologo-ecological features of body height of an oak pendiculate in Moscow area.

Key words: oak pendiculate, formation of a year ring of an oak pendiculate to Moscow area, oak fructification, natural wildlife area "A river Setun valley", tie of a year increase with a crop of acorns.

References

1. Lipatkin, V.A., Mazitov, S.Yu. *Perekrestnaya datirovka dendrokronologicheskikh ryadov s pomoshch'yu PEVM* [Cross dating dendrochronological series via PC. Environmental monitoring and environmental management. Scientific works. Issue 288 (1)]. *Ekologiya, monitoring i ratsional'noe prirodopol'zovanie*. Nauchn. tr., Vyp. 288(1). Moscow, MSFU, 1997. pp. 103–110.

- Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow. Vysshaya shkola [High school]. 1973. 343 p.
- Hasanov B.F. *Struktura drevesiny duba chereschatogo (Quercus robur L.) kak pokazatel' anomal'nykh klimaticheskikh yavleniy (na primere sredney polozy Evropeyskoy chasti Rossii): Dis. ... kand. biol. nauk* [Structure of the wood of English oak (*Quercus robur* L.) as an indicator of abnormal climatic phenomena (for example, the middle zone of European part of Russia)]. Moscow. A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution. 2008. 170 p.
- Dendrokronologicheskaya informatsiya v lesovodstvennykh issledovaniyakh. Pod red. V.A. Lipatkina, D.E. Rummyantseva* [Dendrochronological information in silvicultural research]. Moscow, MSFU, 2007. 138 p.
- Shiyatov S.G. *Dendrokronologiya, ee printsipy i metody* [Dendrochronology, its principles and methods. Botany in the Urals. Notes of the All-Union Botanical Society]. Problemy botaniki na Urale. Zapiski Vsesoyuznogo botanicheskogo obshchestva. Sverdlovsk, Ural Scientific Center of the USSR Academy, 1973. pp. 53-81.
- Lovelius N.V. *Dendroindikatsiya* [Dendroindikatsiya]. St. Petersburg, Petrovskaya Academy Nauk (Petrovskaya Academy of Sciences). 2000, 313 p.
- Morozov G.F. *Uchenie o lese* [The doctrine of the forest]. Moscow – Leningrad. Gosudarstvennoe izdatel'stvo (State Publishing House). 1930. 440 p.
- Danilov D.N. *Vliyaniye plodonosheniya na strukturu godichnogo sloya*. [Effect of fruiting on the structure of the annual ring]. Botanicheskii zhurnal [Botanical journal], 1953, № 3, Volume 38. pp. 367-377.
- Lir, Kh., Pol'ster G., Fidler G.I. *Fiziologiya drevesnykh rasteniy* [Physiology of woody plants]. Moscow, Lesnaya promyshlennost', [Forest industry] 1974. 424 p.
- Tishin, D.V. *Vliyaniye prirodno-klimaticheskikh faktorov na radial'nyy prirost osnovnykh vidov derev'ev Srednego Povolzh'ya* [Influence of climatic factors on the radial growth of the main tree species of the Middle Volga]: Dissertation for the degree of candidate of biological sciences. Kazan, 2006. 142 p.
- Rumjancev D.E. Rummyantsev, D.E. *Diagnostika osobennostey rosta sosny i eli v Yuzhnoy Karelii s ispol'zovaniem metodov dendrokronologii* [Diagnosis of growth characteristics of pine and spruce in South Karelia using methods of dendrochronology]: Dissertation for the degree of candidate of biological sciences. Moscow, MSFU, 2001. 115 p.
- Trudy instituta lesa. T. XVII. Plodonoshenie duba* [Proceedings of the Institute of Forest. Volume XVII. Fruiting oak]. Moscow, Publishing Academy of Sciences of the USSR, 1954. 155 p.
- Lositskiy, K.B. *Dub* [Oak]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' [Forest industry], 1981. 101 p.
- Kalinichenko, N.P. *Dubravyye Rossii* [Oakwood Russia]. Moscow, Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, All-Russian Scientific Research Institute of Resources, 2000. 532 p.

УСПЕШНОСТЬ ПЕРЕЗИМОВКИ ДЕНДРОИНТРОДУЦЕНТОВ В УСЛОВИЯХ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

О.С. ЗАЛЫВСКАЯ, доц. каф. ландшафтной архитектуры и искусственных лесов Северного Арктического федерального университета им. М.В. Ломоносова, канд. с.-х. наук

o--s@yandex.ru

Северный (Арктический) федеральный университет им. М.В. Ломоносова, Архангельск, Набережная Сев. Двины, 17

Северные города отличаются малым ассортиментом древесных и кустарниковых пород по сравнению с городами средней полосы и южных районов. Вследствие этого страдает эстетический облик городов в высоких широтах. Население чувствует недостаток положительных визуальных эмоций. Положение усугубляется коротким вегетационным периодом на Севере. Важно увеличить зрительное разнообразие городских ландшафтов, использование видов, обладающих наибольшей декоративностью позволяет решить данную задачу. Возможность произрастания новых видов древесных растений на Европейском Севере лимитируется сложным комплексом внешних условий в зимнее время. Успешность перезимовки интродуцентов в условиях Архангельской области определяется не только условиями зимы, но и подготовленностью к нему растений, прежде всего их общим состоянием, степенью завершенности ростовых процессов, полнотой прохождения осенних фенофаз сезонного развития и снижением физиологической активности в связи с переходом в состояние зимнего покоя. Зимостойкость и морозоустойчивость интродуцентов. Зимостойкость является одним из основных биологических признаков, определяющих возможность интродукции растений на Север. Для климата Архангельской области характерна частая смена воздушных масс. Вторжение арктического холодного воздуха в летние месяцы вызывает обычно заморозки в период вегетации, при этом от заморозков не гарантирован ни один летний месяц. Под зимостойкостью понимают устойчивость растений к длительным отрицательным температурам, а под морозоустойчивостью – способность переносить резкие понижения температуры ниже -25°C . Зимостойкость оценивалась по 7-балльной шкале Главного ботанического сада Академии наук.

Ключевые слова: интродуценты, ростовые процессы, фенофаза, зимостойкость, морозоустойчивость, интродуценты, адаптация

Растения – базовый компонент урбоэко-системы. Они не только обеспечивают привлекательный декоративный облик, но и создают особый микроклимат, благоприятный для жизни людей. Важнейшим условием

создания эффективных зеленых насаждений является подбор устойчивого ассортимента пород с использованием инорайонных, способных оздоровить среду обитания и длительно сохранять декоративность.

Бедность древесной и кустарниковой флоры северных регионов ограничивает количество пород, пригодных для зеленого строительства. В то же время внедрение все новых родов, видов и форм приводит к увеличению числа интродуцентов, входящих в состав городских сообществ.

Цель исследований – изучить особенности адаптации (перезимовки) интродуцентов древесной и кустарниковой флоры в городских условиях Севера.

Основные исследования проводились в г. Северодвинске Архангельской области в течение 2002–2012 гг.

В настоящее время дендрофлора города представлена 26 видами.

Деревья: береза повислая, береза пушистая, ель колючая, кедр сибирский (сосна кедровая сибирская), липа мелколистная, лиственница Сукачева, ольха черная, рябина обыкновенная, тополь дрожащий (осина), тополь бальзамический, черемуха обыкновенная, яблоня ягодная (сибирская);

Кустарники: арония черноплодная (рябина черноплодная), боярышник кроваво-красный (сибирский), бузина красная (костистая), дерен белый (сибирский), жимолость татарская, ива козья, ирга обильноцветущая, калина обыкновенная, карагана древовидная (акация желтая), кизильник блестящий, роза иглистая, роза морщинистая, сирень венгерская, смородина золотистая.

Из них интродуцентами региона являются 16 видов из 9 семейств: арония черноплодная, боярышник кроваво-красный, бузина красная, дерен белый, ель колючая, жимолость татарская, ирга обильноцветущая, карагана древовидная, кедр сибирский, кизильник блестящий, липа мелколистная, роза морщинистая, сирень венгерская, смородина золотистая, тополь бальзамический, яблоня ягодная (Бабич, Залывская, Травникова, 2008).

Возможность произрастания новых видов древесных растений на Европейском Севере лимитируется сложным комплексом внешних условий в зимнее время. Успешность перезимовки интродуцентов в условиях Архангельской области определяется

не только условиями зимы, но и подготовленностью растений, прежде всего их общим состоянием, степенью завершаемости ростовых процессов, полнотой прохождения осенних фаз сезонного развития и снижением физиологической активности в связи с переходом в состояние зимнего покоя. Все это, в свою очередь, зависит как от погодных условий предшествующего зимовке вегетационного периода, так и от генетически обусловленных экологических особенностей вида (Залывская, Бабич, 2012).

Вызревание побегов, обеспечивающее высокую морозостойкость, связано с лигнификацией клеточных оболочек древесины. Чем раньше приостанавливается камбиальная деятельность и на срезах обнаруживается граница между камбием и древесиной, тем выше морозостойчивость растений.

Проведенные анализы одревеснения побегов показали, что дифференциация древесины у березы пушистой происходит во второй декаде июня, а у побегов клена татарского – представителя инорайонной флоры и недостаточно зимостойкого – в середине сентября. Своевременное завершение процесса одревеснения является одним из признаков зимостойкости растений (Нилов, 1980).

Проведенные нами исследования показали, что к началу сентября все растения заканчивают рост и их побеги приступают к одревеснению (табл. 1).

У зимостойких видов сезонное развитие протекает в более короткие сроки и, как правило, завершается в период с температурой выше +5 °С, (арония, жимолость, кизильник, смородина). По жизненной форме это кустарники, что подтверждает их лучшую приспособляемость к условиям Севера. Срок наступления полной готовности к зиме у перечисленных видов совпадает с местными. У липы, дерна, розы, бузины сезонное развитие занимает более длительный период. Остальные породы занимают промежуточное положение.

Прирост побегов зависит от географического происхождения, возраста, благоприятного сочетания погодных условий вегетационного периода, прежде всего, количества

Подготовленность растений к зиме
Preparedness plants for winter

Порода	Срок наступления полной готовности						Группа
	04.09	11.09	18.09	27.09	04.10	11.10	
Арония черноплодная	+						1
Береза повислая	+						1
Береза пушистая	+						1
Боярышник кроваво-красный	+ –	+ –	+				2
Бузина красная	–	–	+ –	+			2
Дерен белый	–	+ –	+ –	+			2
Ель колючая	+ –	+					2
Жимолость татарская	+						1
Ива белая	–	+ –	+ –	+ –	+ –	+	2
Ирга обильноцветущая	–	+					2
Калина обыкновенная	–	–	+ –	+ –	+ –	+	2
Карагана древовидная	+ –	+					2
Кедр сибирский	+ –	+					2
Кизильник блестящий	+						1
Липа мелколистная	–	–	+ –	+ –	+		2
Лиственница Сукачева	+ –	+ –	+ –	+			2
Ольха серая	+						1
Роза иглистая	+ –	+ –	+ –	+ –	+		2
Роза морщинистая	+ –	+ –	+ –	+ –	+		2
Рябина обыкновенная	+						1
Сирень венгерская	+ –	+					2
Смородина золотистая	+						1
Тополь бальзамический	+ –	+					2
Тополь дрожащий	+						1
Черемуха обыкновенная	+						1

Примечание. “+” – побеги одревеснели полностью; “–” – побеги не одревеснели; “+ –” – побеги частично одревеснели

осадков, температуры воздуха и почвы. При переселении инорайонных деревьев и кустарников проявляется тенденция к сокращению величины годичного прироста и тем самым к уменьшению размеров по сравнению с теми же видами, произрастающими в естественных местообитаниях.

Зимостойкость является результатом как исторического, так и онтогенетического развития растений в определенных условиях внешней среды. Она не является постоянным свойством, зависит от целого ряда условий, и попытка объяснить ее каким-либо одним фактором или свойством растения обычно не имеет успеха. Зимостойкость растений одного и того же вида зависит от географического происхождения семян, а также варьирует сре-

ди разно- и одновозрастных насаждений. В первые годы жизни у большинства инорайонных древесных растений подмерзают однолетние и двулетние побеги, в дальнейшем их зимостойкость поднимается. Она также повышается в последующих поколениях репродукторов. Результаты оценки зимостойкости растений дают основание судить о перспективности растений для введения в зеленые насаждения города (Лапин, Сиднева, 1973).

Важнейшим показателем устойчивости растений к зиме, неблагоприятным зимним условиям является содержание углеводов. Причем, в повышении зимостойкости существенную роль играет превращение крахмала. В процессе исследования за древесными породами в дендрарии АГТУ установлено, что

Зимостойкость деревьев и кустарников
Hardiness of trees and shrubs

Порода	Показатель зимостойкости
Арония черноплодная*	II (обмерзает 15 % длины однолетних побегов)
Береза повислая	IV (обмерзают не только однолетние, но и более старые побеги)
Береза пушистая	IV (обмерзают не только однолетние, но и более старые побеги)
Боярышник кроваво-красный	IV (обмерзают не только однолетние, но и более старые побеги)
Бузина красная	III (обмерзает от 50 до 100 % длины однолетних побегов)
Дерен белый	IV (обмерзают не только однолетние, но и более старые побеги)
Ель колючая	II (обмерзает 10 % длины однолетних побегов)
Жимолость татарская	IV (обмерзают не только однолетние, но и более старые побеги)
Ива белая	II (обмерзает 20 % длины однолетних побегов)
Ирга обильноцветущая	II (обмерзает 30 % длины однолетних побегов)
Калина обыкновенная	II (обмерзает 30 % длины однолетних побегов)
Карагана древовидная	III (обмерзает от 50 до 100 % длины однолетних побегов)
Кедр сибирский	II (обмерзает 8 % длины однолетних побегов)
Кизильник блестящий	IV (обмерзают не только однолетние, но и более старые побеги)
Липа мелколистная	II (обмерзает 40 % длины однолетних побегов)
Лиственница Сукачева	II (обмерзает 5 % длины однолетних побегов)
Ольха серая	II (обмерзает 15 % длины однолетних побегов)
Роза иглистая	II (обмерзает 30 % длины однолетних побегов)
Роза морщинистая	III (обмерзает 30 % длины однолетних побегов)
Рябина обыкновенная	II (обмерзает 10 % длины однолетних побегов)
Сирень венгерская	IV (обмерзают не только однолетние, но и более старые побеги)
Смородина золотистая	I
Тополь бальзамический	II (обмерзает 15 % длины однолетних побегов)
Тополь дрожащий	II (обмерзает 10 % длины однолетних побегов)
Черемуха обыкновенная	II (обмерзает 10 % длины однолетних побегов)

* жирным шрифтом выделены виды-интродуценты

максимальное содержание крахмала приходится на сентябрь (осенний максимум), затем количество крахмала уменьшается. Общее содержание крахмала в зимний период у черемухи обыкновенной и ирги обильноцветущей выше, чем у клена татарского и крушины слабительной. Полное исчезновение крахмала в зимние месяцы наблюдается у липы мелколистной. Осенью растение накапливает крахмал, который в период закалки постепенно переходит в сахар или масло. Зимой оно постепенно расходует запасные вещества. У растений, сохраняющих в течение всего зимнего периода крахмал, запасы сахара и масла за счет его пополняются. У растений, не имеющих зимой крахмала, источник сахара и масла расходуется раньше, и растение утрачивает свою зимостойкость. Наиболее зимос-

тойкой из инорайонных пород является ирга обильноцветущая, наименее устойчивы к морозам клен татарский и крушина слабительная, липа мелколистная занимает промежуточное положение. Таким образом, наличие крахмала в побегах растений в зимний период может служить некоторой оценкой морозоустойчивости древесных пород (Искусственное лесовосстановление..., 1998; Малаховец, 1999; 2002).

После окончания поздневесенних заморозков, в результате которых могут повреждаться начавшие рост побеги, производили оценку зимостойкости наблюдаемых деревьев и кустарников (табл.2).

Зимостойкость оценивалась по 7-балльной шкале Главного ботанического сада Академии наук (ГБС АН):

I – растения не обмерзают;

II – обмерзает не более 50 % длины однолетних побегов;

III – обмерзает от 50 до 100 % длины однолетних побегов;

IV – обмерзают не только однолетние, но и более старые побеги;

V – обмерзает надземная часть до снегового покрова;

VI – обмерзает вся надземная часть;

VII – растение вымерзает целиком.

Наиболее зимостойкие, по нашим исследованиям, аборигены – лиственница Сукачева, рябина обыкновенная, тополь дрожащий, черемуха обыкновенная; хвойные интродуценты – кедр сибирский, ель колючая и инорайонный кустарник смородина золотистая (обмерзает не более 10 % длины однолетних побегов). Арония черноплодная, ирга обильноцветущая, роза морщинистая, тополь бальзамический по зимостойкости также не уступают аборигенам и обмерзают не более чем на 30 % длины однолетних побегов. Процент обмерзания липы мелколистной, бузины красной, караганы древовидной варьирует от 40 до 70 %. У сирени венгерской, кизильника блестящего, жимолости татарской, дерна белого, боярышника кроваво-красного обмерзают однолетние и более старые побеги, но эти виды обладают высокой побеговоспроизводительной способностью.

На зимовке растений неблагоприятно сказываются дожди в конце лета, после прекращения роста побегов. В этом случае могут распускаться почки, трогаться в рост побеги, что приводит к побиванию морозами. Растения с поздними сроками сезонного развития страдают от воздействия коротких поздних осенних заморозков: средних ($-4...-5$ °C) и слабых (до -3 °C). Виды растений с ранним началом вегетации получают повреждения в результате средних и сильных (ниже -5 °C) заморозков (Романова, 1999).

Все аборигенные и зимостойкие инорайонные виды относятся к поздно начинающим и рано заканчивающим вегетацию. В процессе роста и развития они приспособились к экстремальным условиям климата,

благодаря короткому бурному периоду роста, способности вовремя завершать процессы закаливания и своевременному вступлению в период покоя и выхода из него в оптимальные сроки. Незимостойкие инорайонные интродуценты достаточно консервативны, не меняют ритма своего развития, не успевают завершить ростовые процессы и сильно повреждаются морозом (Нилов, 1980; Бабич, Залывская, Травникова, 2008; Залывская, Бабич, 2014).

Библиографический список

1. Бабич, Н.А. Интродуценты в зеленом строительстве северных городов / Н.А. Бабич, О.С. Залывская, Г.И. Травникова. – Архангельск: АГТУ, 2008. – 144 с.
2. Залывская, О.С. Шкала комплексной оценки декоративности древесных и кустарниковых пород в городских условиях на Севере / О.С. Залывская // Вестник МарГТУ. – № 1. – 2012. – С. 96–104.
3. Нилов, В.Н. Зимостойкость и отпад древесных интродуцентов в условиях дендрологического сада АИЛиЛХ / В.Н. Нилов // Материалы годичной сессии по итогам научно-исследовательских работ за 1979 год. – Архангельск: АИЛиЛХ, 1980. – С. 7–9.
4. Лапин, П.И. Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений / П.И. Лапин, С.В. Сиднева // Опыт интродукции древесных растений. – М.: Наука, 1973. – С. 7–67.
5. Искусственное лесовосстановление и интродукция на Европейском Севере / Под общ. ред. Н.А.Бабича. – Архангельск, 1998. – 184 с.
6. Малаховец, П.М. Деревья и кустарники дендросада АГТУ / П.М. Малаховец, В.А. Тисова. – Архангельск: АГТУ, 1999. – 50 с.
7. Малаховец, П.М. Краткое руководство по озеленению северных городов и поселков / П.М. Малаховец, В.А. Тисова. – Архангельск: АГТУ, 2002. – 108 с.
8. Романова, А.Б. Устойчивость к поздним весенним заморозкам интродуцентов дендрария / А.Б. Романова // Плодоводство, семеноводство, интродукция древесных растений: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Красноярск: СибГТУ, 1999. – С. 70–71.
9. Залывская, О.С. Зимостойкость и морозоустойчивость интродуцентов / О.С. Залывская, Н.А. Бабич // Вестник МГУЛ–Лесной вестник. – 2014. – № 1. – С. 105–110.
10. Залывская, О.С. Комплексная оценка адаптивной способности интродуцентов // Лесной журнал, 2014.

SUCCESS OF DENDROINTRODUCEMENT OVERWINTERING IN
THE CONDITIONS OF ARKHANGELSK REGION

Zalivskaya O.S., candidate of agricultural Sciences, associate Professor associate Professor of landscape architecture and artificial forests Northern (Arctic) Federal University named M.V. Lomonosov

o – s@yandex.ru

Northern (Arctic) Federal University named M.V. Lomonosov, Arkhangelsk, Naberezhnaya Northern Dvini, 17

Northern cities are characterized by low range of tree and shrub species in comparison with the cities of midland and southern areas. As a consequence aesthetic appearance of the cities in the high latitudes suffers from it. The population feels lack of a positive visual emotions. The situation is aggravated by a short vegetation period in the North. It is important to increase the visual diversity of urban landscapes, use of species with most ornamentality allows to solve this problem. The possibility of growing new species of arboreal plants in the European North is limited by a complex aggregate of external conditions in winter. Success of introducement overwintering in the conditions of Arkhangelsk region is determined not only by winter conditions, but also by plants preparedness to it, especially by their general condition, degree of termination of growth processes, fullness of passing of autumn phenophases of seasonal development and reduction of physiological activity in connection with transition into a state of hibernation. Winter resistance and frost resistance of introducents. Winter resistance is one of the main biological characteristics that determine the possibility of plants introduction in the North. The climate of Arkhangelsk region is characterized by frequent changes of air masses. The invasion of Arctic cold air during summer months usually causes frosts during the growing season, none of summer months is safe against frost. Winter resistance is the resistance of plants to long-term negative temperatures, and frost resistance is the ability to endure sudden temperature drops below -25 °C. Winter resistance was assessed on a 7-point scale of the Main Botanical garden of Academy of Sciences.

Key words: introducents, growth processes, phenophase, winter resistance, frost resistance, introducents, adaptation

References

1. Babich N.A., Zalivskaya O.S., Travnikova G.I. *Introdutsenty v zelenom stroitel'stve severnykh gorodov* [The exotic species in landscaping Northern cities Arhangel'sk, AGTU (Arkhangelsk state technical University), 2008. 144 p.
2. Zalivskaya O.S., Babich N.A. *Shkala kompleksnoy otsenki dekorativnosti drevesnykh i kustarnikovykh porod v gorodskikh usloviyakh na Severe* [Scale integrated assessment of decorative trees and shrubs in urban areas in the North]. *Vestnik MarGTU*. № 1. 2012. pp. 96-104.
3. Nilov V. N. *Zimostoykost' i otpad drevesnykh introducentov v usloviyakh dendrologicheskogo sada AILiLH. Materialy godichnoy sessii po itogam nauchno-issledovatel'skikh rabot za 1979 god* [Winter hardiness and mortality of woody plants in the conditions of the arboretum of the Arkhangelsk Institute of forest and forest chemistry. Materials of the annual session on the results of research works for 1979]. Arhangel'sk, the Arkhangelsk Institute of forest and forest chemistry, 1980. pp. 7-9.
4. Lapin P.I., Sidneva S.V. *Otsenka perspektivnosti introduksii drevesnykh rasteniy po dannym vizual'nykh nablyudeniy* [Assessment of the prospects for the introduction of woody plants according to visual observations. Experience of the introduction of woody plants]. *Opyt introduksii drevesnykh rasteniy*. M., Nauka [Science], 1973. pp. 7-67.
5. *Iskusstvennoe lesovosstanovlenie i introduksiya na Evropeyskom Severe. Pod obshh. red. N.A. Babicha* [Artificial reforestation and the introduction in the European North. Under the General editorship N.A. Babich]. Arhangel'sk, 1998. 184 p.
6. Malakhovets P.M., Tisova V.A. *Derev'ya i kustarniki dendrosada AGTU* [Trees and shrubs of dendroside Arkhangelsk state technical University]. Arhangel'sk, AGTU [Publishing house of the Arkhangelsk state technical University], 1999. 50 p.
7. Malakhovets P.M., Tisova V.A. *Kratkoe rukovodstvo po ozeleneniyu severnykh gorodov i poselkov* [Quick Guide to Greening the northern cities and towns]. Arhangel'sk, AGTU, 2002. 108 p.
8. Romanova A.B. *Ustoychivost' k pozdnim vesennim zamorozkam introdutsentov dendrariya* [Resistant to late spring frosts of exotic species arboretum [Text]. Fruit growing, seed-growing, introduction of woody plants: proceedings of the all-Russian scientific-practical conference]. *Plodovodstvo, semenovodstvo, introduksiya drevesnykh rasteniy: Materialy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Krasnoyarsk, SibGTU [Siberian state technological University], 1999. pp. 70-71.
9. Zalivskaya O.S., Babich N.A. *Zimostoykost' i morozoustoychivost' introdutsentov* [Frost hardiness and exotic species]. *Moscow State Forest University Bulletin – Lesnoy Vestnik*. 2014. № 1. pp. 105-110.
10. Zalivskaya O.S. *Kompleksnaya otsenka adaptivnoy sposobnosti introdutsentov* [Comprehensive assessment of the adaptive capacity of exotic species]. *Lesnoy zhurnal*. 2014.

РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ ЕЛИ СИБИРСКОЙ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ПОСЛЕПОЖАРНЫХ СУКЦЕССИЙ

П.Н. КАТЮТИН, научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, канд. биол. наук,
В.В. ГОРШКОВ, вед. научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, д-р биол. наук,
Н.И. СТАВРОВА, вед. научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, д-р биол. наук

paurussia@yandex.ru, vadim-v-gorshkov@yandex.ru, nstavrova@gmail.com
ФГБУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН
197376, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 2

Исследования выполнены на территории Кольского полуострова в северотаежных березовых и еловых лесах зеленомошной группы. В древесном ярусе в зависимости от этапа послепожарного восстановления доминирует *Betula pubescens* Ehrh. или *Picea obovata* Ledeb. Зональными особенностями эдификаторного яруса исследованных лесов являются низкие значения средней высоты (10–12 м), диаметра (12–15 см) и относительной суммы площадей сечений (13–16 м²/га). В составе подроста и возобновления представлены те же виды. Ярус подлеска представлен отдельными экземплярами *Salix caprea*, *Juniperus communis*, *Sorbus aucuparia*. Исследования проводились на постоянных пробных площадях размером 0,10–0,15 га. На каждой пробной площади у всех особей ели сибирской измерялись высота и диаметр ствола. Возраст и величина радиального прироста особей, имеющих диаметр ствола на высоте 1,3 м более 4 см, устанавливались по кернам, отобраным у основания ствола с использованием бурава Пресслера. Возраст и радиальный прирост особей меньшего размера определялись по спилам и срезам модельных экземпляров, которые отбирались в 5-метровой зоне, расположенной по периметру пробной площади. Для каждой пробной площади у 40–70 живых особей древесных растений, не имеющих повреждения ствола сердцевинными гнилями, была измерена ширина годичных слоев древесины. Давность пожара устанавливалась по кернам, которые отбирались у живых деревьев, имеющих пожарные повреждения стволов и расположенных в радиусе 50–100 м от пробной площади. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что первые послепожарные генерации ели, не испытывающие жесткой конкуренции, на начальных стадиях онтогенеза отличаются прогрессирующим ростом диаметра ствола. На промежуточных этапах сукцессии в результате жесткого давления со стороны древесного яруса наблюдается снижение радиального прироста у последующих поколений. В климаксовых сообществах ни одно из поколений не имеет преимуществ по сравнению с другими.

Ключевые слова: ель сибирская, радиальный прирост, сукцессия

В лесоведении давно известно, что в составе хвойных древостоев представлены особи, существенно различающиеся по величине радиального прироста в разные периоды жизни (Воропанов, 1950). В ряде работ авторы обращались к исследованию связи среднего и текущего радиального прироста с размерным рангом и возрастом особей в древостоях еловых лесов, к оценке факторов дифференциации деревьев по величине радиального прироста (Гортинский, Бакулина, 1973; Буяк, Карпов, 1983; Пугачевский, 1983). Однако информация о характере внутривидовой дифференциации древесных растений по величине радиального прироста, особенно в северных лесах, остается очень ограниченной. Целью настоящей работы является анализ радиального прироста разных компонентов ценопопуляций ели сибирской в лесных сообществах, находящихся на разных стадиях послепожарного восстановления.

Исследования выполнены на территории Кольского полуострова в северотаежных березовых и еловых лесах зеленомошной группы. В древесном ярусе в зависимости от этапа послепожарного восстановления доминирует *Betula pubescens* Ehrh. или *Picea obovata* Ledeb. (табл. 1). Зональными особенностями эдификаторного яруса исследованных лесов являются низкие значения средней высоты (10–12 м), диаметра (12–15 см) и относительной суммы площадей сечений (13–16 м²/га). В составе подроста и возобновления представлены те же виды. Ярус подлеска представлен отдельными экземплярами *Salix caprea*, *Juniperus communis*, *Sorbus aucuparia*.

Основу травяно-кустарничкового яруса составляют *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L., *Empetrum hermaphroditum* Hagerup. Общее покрытие яруса, как в березовых, так и в еловых лесах, составляет в среднем 25–40 %. В мохово-лишайниковом ярусе

Таксационная характеристика древесного яруса
Taxation characteristics of canopy

Давность пожара	Состав	Средние			Плотность, экз./га	Сумма площадей сечений, м ² /га
		возраст, лет	высота, м	диаметр на высоте 1,3 м, см		
45	100Б	42	4,7	4,5	2800	4,4
55	81Б19Е	53	6,2	7,6	2750	13,7
220	89Е11Б	190	10,4	13,1	1650	21,6
260	96Е4Б	190	10,8	11,8	1500	16,8
320	91Е9Б	239	12,3	14,5	800	12,6
> 500	59Е41Б	184	11,6	12,9	1200	15,2

Примечание: Е – ель сибирская; Б – береза пушистая

березовых лесов преобладают виды родов *Dicranum* Hedw., *Polytricum* Hedw. и печеночники. Общее проективное покрытие яруса составляет 8–30 %. В еловых лесах доминируют зеленые мхи *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. с участием видов р. *Dicranum* Hedw., *Hylocomium splendens* (Hedw.). Проективное покрытие яруса при давности пожара более 100 лет составляет 80 % (Горшков, Баккал, 2008).

Исследования проводились на постоянных пробных площадях размером 0,10–0,15 га. На каждой пробной площади у всех особей ели сибирской измерялись высота и диаметр ствола. Возраст и величина радиального прироста особей, имеющих диаметр ствола на высоте 1,3 м более 4 см, устанавливались по кернам, отобраным у основания ствола с использованием бурава Пресслера. Возраст и радиальный прирост особей меньшего размера определялись по спилам и срезам модельных экземпляров, которые отбирались в 5-метровой зоне, расположенной по периметру пробной площади. Для каждой пробной площади у 40–70 живых особей древесных растений, не имеющих повреждения ствола сердцевинными гнилями, была измерена ширина годовых слоев древесины.

Давность пожара устанавливалась по кернам, которые отбирались у живых деревьев, имеющих пожарные повреждения стволов и расположенных в радиусе 50–100 м от пробной площади. При отсутствии в сообществе деревьев с пожарными шрамами давность пожара оценивалась на основе анализа возрастного распределения особей и запаса древесины в древостое, а также по максимальному возрасту

деревьев, выросших на вывалах. При этом учитывалась давность вывала, примерный возраст выпавшего дерева, а также наличие или отсутствие на его стволе и наиболее крупных корнях следов пожара (Горшков, 2002).

В составе ценопопуляций ели сибирской выделялись три основных компонента: древостой (деревья с диаметром ствола на высоте 1,3 м более 4 см), крупный подрост (особи с диаметром на высоте 1,3 м менее 4 см) и мелкий подрост (особи высотой меньше 1,3 м).

Измерение величины радиального прироста проводилось с использованием стереоскопического микроскопа МБС–10 и прибора LINTAB-6. На основании измеренных величин рассчитывался средний годичный радиальный прирост в течение первых 5-ти лет жизни особей – Z_5

$$Z_5 = \frac{\sum_{i=1}^N (z_i^1 + z_i^2 + \dots + z_i^5)}{5N}$$

где $z_i^1, z_i^2, \dots, z_i^5$ – измеренные годовые приросты i -го дерева за 1-й, 2-й, ..., 5-й годы роста (от сердцевины), мм;

N – количество анализируемых особей.

Аналогичным образом рассчитывался средний годичный радиальный прирост за первые 20 лет жизни особей (Z_{20}).

Закономерности связи радиального прироста с возрастом и морфометрическими параметрами были рассмотрены для трех основных стадий послепожарного восстановления: начальной (55 лет после пожара), промежуточной (260 лет) и терминальной (более 500 лет). Для анализа использовался регрессионный анализ. Сравнение коэффициентов

линейных уравнений и средних значений радиального прироста отдельных групп особей в исследованных ценопопуляциях проводилось с использованием критерия Стьюдента (t); сравнение величин коэффициентов корреляции – на основе z -преобразования Фишера по критерию Стьюдента.

Вариация радиального прироста

Во всех исследованных лесных сообществах средний радиальный прирост отдельных особей ели сибирской в начальный период развития (первые 2 десятилетия жизни) варьирует от 0,03–0,06 до 0,82–0,85 мм в год. Указанный диапазон значений прироста одинаков для трех основных стадий послепожарной сукцессии: начальной, промежуточной и терминальной.

Для всех компонентов ценопопуляций ели на всех этапах послепожарного восстановления характерно значительное варьирование величины радиального прироста: имеются особи, которые характеризуются как интенсивным, так и слабым ростом. Это свидетельствует о наличии дифференциации особей внутри выделенных групп. В лесоведении и лесной геоботанике хорошо известно, что расслоение одновозрастных особей по скорости роста приводит к постепенному отпаду наиболее угнетенных экземпляров (Горгинский, Бакулина, 1973; Пугачевский, 1983). Это подтверждается полученными данными. В то же время, минимальные значения приростов в разных компонентах не различаются, что показывает на возможность выживания растений с низкими значениями прироста в начале жизни.

С увеличением давности нарушения усиливается дифференциация особей ели сибирской, которая прослеживается в пределах как всей ценопопуляции, так и отдельных ее частей. Наибольшим коэффициентом вариации радиального прироста отличается ценопопуляция в климаксовом сообществе, которое характеризуется постепенным распадом древостоя и развитием процессов оконной динамики. Формирование окон в верхнем пологе древостоя и корнеобитаемом слое почвы, увеличение площади местообитаний, благоприятных для прорастания семян и укорене-

ния всходов, создают условия для успешного роста возобновления и включения молодых особей в полог подроста и древостоя (Steijlen, Zackrisson, 1987; Drobyshev, 2001). Такая неоднородность фитоценотической обстановки отражается на увеличении коэффициента вариации радиального прироста по сравнению с сообществами, находящимися на начальных и промежуточных стадиях восстановления.

Связь радиального прироста с возрастом

На начальной, промежуточной и терминальной стадиях сукцессии в ценопопуляциях ели сибирской величина среднего годового радиального прироста за первые 5 и 20 лет жизни особей характеризуется положительной линейной связью с их возрастом (табл. 2). Т.е. чем старше особи, тем выше в среднем их радиальный прирост на начальных этапах развития. На начальной и промежуточной стадиях сукцессии связь прироста с возрастом является более тесной, чем на терминальной стадии в сообществе с давностью более 500 лет.

Средний радиальный прирост младших возрастных поколений на начальных этапах онтогенеза находится в пределах от 0,10 до 0,14 мм год⁻¹ и достоверно не различается. При давности пожара 55 и 260 лет средний прирост старших возрастных поколений ели за первые 5 лет жизни (соответственно 0,22 и 0,23 мм год⁻¹) превосходит прирост младших в 2–3 раза за первые 20 лет (0,55 и 0,40 мм год⁻¹) – в 3–4 раза. В климаксовом ельнике с давностью пожара более 500 лет превышение среднего радиального прироста старших поколений ели за первые 5 и 20 лет (0,32 и 0,29 мм год⁻¹) над приростом младших является 2–2,5-кратным.

Следует отметить, что сравнение конкретных значений начального прироста отдельных возрастных поколений в одном или разных лесных сообществах позволяет дать лишь приблизительную оценку их различия. Это обусловлено тем, что первые послепожарные поколения и отдельные особи в ненарушенных сообществах, появляющиеся в крупных окнах древостоя, которые не испытывают выраженного угнетения со стороны других компонентов дендроценоза, отличаются достаточно высокой реактивностью радиального прироста

Связь среднего годовичного радиального прироста у основания ствола за первые 5 лет роста (Z_5) с возрастом и морфометрическими параметрами особей в ценопопуляциях ели сибирской в лесах Кольского полуострова

Us average annual radial growth at the bottom of the barrel for the first 5 years of growth (Z_5) with age and morphometric parameters of individuals in populations of Siberian spruce forests in the Kola Peninsula

Давность пожара, лет	Характеристика	Тип связи	N	R	K	M	Se	T	
55	Возраст	$y=a+bx$	5	0,99	a	0,056	0,0090	6,16**	
					b	0,0033	0,0002	13,35***	
	Диаметр	«—»	8	0,86	a	0,11	0,017	6,63***	
					b	0,0099	0,0016	6,02***	
	Высота	«—»	7	0,84	a	0,098	0,021	4,68**	
					b	0,034	0,0066	5,17**	
260	Возраст	«—»	13	0,97	a	0,081	0,0093	8,68***	
					b	0,0008	0,0001	12,72***	
	Диаметр	«—»	11	0,79	a	0,030	0,057	0,52	
					b	0,013	0,0023	5,80***	
	«—»	$y=e^{a+bx}$	11	0,93	a	-2,2	0,097	-22,80***	
					b	0,042	0,0039	10,77***	
	Высота	$y=a+bx$	17	0,67	a	0,058	0,039	1,48	
					b	0,021	0,0037	5,55***	
	«—»	$y=e^{a+bx}$	17	0,80	a	-2,2	0,10	-21,57***	
					b	0,074	0,0094	7,82***	
	>500	Возраст	$y=a+bx$	11	0,73	a	0,14	0,024	5,69***
						b	0,0005	0,0002	3,17*
Диаметр		«—»	9	0,59	a	0,17	0,023	7,28***	
					b	0,0030	0,0009	3,17*	
Высота		«—»	14	0,11	a	0,18	0,038	4,60***	
					b	0,0043	0,0036	1,19	

Примечание: N – объем анализируемой выборки; R – коэффициент корреляции; K – коэффициенты уравнения; M – значения коэффициентов; Se – ошибка коэффициентов регрессии; t – расчетное значение статистики Стьюдента; *, **, *** – коэффициенты регрессионных уравнений и корреляции отличны от нуля при уровнях значимости p соответственно 0,05, 0,01, 0,001

на действие погодных факторов. В отличие от них поколения, находящиеся в условиях жесткого конкурентного подавления, слабее реагируют на погодичную динамику климатических показателей (Буяк, Карпов, 1983).

В ценопопуляциях, находящихся на начальном и промежуточном этапах восстановления, прирост за первые 5 лет медленней изменяется в возрастном ряду особей, чем прирост за первые 20 лет. Это объясняется тем, что по мере развития семян хвойных и перехода в возрасте более 5 лет к фазе прогрессирующего роста (Санников, 1963) более отчетливо начинает проявляться различие ценогических условий, в которых проходили начальные этапы развития разных поколений.

В сообществах, находящихся на начальных и промежуточных стадиях сукцес-

сии, особи старших поколений в начальный период развития (в интервале от 5 до 20 лет) характеризовались достоверным увеличением радиального прироста.

При давности пожара более 500 лет средний годовичный прирост за первые 5 и 20 лет у особей старших поколений существенно не различается. Таким образом, в климаксовых лесах не только у современного младшего, но и у старшего поколения ели в первые 20 лет жизни прирост существенно не увеличивался. Из приведенных данных следует, что только первые послепожарные генерации ели имеют прогрессирующий прирост на начальных стадиях онтогенеза. У поколений, появляющихся на 30 лет позже, эта естественная закономерность роста нарушается.

Установленные особенности роста разных возрастных поколений ели сибирской обусловлены характером внутри- и межпопуляционной конкуренции древесных растений на разных стадиях восстановительных сукцессий. Особи первых послепожарных генераций ели на начальных этапах развития испытывают конкурентное воздействие только со стороны молодой ценопопуляции березы пушистой и отличаются прогрессирующим радиальным приростом. Примерно через 20–30 лет после начала массового заселения ели в результате начавшейся внутривидовой конкуренции происходит резкое снижение и стагнация радиального прироста у вновь появляющихся поколений.

На начальных этапах послепожарного восстановления в ценопопуляциях ели отмечается наибольшая скорость изменения величины радиального прироста в зависимости от текущего возраста особей. В дальнейшем, на промежуточных этапах сукцессии в соответствии с указанными выше особенностями развития первых послепожарных и последующих генераций, зависимость радиального прироста от возраста особей должна приобретать экспоненциальный характер. Эта закономерность проявляется на примере прироста за первые 20 лет. Однако в целом на промежуточных стадиях сукцессии кривая связи радиального прироста с возрастом является более пологой по сравнению с теоретически возможной. В частности, зависимость прироста за первые 5 лет от возраста особей сохраняет линейный характер (табл. 2). По-видимому, это связано с тем, что в поколениях, следующих за первыми послепожарными, более конкурентоспособными и, следовательно, более длительно живущими, появляются особи с более высоким приростом.

На заключительных стадиях сукцессии после распада первого послепожарного древостоя ели радиальный прирост особей разных возрастных поколений в значительной степени выравнивается, поскольку все они на начальных этапах развития находятся в примерно одинаковых условиях, испытывая влияние внутри- и межпопуляционной конкуренции. Связь начального радиального при-

роста с возрастом особей становится менее тесной и теоретически должна полностью утрачиваться. Выявленная положительная линейная регрессия, возможно, связана с малым объемом выборки особей в возрасте более 200 лет в связи с широким распространением сердцевинных гнилей и невозможностью определения начального прироста у большинства высоковозрастных деревьев ели.

Связь радиального прироста с морфометрическими параметрами

Основные закономерности связи радиального прироста особей ели сибирской за первые 5 и 20 лет жизни с морфометрическими параметрами – высотой и диаметром основания ствола – идентичны.

На начальном этапе сукцессии при давности пожара 55 лет связь радиального прироста с морфометрическими показателями имеет строго линейный характер. Средний прирост за первые 5 лет у особей с крайними значениями морфометрических параметров (0,12 и 0,26 мм год⁻¹) различается примерно в 2 раза, за первые 20 лет – в 4 раза (0,14 и 0,58 мм год⁻¹).

Прирост особей с минимальными значениями высоты и диаметра за первые 5 и 20 лет существенно не различается. В то же время у особей с наиболее высокими значениями высоты и диаметра средний годичный прирост за первые 20 лет существенно превосходит прирост за первые 5 лет. Таким образом, в рассматриваемых условиях особи с максимальным и прогрессирующим начальным приростом имеют более высокую вероятность достичь более крупного размерного ранга в составе ценопопуляции.

Сопоставление прироста за первые 5 лет у особей ели сибирской, относящихся к крайним возрастным и размерным категориям, в сообществе с давностью пожара 55 лет обнаружило идентичность его значений у особей как минимального (0,12 мм год⁻¹), так и максимального возраста и размера (0,22 и 0,26 мм год⁻¹). То же касается прироста за первые 20 лет (0,13 и 0,14 мм год⁻¹, 0,55 и 0,58 мм год⁻¹). Этот результат представляется вполне логичным, так как особи первых послепожарных генераций, которые отличаются

наиболее высоким приростом, имеют также и наибольшую вероятность достичь впоследствии высокого размерного ранга.

На промежуточном этапе послепожарного восстановления зависимость начального радиального прироста особей ели от их высоты и диаметра наиболее точно аппроксимируется экспоненциальными уравнениями (табл. 2). В этом случае так же, как на начальном этапе сукцессии, величина начального радиального прироста особей ели является достоверным индикатором их современного размерного ранга в ценопопуляции. Превышение радиального прироста за первые 5 и 20 лет у группы особей с максимальными значениями высоты и диаметра ($0,62$ и $0,67$ мм год⁻¹) над приростом особей с минимальными значениями ($0,10$ и $0,12$ мм год⁻¹) является примерно 6-кратным.

При давности пожара 260 лет начальный прирост особей с наименьшими размерными параметрами ($0,10$ – $0,12$ мм год⁻¹) достоверно не отличается от соответствующих значений в сообществе с давностью пожара 55 лет. То же касается прироста за первые 20 лет у особей с максимальными размерами ($0,67$ мм год⁻¹). Однако средний прирост наиболее крупных деревьев за первое 5-летие жизни в сообществе с давностью пожара 260 лет ($0,62$ мм год⁻¹) оказался существенно более высоким, чем при давности пожара 55 лет.

Кроме того, в сообществах с давностью пожара 260 лет средний радиальный прирост за первые 5 и 20 лет у наиболее крупных особей оказался достоверно выше, чем у особей старших возрастных поколений. Этот результат свидетельствует о том, что в данном случае имело место расслоение особей в составе последних по ростовым характеристикам.

На терминальной стадии сукцессии радиальный прирост особей на начальных этапах развития не связан с их современным размерным рангом в ценопопуляции (табл. 2). Исключение составляет связь прироста за первые 5 лет с диаметром, которая на фоне остальных результатов представляется формально-статистической. Таким образом, в этих условиях как деревья первой величины, так и особи с минимальными параметрами в составе ценопопуляции ели на начальных этапах развития

имеют одинаковый радиальный прирост, составляющий в среднем $0,20$ мм в год. При этом средний годичный прирост отдельных особей в ценопопуляциях ели в этих сообществах варьирует от $0,04$ – $0,06$ до $0,84$ мм.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие основные выводы.

1. В условиях Кольского полуострова расчетный средний радиальный прирост особей ели сибирской в начальный период развития варьирует в пределах от $0,03$ до $0,85$ мм в год независимо от стадии формирования ценопопуляции (давности последнего пожара). Максимальные значения лимитируются зонально-региональными почвенно-климатическими условиями, минимальные отражают нижний предел скорости роста, необходимый для выживания.

2. По мере увеличения давности нарушения вариабельность величины радиального прироста в ценопопуляциях ели возрастает в 2 раза с 37 на начальных этапах сукцессии до 72 % на терминальной стадии.

3. На начальной и промежуточной стадиях сукцессии ценопопуляции ели характеризуются тесной связью между радиальным приростом и их текущим возрастом, высотой и диаметром. Тип связи зависит от давности пожара: линейная на начальной стадии сукцессии и экспоненциальная – на промежуточной. Различие начального радиального прироста у крайних возрастных поколений и особей крайних размерных градаций является в среднем 2–6-кратным.

4. Характерное для сообществ с давностью пожара 55 и 260 лет строгое соответствие радиального прироста и размерного ранга особей ели свидетельствует о стабильности мозаики ценоотической среды на начальной и промежуточной стадиях послепожарной сукцессии.

5. Отсутствие связи начального радиального прироста особей ели сибирской с их размерным рангом на терминальной стадии послепожарной сукцессии является отражением динамичности ценоотической среды во времени и пространстве, которая создается непрерывно идущими локальными процес-

сами оконной динамики и является характерной особенностью ненарушенных лесных сообществ.

Библиографический список

1. Воропанов, П.В. Ельники Севера: монография / П.В. Воропанов. – М.-Л.: Гослесбумиздат, 1950. – 179 с
2. Гортинский, Г.Б. О фитоценологических факторах дифференциации и прироста деревьев / Г.Б. Гортинский, Л.А. Бакулина // Структура и продуктивность еловых лесов южной тайги. – Л.: Наука, 1973. – С. 242–246.
3. Буюк, А.В. Сравнительный анализ динамики радиального прироста ели / А.В. Буюк, В.Г. Карпов // Факторы регуляции экосистем еловых лесов. – Л.: Наука, 1983. – С. 65–78.
4. Пугачевский, А.В. Анализ динамики радиального прироста ели в связи с дифференциацией деревьев / А.В. Пугачевский // Лесоведение. – 1983. – № 3. – С. 71–79.
5. Горшков, В.В. Динамика характеристик нижних ярусов северотаежных еловых лесов в процессе послепожарных сукцессий / В.В. Горшков, И.Ю. Баккал // Фундаментальные и прикладные проблемы ботаники в начале XXI века: матер. Всеросс. конференции (Петрозаводск, 22–27 сентября 2008 г.). Ч. 5: Геоботаника. – Петрозаводск: Кар. НЦ РАН, 2008. – С. 68–70.
6. Горшков, В.В. Принципы и методы анализа давности и периодичности пожаров / В.В. Горшков // Методы изучения лесных сообществ. – С-Пб, 2002. – С. 201–213.
7. Динамика лесных сообществ северо-запада России / отв. ред. В.Т. Ярмишко. – СПб.: ВВМ, 2009. – 276 с.
8. Санников, С.Н. Биоэкологические этапы индивидуального роста и развития семян самосева сосны / С.Н. Санников // Экология и физиология древесных растений Урала. – Свердловск: АН СССР, 1963. – С. 47–64.
9. Steijlen, I., Long-term regeneration dynamics and successional trends in northern Swedish coniferous forest stand / I. Steijlen, O. Zackrisson // Can. J. Bot. – 1987. – Vol. 65. – P. 839-848.
10. Drobyshev, I.V. Effect of natural disturbances on the abundance of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) regeneration in nemoral forests of the southern boreal zone / I.V. Drobyshev // For. Ecol. and Manag. – 2001. – V. 140. – P. 141-161.

SIBERIAN SPRUCE RADIAL INCREMENT AT DIFFERENT STAGES OF POSTFIRE SUCCESSIONS

Katjutin P.N., Ph.D., scientific researcher Komarov Botanical Institute Russian Academy of Sciences, Laboratory of plant communities ecology; **Gorshkov V.V.**, Dr. Sci., leading researcher, Komarov Botanical Institute Russian Academy of Sciences, Laboratory of plant communities ecology; **Stavrova N.I.**, Dr. Sci., leading researcher, Komarov Botanical Institute Russian Academy of Sciences, Laboratory of plant communities ecology

paurussia@yandex.ru, vadim-v-gorshkov@yandex.ru, nstavrova@gmail.com
Komarov Botanical Institute Russian Academy of Sciences, 197376, Saint-Petersburg, Professor Popov st., 2

*The studies were performed on the Kola Peninsula in north birch and spruce forests Hylocomium group. In the tree layer, depending on the stage of post-fire recovery is dominated by *Betula pubescens* Ehrh. or *Picea obovata* Ledeb. Zonal features edificator tier studied forests are low values of average height (10-12 m), diameter (12-15 cm) and relative total basal area (13-16 m² / ha). As part of the undergrowth and resume shows the same species. Tier undergrowth presented separate instances *Salix caprea*, *Juniperus communis*, *Sorbus aucuparia*. The studies were conducted on the permanent sample plots size 0.10-0.15 ha. On each plot in all individuals of Siberian spruce measured the height and diameter of the trunk. Age and the radial growth of individuals with trunk diameter at breast height greater than 4 cm, were installed on the cores from the base of the trunk using a Pressler borer. Age and radial growth of smaller individuals were determined by SPIL and slices of model instances that were selected in the 5-meter area located along the perimeter of the plot. For each plot at 40-70 living species of woody plants without damaging the trunk heart rot was measured width of annual rings of wood. Prescription fire was set on the cores, which were taken from living trees with fire damage to the trunk and within a radius of 50-100 m from the plot. Based on these studies we can conclude that the first post-fire generation ate without experiencing tough competition in the early stages of ontogeny differ progressive increase in the diameter of the trunk. In the intermediate stages of succession as a result of heavy pressure from the tree layer decrease radial growth in subsequent generations. In the climax communities, none of the generations has no advantages over the others.*

Key words: Siberian spruce, radial increment, succession

References

1. Voropanov P.V. *El'niki Severa: monografiya* [The spruce forests of the North: monograph]. M.-L.: Goslesbumizdat [The state forestry paper publishing house], 1950. 179 p
2. Gortinskiy G.B., Bakulina, L.A. *O fitotsenoticheskikh faktorakh differentsiatsii i prirosta derev'ev* [About phytocoenotic factors of differentiation and growth of trees. Structure and productivity of spruce forests of the southern taiga]. *Struktura i produktivnost' elovykh lesov yuzhnoy taygi*. Leningrad: Nauka [Science], 1973. pp. 242-246.
3. Buyak A.V., Karpov, V.G. *Sravnitel'nyy analiz dinamiki radial'nogo prirosta eli*. [Comparative analysis of the dynamics of tree-ring growth of spruce. Factors regulating ecosystems spruce forests]. *Faktory regulyatsii ekosistem elovykh lesov*. Leningrad. Nauka (Science) 1983. pp. 65-78.

4. Pugachevskiy A.V. *Analiz dinamiki radial'nogo prirosta eli v svyazi s differentsiatsiey derev'ev* [Analysis of the dynamics of tree-ring growth of spruce in connection with the differentiation of trees]. *Lesovedenie* [Forest ecology], 1983. № 3. pp. 71-79.
5. Gorshkov V.V., Bakkal, I.Ju. *Dinamika kharakteristik nizhnikh yarusov severotaezhnykh elovykh lesov v protsesse poslepozharnykh suksessiy*. [Dynamics characteristics of the lower tiers of the Northern taiga spruce forests in the process of post-fire successions. Fundamental and applied problems of botany in the beginning of XXI century: materials All-Russian conference (Petrozavodsk, 22-27 September 2008). Part. 5: Geobotany]. *Fundamental'nye i prikladnye problemy botaniki v nachale XXI veka: mater. Vseross. konferentsii* (Petrozavodsk, 22–27 sentyabrya 2008 g.). Ch. 5: Geobotanika. Petrozavodsk. Kar. NC RAN (Karelian research centre of RAS), 2008. pp. 68-70.
6. Gorshkov V.V. *Printsipy i metody analiza davnosti i periodichnosti pozharov. [Principles and methods of analysis of limitations and frequency of fires]. Metody izucheniya lesnykh soobshchestv* [Methods of study of forest communities], SPb, 2002. pp. 201-213.
7. *Dinamika lesnykh soobshchestv severo-zapada Rossii, otv. red. V.T. Jarmishko* [Dynamics of forest communities of the North-West of Russia]. SPb., VVM, 2009. 276 p.
8. Sannikov S.N. *Bioekologicheskie etapy individual'nogo rosta i razvitiya seyantsev samoseva sosny* [Bioecological the individual stages of growth and development of seedlings of pine self-sowing. Ecology and physiology of woody plants of the Urals]. *Ekologiya i fiziologiya drevesnykh rasteniy Urala*. Sverdlovsk: AN SSSR [USSR Academy of Sciences], 1963. pp. 47–64.
9. Steijlen I., Zackrisson O. Long-term regeneration dynamics and successional trends in northern Swedish coniferous forest stand. *Can. J. Bot.* 1987. Vol. 65. pp. 839-848.
10. Drobyshev I.V. Effect of natural disturbances on the abundance of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) regeneration in nemoral forests of the southern boreal zone. *For. Ecol. and Manag.* 2001. V. 140. pp. 141-161.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОСЛЕПОЖАРНОЙ ДИНАМИКИ ЧИСЛЕННОСТИ ДРЕВЬЕВ РАЗНЫХ ПОРОД С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ПАКЕТА «STELLA»

Т.А. КОМАРОВА, проф., докт. биол. наук,

Л.Я. АЩЕПКОВА, доц., канд. биол. наук,

Н.В. ТЕРЕХИНА, доц. Санкт-Петербургского государственного университета, канд. геогр. наук

natalia_terekhin@mail.ru

Санкт-Петербургский государственный университет
Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. д. 7–9

Для разработки мероприятий по ускоренному восстановлению нарушенных лесов особое значение приобретают вопросы прогнозирования и моделирования их лесовосстановительной динамики. Различные модели сукцессионной динамики лесных насаждений разработаны как отечественными, так и зарубежными исследователями, однако для дальневосточных лесов такие модели отсутствуют. Нами было проведено моделирование послепожарной динамики численности высотно-возрастных категорий древесных пород дубово-кедровых рододендроновых лесов Южного Сихотэ-Алиня с помощью программного пакета «STELLA». Обсуждается динамика численности различных высотно-возрастных категорий березы плосколистной, осины, дуба монгольского и сосны корейской в ходе послепожарных сукцессий в рододендроновых дубово-кедровых лесах Южного Сихотэ-Алиня с помощью программного пакета «STELLA». Сравняются модели, построенные для участков с сильной и слабой степенью воздействия пожаров. Результаты моделирования развития и преобразования основных древесных пород после пожаров в дубовых-корейского сосновые леса Южного Сихотэ-Алиня с программами пакета «Stella» считаются. Исследование проводилось в течение 1975-2008 годов в 36 стендах, которые сгорели от 1-200 до начала исследования. Динамика многочисленности из четырех видов деревьев (... *Betula platyphylla* Sukacz, Л. осины, сосны *Koraiensis* Siebold ET Zucc и *Quercus Mongolica* Фиш бывших Ledeb) были рассчитаны на пять возрастных категорий размера: маленькие подлеском (<50 см высота), средние подлеском (51-150 см), большой подлеском (150-200 см высота), midstory (<12 см DBH) и ярус (> 12 см DBH). Модели, здания для районов с сильной и слабой отдачей пожаров, сравниваются.

Ключевые слова: моделирование, послепожарные сукцессии, древесные породы, динамика численности, размерно-возрастные категории

Исследование проводилось в течение 1975–2008 гг. в 36 стендах, которые сгорели от 1–200 до начала исследования. Динамика многочисленности из четырех видов деревьев (... *Betula platyphylla* Sukacz, Л. осины, сосны *Koraiensis* Siebold ET Zucc и *Quercus Mongolica* Фиш бывших Ledeb) рассчитана на пять возрастных категорий размера: маленькие под-

леском (<50 см высота), средние подлеском (51–150 см), большие подлеском (150–200 см высота), midstory (<12 см DBH) и ярус (> 12 см DBH). Модели для районов с сильной и слабой отдачей пожаров сравниваются.

Для разработки мероприятий по ускоренному восстановлению нарушенных лесов особое значение приобретают вопросы

Характеристика древостоев на постоянных пробных площадях
Characterization of forest stands on permanent plots

Пробная площадь – год закладки, год после пожара	Состав (по запасу)	Число живых стволов на 1 га, шт.	Площадь сечения, м ² /га	Запас древесины, м ³ /га	Средняя высота, м	Средний диаметр, см
42–1984, 6	6Ос 2Дм 2Бп+Бж,Ик,Ип,К	12025	10,0	33,79	4,0	3,5
42–1984, 12	5Ос 3Бп 2Дм+Ик,Ип,Бж,К	7096	12,5	41,5	5,3	4,7
42–1984, 23	4Ос 4Бп 2Дм+Ик,Ип,Бж,К	5786	13,2	73,1	6,5	5,6
50–1990, 30	3Ос 3Бп 3Дм1К+Ик,Л,Ек,Еа	4374	16,8	93,8	9,2	7,1
14–1986, 60	3Ос 3К 2Дм 2 Бб + Ек,Л,Ик	2160	23,7	188,8	12,9	11,8
49–1990, 180	6Д4К1Ос+Ек,Еа,Бп,Пб	1236	38,9	225,8	13,8	17,3
44 Д–1989, 200	7К 2Дм 1Ос+Еа, Пб, Бп,Л,Км	2144	48,6	324,9	18,7	23,1

Примечания: использованы сокращенные названия растений: Бп – береза плосколистная, Дм – дуб монгольский, Еа – ель аянская, Ек – ель корейская, Ик – ива козья, Ип – ива похушаньская, К – сосна корейская, Км – клен мелколистный, Л – липа Таке, Ос – осина, Пб – пихта белокорая

прогнозирования и моделирования их лесовосстановительной динамики. Различные модели сукцессионной динамики лесных насаждений разработаны как отечественными [1, 2], так и зарубежными исследователями [3, 4], однако для дальневосточных лесов такие модели отсутствуют.

Нами было проведено моделирование послепожарной динамики численности высоко-возрастных категорий древесных пород дубово-кедровых рододендроновых лесов Южного Сихотэ-Алиня с помощью программного пакета «STELLA».

Район исследований и объекты моделирования

Сбор материалов проводился с 1975 по 2010 гг. в среднегорном поясе Южного Сихотэ-Алиня (43° 09' – 44° 01' с.ш. и 133° 09' – 134° 03' в.д.) в бассейнах рек Соколовка, Извилинка и Павловка, являющихся притоками р. Уссури в ее верхнем течении. Исследования вели ежегодно или с интервалами в 2–5 лет на 28 постоянных (п.п.п.) и временных (в.п.п.) пробных площадях (50х50м), заложенных на участках, пройденных устойчивыми низовыми и верховыми пожарами от 1 до 200 лет назад. Восемь п.п.п., расположенных в пределах 450–850 м над ур.м., были выбраны для длительного мониторинга на территории Верхнеуссурийского биогеоценотического стационара Биолого-почвенного института ДВО РАН. На них проводили ревизию численности размерно-

возрастных категорий древесных видов (здесь приведены материалы лишь по основным 4 древесным породам производных и коренных сообществ). Кроме того, были проведены наблюдения на 8 п.п.п., заложенных на участках, пройденных беглыми пожарами, и были использованы для проверки разработанной модели на устойчивость.

Сообщества рододендроновых дубово-кедровых лесов произрастают в верхних частях крутых инсолируемых склонов и на вершинах хребтов, подверженных сильной инсоляции, резким колебаниям температуры и влиянию сильных ветров, сдувающих листовую опад и рыхлую подстилку. В связи с этим почвы сухие, маломощные и бедные, рН в верхних горизонтах составляет 4,8–5,2. В результате лесные сообщества просты по видовому составу и структуре. Древостои обычно низкой производительности (IV–V классы бонитета) с преобладанием сосны корейской (*Pinus koraiensis*), дуба монгольского (*Quercus mongolica*) и единичной примесью липы Таке (*Tilia taquetii*), клена мелколистного (*Acer mono*), елей аянской и корейской (*Picea ajanensis* и *P. koraiensis*). В производных сообществах господствуют береза плосколистная (*Betula platyphylla*) и осина (*Populus tremula*), единично встречаются ива козья (*Salix caprea*) и черемуха Маака (*Padus maackii*). Из-за низкой численности все сопутствующие виды в модели отсутствуют.

Общее представление о составе и характере древостоев на разных этапах сукцессий

после пожаров сильной интенсивности дает их таксационная характеристика (таблица).

Как следует из таблицы, основной тренд послепожарного восстановления лесов связан с увеличением основных таксационных характеристик древостоев, за исключением численности стволов, значительно варьирующих на разных стадиях сукцессий.

Более подробная характеристика развития древостоев после пожаров в рододендроновых дубово-кедровых лесах Южного Сихотэ-Алиня дана в наших ранее опубликованных работах [5, 6].

Принципы динамического моделирования «STELLA»

Программный пакет «Stella», разработанный в рамках научного направления System Dynamics профессором Джейм Форрестером, зарекомендовал себя как удобный инструмент для анализа динамических процессов в сложных биологических системах [7, 8, 9, 10]. Величины, описывающие процесс в этой программе, представлены как фонды и потоки, служащие причиной изменений различных характеристик в фондах. Потоки связываются между собой как прямыми связями, так и через конвертеры, преобразующие промежуточные величины или являющиеся константами. Создавая конфигурацию хранилищ, потоков, конвертеров и связей между ними, можно конструировать диаграмму исследуемой системы. На основе этой диаграммы автоматически вырабатываются конечно-разностные уравнения модели. Важным моментом в пользовательском интерфейсе программного обеспечения «STELLA» служит быстрая графическая реализация входных и выходных переменных, что дает возможность оперативной проверки полученных данных. Анимационные возможности представления протекающих процессов в виде графиков и таблиц наглядно отражают результаты моделирования динамических систем и позволяют проверить их на адекватность.

Величины или фонды моделируемых видов в каждый момент времени в модели характеризовались показателями численности (экз. га⁻¹) пяти размерно-возрастных катего-

рий: KI (мелкий подрост до 50 см выс.), KII (средний подрост от 51 до 150 см выс.), KIII (крупный подрост от 151 до 200 см выс.), KIV (тонкомер от 1 до 12 см диам. ствола) и KV (деревья более 12 см диам.).

Общая схема модели динамики размерно-возрастной структуры показана на рис. 1. Фонды модели (□), обозначенные в схеме через I, II, III, IV, V, характеризуют текущие численности пяти размерно-возрастных категорий (экз./га) древесных растений. Потоки численности особей (⊗) с единицами скорости, равными «экз. га⁻¹ в год», показывают, сколько растений поступает в первую размерно-возрастную категорию, затем переходит в следующую категорию и отмирает в каждой размерно-возрастной группе в течение года. Обозначения потоков имеют соответствующие символы с указанием размерно-возрастной категории. Потоки смертности, обозначенные в модели символами СмI, СмII, СмIII, СмIV и СмV, связаны как с процессами гибели растений в молодом возрасте, так и с завершением жизненного цикла старых особей. Входной поток новых растений в схеме обозначен словом «приход». Он представляет собой функцию времени. В связи с тем, что в модели не выделена отдельная категория семян или всходов, все вновь появившиеся особи относились к категории мелкого подростка. Потоки перехода в очередную размерно-возрастную категорию, обозначенные в схеме как I→II, II→III, III→IV, IV→V, содержат стрелки, указывающие из какой и в какую размерно-возрастную категорию осуществляется переход.

Конвертеры (○), служащие коэффициентами модели, могут быть как постоянными величинами, так и функциями времени. К ним относятся такие показатели, как удельная смертность (УдСм I, ..., УдСм V), время пребывания (Вп I, ..., Вп V), задержка в категории (Зд I, ..., Зд V) и момент перехода в следующую размерно-возрастную категорию (Мп I, ..., Мп V). Стрелки информационных связей (⊗) показывают, что элементы, расположенные на концах стрелок, служат функциями тех элементов, которые расположены в начале стрелок.

Программный пакет «STELLA» включает три уровня моделирования. На первом,

демонстрационном уровне, размещаются инструменты управления и графического отображения результатов моделирования. Это экспериментальная и игровая часть среды STELLA. На втором уровне составляется рабочая схема модели, а на третьем уровне автоматически создается система конечно-разностных уравнений модели с начальными условиями, входными и выходными потоками. Ниже приведены уравнения модели для каждой размерно-возрастной категории

$$\begin{aligned} KI(t) &= KI(t - dt) + (Pr(t - dt) - \\ &- I \rightarrow II(t - dt) - CmI(t - dt)) \times dt \\ KII(t) &= KII(t - dt) + (I \rightarrow II(t - dt) - \\ &- II \rightarrow III(t - dt) - CmII(t - dt)) \times dt \\ KIII(t) &= KIII(t - dt) + (II \rightarrow III(t - dt) - \\ &- III \rightarrow IV(t - dt) - CmIII(t - dt)) \times dt \\ KIV(t) &= KIV(t - dt) + (III \rightarrow IV(t - dt) - \\ &- IV \rightarrow V(t - dt) - CmIV(t - dt)) \times dt \\ KV(t) &= KV(t - dt) + (IV \rightarrow V(t - dt) - \\ &- CmV(t - dt)) \times dt, \end{aligned}$$

где K – количество стволов соответствующей размерно-возрастной категории (I, II... V);

t – время;

dt – шаг моделирования во времени.

Смертность (Cm), определяющая ежегодные потери количества стволов в каждой размерно-возрастной категории, в модели была пропорциональна численности соответствующей категории в момент t .

Результаты моделирования и обсуждение

Общее количество растений, появившихся сразу после пожара и сохранившихся во время пожара, определяет начальные условия моделирования. Нулевому моменту времени в модели соответствовало время завершения пожара.

В разрабатываемых моделях начальная численность у пионерных древесных пород – березы и осины была принята за нуль (т.е. $K_{I+II+III+IV+V}(t) = 0$). У коренных пород (дуба и сосны корейской) некоторые крупные деревья могут сохраняться во время пожара, в связи с этим в модели для сосны корейской приняты начальные численности $K_{I+II+III+IV} = 0$, а у деревьев более 12 см диам. начальная численность соответствует $KV = 50$. У дуба, более устойчивого к пожа-

рам, могут также сохраняться тонкомерные деревья, поэтому в модели принято $K_{I+II+III} = 0$; $K_{IV} = 50$; $KV = 450$.

Моменты перехода ($M_{п}$) растений из одной категории в другую в модели задавали по средним величинам, установленным согласно многолетним натурным наблюдениям. Так, $M_{п II}$ (момент перехода из первой во вторую категорию) у растений осины в модели происходит уже в первый год после пожара, у березы – во второй год, у семенного дуба – в третий год, а у сосны корейской – после десятого года. $M_{п V}$ (переход из тонкомера в категорию крупных деревьев) у осины происходит через 18 лет, у березы – через 25 лет, у дуба порослевого – через 15 лет, у дуба семенного – через 40 лет, а у сосны корейской только через 80 лет после пожара.

Динамику численности популяций у четырех моделируемых видов определяли от 0 до 200 лет после пожара. Моменты времени t , для которых рассчитывали численность размерно-возрастных категорий, имели следующую последовательность: $t = 0, t = dt, t = 2dt, \dots, = 200$. Здесь dt – шаг моделирования. Мы приняли dt равным одной десятой доле года.

Результаты моделирования динамики численности размерно-возрастных категорий древесных видов после интенсивного воздействия пожаров приведены на рис. 2. Все рассматриваемые виды в модели имеют характерные черты в динамике численности как по общей форме, так и по амплитуде разброса.

Для **березы плосколистной** характерно закономерное чередование пиков в размерно-возрастных категориях от мелкого подроста до крупномерных деревьев с последовательным снижением их численности (рис. 2а). Максимальное количество мелкого подроста березы, отмеченное на второй год после пожара, совпало с максимальной удельной смертностью молодых растений (81 %). Лишь незначительная часть молодых растений (2,5 %) переходит в категорию среднего подроста. На пятый год послепожарного развития большая часть среднего подроста (около 70 %) переходит в категорию крупного подроста, и этому же году соответствует его пик численности. В развитии тонкомера

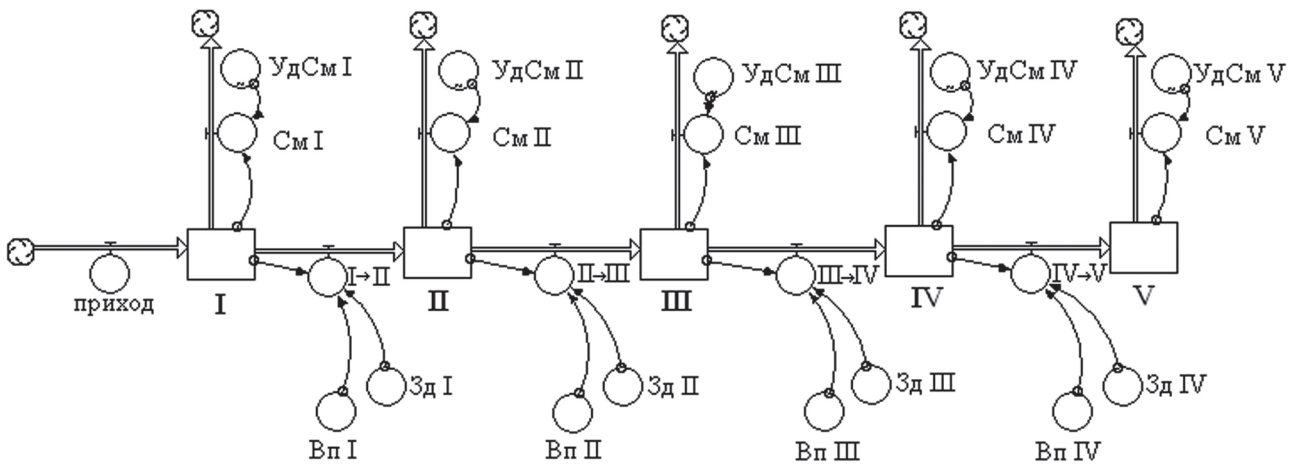


Рис. 1. Схема модели динамики размерно-возрастной структуры древесных пород (пояснения в тексте)

Fig. 1 Schematic model of the dynamics of size and age structure of trees (explained in the text)

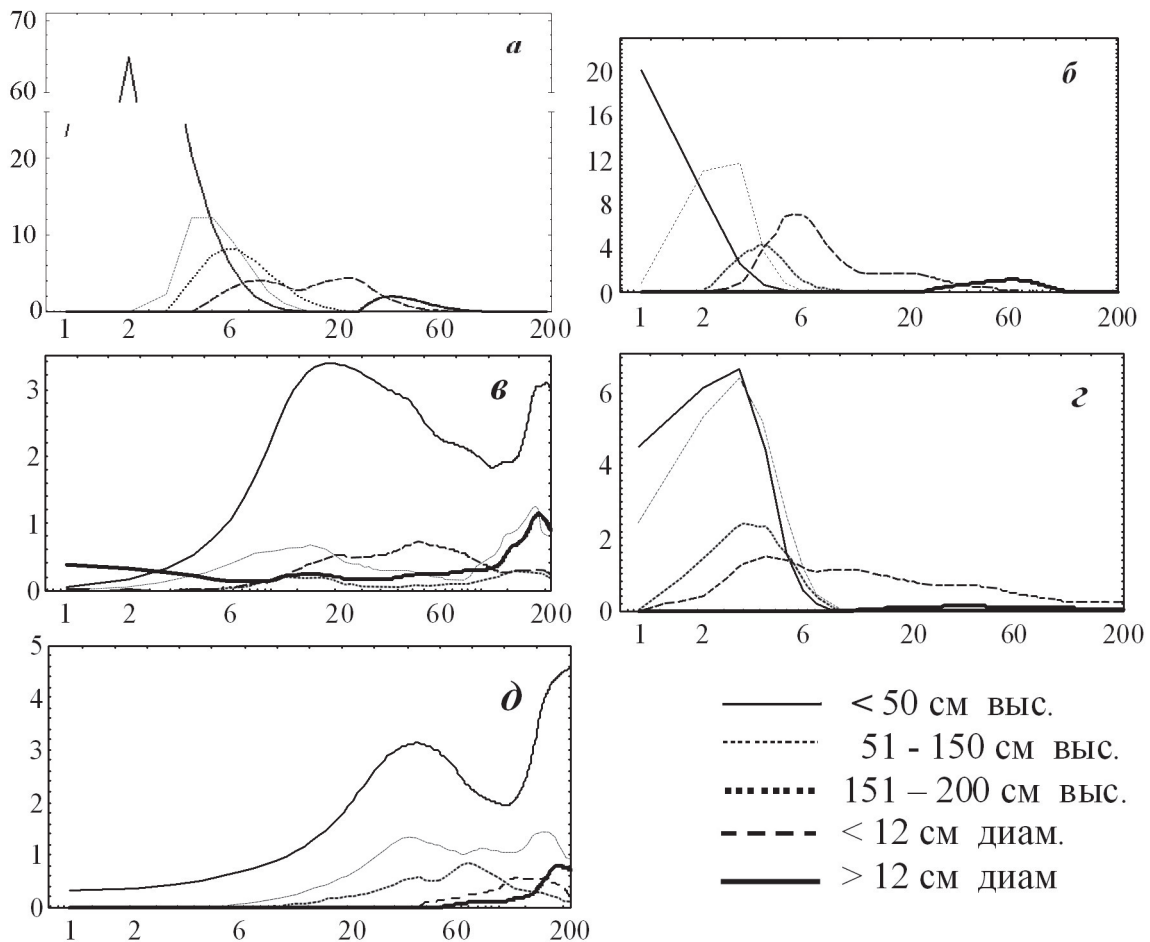


Рис. 2. Изменение численности стволиков и стволов разных размерно-возрастных категорий у моделируемых видов (а – береза плосколистная, б – осина, в – дуб семенной, г – дуб порослевой, д – сосна корейская) после интенсивных пожаров. Вертикальная ось – тыс. экз. на га. Горизонтальная ось – годы после пожара

Fig. 2. Evolution of the Stalks and stems of different size and age categories in the simulated species (a - birch ploskolistnaya b - aspen, in - oak seed, g - oak coppice, etc. - Korean pine) after intense fires. The vertical axis - thousand. Copies. ha. The horizontal axis - the years after the fire

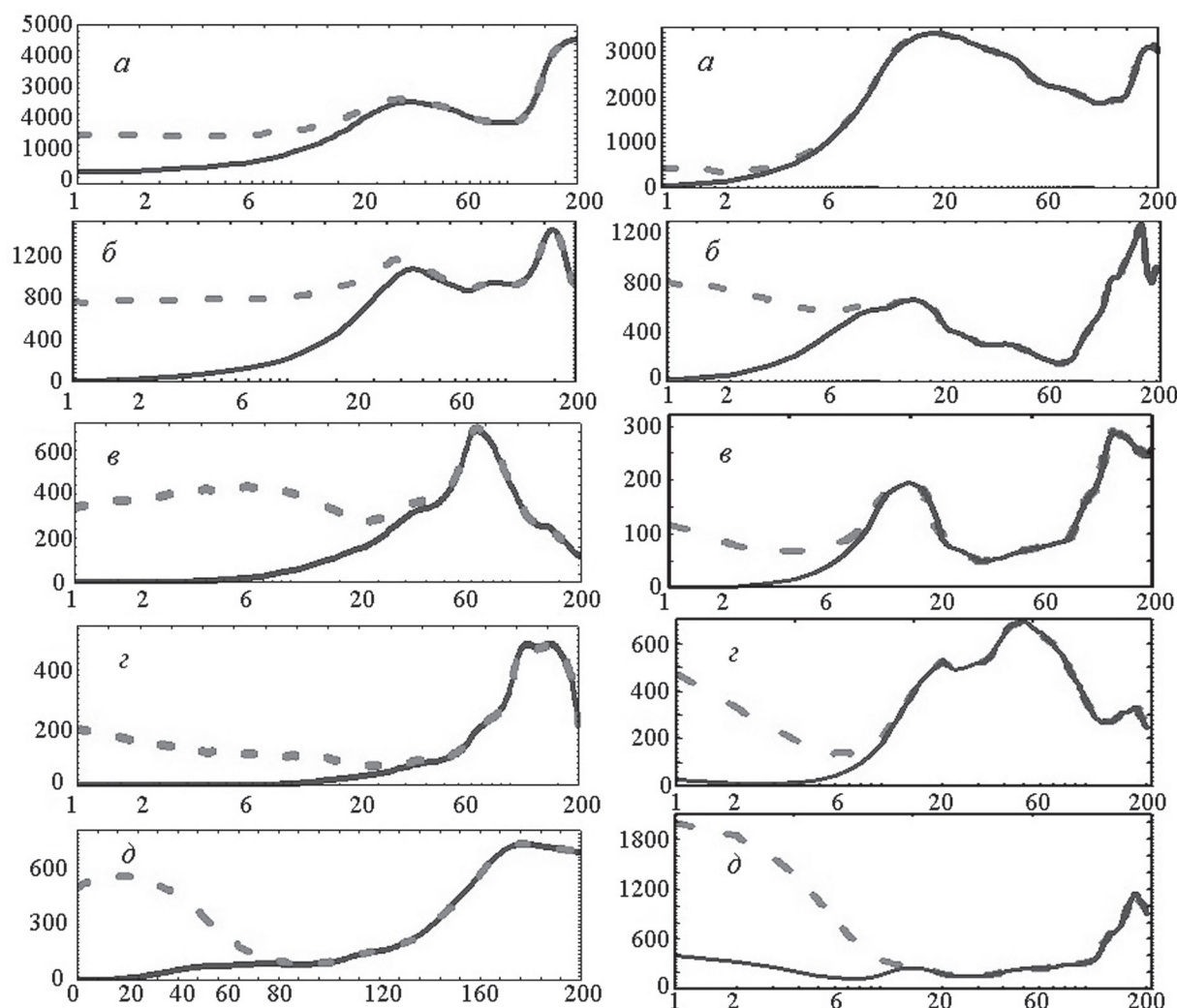


Рис. 3. Динамика численности размерно-возрастных категорий сосны корейской (левая колонка) и дуба монгольского (правая колонка) после интенсивных (сплошная линия) и после беглых низовых (пунктир) пожаров. Обозначения: *a* – мелкий подрост, *б* – средний подрост, *в* – крупный подрост, *г* – тонкомер, *д* – деревья более 12 см диам. Вертикальная ось – численность экз. на га, горизонтальная ось – годы после пожара, лет

Fig. 3. Dynamics of age-categories of Korean pine (left column) and Mongolian oak (right column) after intense (solid line) and after the runaway grassroots (dotted line) fires. Legend: *a* - small undergrowth, *b* - average undergrowth, *c* - close undergrowth, *g* - small-diameter, *d* - trees over 12 cm in diameter. The vertical axis - the number of copies. per hectare, the horizontal axis - the years after the fire, years

березы, начинающегося с четвертого года, отмечается два пика численности, из которых первый приходится на 6–7 годы и связан с переходом растений с усиленным ростом из подростка в древостой, а второй пик, приходящийся на 26–30 годы, составляет группа растений с замедленным ростом. Категория деревьев более 12 см диам. начинает формироваться на 22–24 годы, а максимальная их численность приходилась на 50–60 годы после пожара. Смертность растений березы первых четырех категорий обычно не превышает

50 % в год, а для пятой категории характерна низкая смертность (2–4 %). Однако с завершением жизненного цикла растений, начиная со 100–130 лет, она начинает возрастать. Редкие экземпляры березы в этих условиях доживают до 140 лет.

В развитии **осины** (рис. 2б) не наблюдается такой четкой последовательности перехода из одной категории в другую, как у березы плосколистной, что связано с ее возобновлением как семенным, так и вегетативным путем с помощью корневых отпрысков.

Из-за трудности выделения семенных и корнеотпрысковых стволиков осины без подкопки мы устанавливали их общее количество.

Всходы семян осины появляются только на влажной оголенной почве при отсутствии подстилки, поэтому наибольшая численность мелкого подроста характерна для первого года после пожара, а в дальнейшем она резко падает. Энергия роста однолетних корнеотпрысковых стволиков осин выше, чем у семенных растений, однако на более поздних стадиях сукцессии стволики вегетативного происхождения, как правило, не превышают 2 м выс. и живут не более 5 лет. Максимальная численность в этой категории совпадает с максимумом смертности (80 %), преимущественно за счет семенных растений. В последующих категориях смертность не падает ниже 30 %–40 % в год. Благодаря быстрому росту как семенных, так и корнеотпрысковых растений осины переход их в категорию среднего подроста осуществляется уже в первый год, максимальная численность среднего подроста как семенных, так и вегетативных растений характерна для третьего года, у крупного подроста – для четвертого года. Тонкомерные стволы осины начинают формироваться на 3 год, а пик их численности приходится на 6 год развития. Затем происходит постепенное снижение численности за счет интенсивного процесса самоизреживания. Начало формирования стволов более 12 см диам. связано с 22–23 годами, а пик их численности приходится на 50–60 годы. В дальнейшем многие стволы отмирают в результате поражения их стволовой гнилью и к 120 годам развития сохраняются лишь отдельные стволы осины.

У дуба монгольского стволики семенного и вегетативного происхождения визуально хорошо различаются, поэтому они рассматриваются отдельно. Быстрорастущая **поросль** (рис. 2в) в основании обгоревших деревьев дуба появляется только в первые три года после пожара. На одном дереве обычно появляется от 1 до 12 побегов, но к 10 году сохраняется не более 3 порослевых стволиков. Интенсивное формирование порослевых стволиков дуба и быстрый рост их в высоту определяют совпадение пиков максимальной численности

у мелкого, среднего и крупного подроста на третий год после пожара. Порослевые стволы до 12 см диам. появляются уже на 3–4 годы после пожара и превышают по численности все другие категории порослевого дуба в период от 10 до 100 лет после пожара. После 15–20 лет развития некоторые быстрорастущие порослевые стволы начинают переходить в категорию деревьев более 12 см диам. Максимум их численности приходится на 30–40 годы, а затем происходит постепенное их снижение, и после 200 лет после пожара они фактически не встречаются. Максимальная смертность у подростов разных категорий начинается на 3–4 годы после пожара и остается почти на том же уровне (60–70 % в год) в последующие годы. Большинство тонкомерных стволов отмирают к 80–100 годам, и в последующем представлены лишь единичными экземплярами. Отпад порослевых деревьев резко возрастает после 150 летнего возраста в связи с завершением их жизненного цикла.

У дуба семенного происхождения (рис. 2г) на всех этапах послепожарной сукцессии, за исключением первых 3–4 лет, по численности преобладает мелкий подрост. Максимальная его численность отмечается на 15–20 годы после пожара. В дальнейшем, при формировании сомкнутого полога крон пионерных пород, численность мелкого подроста снижается, а затем (к 170–200 годам) вновь возрастает благодаря активному семеношению деревьев, достигших генеративной зрелости. Длительность пребывания растений в этой возрастной категории при умеренном затенении составляет около 3–4 лет, однако под сильно сомкнутым пологом пионерных древесных пород может происходить задержка развития мелкого подроста до 30 лет. В численности дубов второй категории также отмечается два пика. Меньший пик отмечается на 5–12 годы, что обусловлено массовым переходом растений из предыдущей категории, а максимальная численность отмечается в период 150–170 лет после пожара. В численности третьей категории (151–200 см) первый пик приходится на 10–14 годы после пожара, а второй, более значительный пик, соответствует 100–120 годам. Время пребывания в этой группе составляет

в среднем около трех лет. В численности тонкомера отмечается только один пик, приходящийся на возраст 40–70 лет, когда имеет место массовый его переход в крупный древостой. Численность крупного древостоя имеет тенденцию к последовательному увеличению, начиная с 90–110 лет, и пик приходится на возраст 180–200 лет. Смертность у семенных растений дуба в целом невелика и не превышает во всех категориях 15–20 % в год, и лишь в период развития густого мелколистного молодняка (20–30 лет) смертность в категориях подроста увеличивается до 30–40 % в год.

У **сосны корейской**, так же как и у дуба семенного происхождения, на всех этапах развития преобладает мелкий подрост (рис. 2д). В первые 10–20 лет после пожара обильное развитие травянистых растений и кустарников, а также быстрорастущих молодых вторичных древесных пород препятствует распространению и прорастанию семян сосны корейской. Более активное расселение происходит в период от 20 до 60 лет после пожара, когда происходит интенсивное самоизреживание березы и осины. Второй пик численности мелкого подроста приходится на 160–180 годы развития древостоя после пожара. Категория среднего подроста становится выраженной только к 20–30 годам развития, а затем по численности сохраняется примерно на одном уровне. Третья категория начинает формироваться в сообществах старше 30 лет и достигает максимальной численности через 60–80 лет после пожара. Затем происходит постепенное снижение численности крупного подроста, достигающей минимума на поздних этапах сукцессии после 160 лет. Формирование древесного тонкомера сосны корейской начинается после 40–60 лет, и эта категория достигает максимума в период 100–150 лет после пожара. Крупномерный древостой начинает формироваться после 100–120 лет, достигает максимальной численности в возрасте 160–180 лет и связан с массовым переходом в эту категорию тонкомерных деревьев. Смертность растений сосны корейской всех категорий обычно не превышает 10–20 %, за исключением некоторого его увеличения до 30–40 % для категорий

крупного подроста и тонкомера на отдельных этапах развития.

Проверка разработанной модели на устойчивость

При разработке модели важным моментом служит проверка ее на устойчивость к каким-либо возмущениям. С этой целью мы провели сравнительный анализ моделей динамики численности размерно-возрастных категорий только у двух пород (сосны корейской и дуба монгольского) на участках, подвергавшихся пожарам с сильной и слабой степенью интенсивности (рис. 3). В связи с низкой численностью вторичных древесных пород (березы и осины) и порослевых экземпляров дуба монгольского после беглых низовых пожаров мы их не учитывали.

Главные различия в динамике численности сосны корейской в сравниваемых моделях связаны с показателями начальных численностей размерно-возрастных категорий, составляющих в первой категории в среднем 300 и 1500 экз. га⁻¹, во второй категории 0 и 750, в третьей категории 0 и 35, в четвертой категории 0 и 300 и в пятой категории 4 и 500 экз. га⁻¹ в моделях с сильной и слабой интенсивностью пожаров (рис. 3).

Последствия изменения начальных численностей у четырех первых категорий сосны корейской в обеих моделях проявляются только в первые 40–50 лет, а у категории деревьев более 12 см диам. – до 80 лет. На всех последующих стадиях послепожарного лесовосстановительного процесса численности всех размерно-возрастных категорий в сравниваемых моделях полностью совпадают.

Дуб семенного происхождения в модели со слабой интенсивностью пожара показал еще большую устойчивость к изменению начальных численностей всех размерно-возрастных категорий (рис. 3). В моделях с сильной и слабой интенсивностью пожаров начальные численности составляли в первой категории 500 и 2350 экз. га⁻¹, во второй категории 50 и 625, в третьей категории 4 и 125, в четвертой категории 25 и 480 и в пятой категории 425 и 1875 экз. га⁻¹. Различия численностей в моделях продолжались у первой категории только в

течение 5–6 лет, у второй категории – в течение 10 лет, а у остальных категорий – не более 15 лет после пожара. На всех последующих стадиях сукцессий численности всех размерно-возрастных категорий полностью совпадают.

Таким образом, разработанные модели для основных лесообразующих видов производных и коренных сообществ достаточно устойчивы и могут быть использованы для прогноза многолетней динамики численности размерно-возрастных категорий этих видов.

Дальнейшее развитие модели послепожарных сукцессий с использованием «STELLA» и других подобных программных пакетов для имитационного моделирования может быть основано на изучении взаимодействий между растениями разных видов и влияния различных факторов окружающей среды на ход лесовосстановительного процесса.

Библиографический список

1. Чумаченко, С.И. Моделирование динамики разновозрастных многовидовых лесных ценозов / С.И. Чумаченко // Журнал общей биологии. 1998. – Т. 59, Т 4. – С. 363–376.
2. Чумаченко С.И. Моделирование сукцессионной динамики насаждений / С.И. Чумаченко, О.В. Смирнова // Лесоведение. 2009. – № 6. – С. 3–17.
3. Liu J., Ashton P.S. Individual-based simulation models for forest succession and management. // Forest Ecology and Management. 1995. V. 73 P. 157-175.
4. Porte, A., Bartelink H. Modelling mixed forest growth: a review of models for forest management // Ecological Model. 2002. V. 150. pp. 141-188.
5. Комарова, Т.А. Развитие древесных пород после пожаров в рододендровых дубово-кедровых лесах Южного Сихотэ-Алиня // Т.А. Комарова, Л.А. Сибирина, Л.Я. Ащепкова // Бот. журн., 2010. – № 9. – С. 1232–1246
6. Komarova, T.A. Sibirina L.A., Ashchepkova L. Ya., Lee D.K., Kang H.S. Post-fire restoration of oak-Korean pine forest with Rhododendron mucronulatum // Proceedings of the IUFRO Conference on Forest Landscape Restoration. Seoul, 2007. P. 185-186.
7. Форрестер, Дж. Мировая динамика / Дж. Форрестер. – М: Наука, 1978. – 386 с.
8. Gillet F. Besson O., Gobat J.-M. PATUMOD: a compartment model of vegetation dynamics in wooded pastures // Ecological Modelling. 2002. V.187. N 3. pp. 267-290.
9. Меншуткин, В.В. Экологическое моделирование на языке STELLA / В.В.Меншуткин, Р.З. Клековски. – М.: Энергия, 2006. – 160 с.
10. Ащепкова, Л.Я. Инструкция по использованию пакета прикладных программ «Stella» для моделирования динамических процессов / Л.Я. Ащепкова // Электронный ресурс – 2006. Режим доступа: // <http://kpmmit.wl.dvgu.ru/library/index.phtml>

POST-FIRE ABUNDANCE DYNAMICS OF TREES OF DIFFERENT SERIES MODELLING WITH STELLA SOFTWARE PACKAGE

Komarova T.A., Prof., Doctor. biol. Science; Aschepkova L.Ya., Assoc., PhD. biol. Science; Terekhina N.V., Assoc. St. Petersburg State University, PhD. geogr. sciences

natalia_terekhin@mail.ru

Saint Petersburg State University, 7-9, Universitetskaya nab., St.Petersburg, 199034, Russia

*For elaboration of measures of disturbed forests accelerated restoration the issues of forecasting and modelling of their reforestation dynamics are of special significance. Various models of successional dynamics of forest plantations are developed by both domestic and foreign researchers, however for the Far Eastern forests such models are missing. We have conducted modeling of post-fire population abundance dynamics of height-age categories of oak-pine rhododendron forests of the Southern Sikhote-Alin wood species using STELLA software package. Discuss the population dynamics of different height and age categories birch plaskolite, aspen, oak, Mongolian and Korean pine during post-fire succession in rhododendron oak-pine forests of the southern Sikhote-Alin using the software package "STELLA". Models built for areas with great and little impact of fire are compared. The modelling results of the development and transformation of the main wood species after fires in oak-Korean pine forests of the southern Sikhote-Alin with Stella software package are considered. The study was conducted during 1975-2008 years in 36 stands that were burne from 1-200 before the research began. The dynamics of the multiplicity of four wood species (*Betula platyphylla* Sukacz, *L. aspen*, *pine Koraiensis* Siebold ET Zucc and *Quercus Mongolica* Fischer ex Ledeb) were calculated for five age categories of the size: small understory (<50 cm height), medium understory(51-150 cm), large understory (150-200 cm height), midstory (<12 cm DBH) and layer (> 12 cm DBH). Models, buildings for areas with strong and weak returns fire are compared.*

Key words: modelling, post-fire successions, wood species, abundance dynamics, dimensional –age categories

References

1. Chumachenko S.I. *Modelirovanie dinamiki raznovozrastnykh mnogovidovykh lesnykh tsenozov* [Modeling the dynamics of uneven-aged multi-species forest cenoses]. Journal of General Biology. 1998. T. 59. T 4. pp. 363-376.
2. Chumachenko S.I., Smirnova O.V. *Modelirovanie suksessionnoy dinamiki nasazhdeniy* [Modeling successional dynamics plantations]. Lesovedenie. 2009. № 6. pp. 3-17.

3. Liu J., Ashton P.S. Individual-based simulation models for forest succession and management. // *Forest Ecology and Management*. 1995. V. 73 pp. 157-175.
4. Porte A., Bartelink H. Modelling mixed forest growth: a review of models for forest management // *Ecol. Model.* 2002. V. 150. pp. 141-188.
5. Komarova T.A., Sibirina L.A., Ashchepkova L. Ya. *Razvitie drevesnykh porod posle pozharov v rododendrovyykh dubovo-kedrovyykh lesakh Yuzhnogo Sikhote-Alinya* [Development of tree species after fires in oak-pine rhododendron forests of southern Sikhote-Alin]. *Botanical Journal*, 2010, № 9, pp. 1232-1246
6. Komarova T.A. Sibirina L.A., Ashchepkova L. Ya., Lee D.K., Kang H.S. Post-fire restoration of oak-Korean pine forest with *Rhododendron mucronulatum* // *Proceedings of the IUFRO Conference on Forest Landscape Restoration*. Seoul, 2007. pp. 185-186.
7. Forrester, Dzh. *Mirovaya dinamika* [World Dynamics]. Moscow, Nauka, 1978. 386 p.
8. Gillet F. Besson O., Gobat J.-M. PATUMOD: a compartment model of vegetation dynamics in wooded pastures // *Ecological Modelling*. 2002. V.187. N 3. pp. 267-290.
9. Menshutkin V.V., Klekovski R.Z. *Ekologicheskoe modelirovanie na yazyke STELLA* [Environmental modeling language STELLA]. Moscow. Energiya, 2006. 160 p.
10. Ashchepkova L. Ya. *Instruktsiya po ispol'zovaniyu paketa prikladnykh programm «Stella» dlya modelirovaniya dinamicheskikh protsessov* [Instructions for using the application package «Stella» for modeling of dynamic processes]. *Elektronnyy resurs – 2006*. Rezhim dostupa: //http://kpmi.wl.dvgu.ru/library/index.phtml

ВЛИЯНИЕ КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА РАДИАЛЬНЫЙ И ЛИНЕЙНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ В УСЛОВИЯХ ЗАПОВЕДНИКА «КИВАЧ»

А.Е. КУХТА, *вед. науч. сотр. Института глобального климата и экологии Росгидромета, РАН, канд. биол. наук,*
Д.Е. РУМЯНЦЕВ, *проф. каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ, д-р биол. наук,*
Д.В. ПУЧИНСКАЯ, *асп. Института глобального климата и экологии Росгидромета, РАН*

anna_koukhata@mail.ru

ФГБУ «ИГКЭ Росгидромета и РАН» 107258, Москва, ул. Глебовская, 20Б
ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Заповедник «Кивач» является одним из старейших заповедников России (основан в 1931 г.). Он расположен в среднетаежной подзоне таежной зоны и характеризуется значительным разнообразием рельефа на ограниченной площади. Рассмотрены зависимости рядов линейных и кольцевых индексов приростов сосны от аномалий температур и сумм осадков в условиях сухих, свежих и влажных ТУМ на территории Государственного заповедника «Кивач». Объектом измерений в нашем исследовании послужила сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L.. Изучаемым показателем являются ряды индексов линейного и радиального приростов, характеризующих степень варибельности хода роста деревьев. Поиск зависимостей рядов индексов прироста и метеорологических переменных осуществлялся с помощью корреляционного анализа. Временные ряды радиального прироста взрослых деревьев сосны и временные ряды линейного прироста подроста сосны в условиях заповедника «Кивач» отражают в своей динамике действие разных климатических факторов и могут использоваться при мониторинге как независимые индикаторы. Выяснено, что в сухих ТУМ радиальный прирост сосны в значительной степени зависит от суммы осадков в июне текущего года ($r=0,38...0,43$). В свежих ТУМ положительное влияние на величину прироста могут оказывать осадки февраля ($r=0,28...0,32$). Во влажных ТУМ (в условиях верхового заболачивания) отмечена отрицательная связь прироста с осадками ноября ($r=-0,44...-0,51$), в заболоченных сосняках на берегу озера она не наблюдается. Во всех ТУМ на большинстве пробных площадях выявлена отрицательная связь прироста сосны с температурой декабря, предшествовавшего вегетационному сезону. Для линейного прироста значимая положительная корреляция ($r=0,5$) обнаружена лишь между отклонениями прироста от возрастного тренда текущего года и аномалиями количества осадков августа предыдущего вегетационного сезона

Ключевые слова: заповедник Кивач, сосна, линейный и кольцевой индекс, прирост

Заповедник «Кивач» является одним из старейших заповедников России (основан в 1931 г.). Он расположен в среднетаежной подзоне таежной зоны и характеризуется значительным разнообразием рельефа на ограниченной площади; 84,7 % территории заповедника занято лесами естественного происхождения, из них сосновые леса занимают 45 %, еловые 33 %, березовые 16 %,

осиновые 5 %. Флора заповедника имеет специфический таежный облик; кроме того, в ней представлены элементы бореального, гипоарктического, неморального и арктоальпийского флорогенетических комплексов.

Объектом измерений в нашем исследовании послужила сосна обыкновенная *Pinus sylvestris* L.. Изучаемым показателем являются ряды индексов линейного и радиального

Значение коэффициента корреляции между рядами индексов прироста и климатическими факторами

The value of the correlation coefficient between the rows indices of growth and climatic factors

Хронология по ТУМ	Температура декабря, °С	Осадки июня, мм	Осадки февраля, мм	Осадки ноября, мм
Сухой 1	-0,21	0,39	0,07	-0,22
Сухой 2	-0,47	0,40	0,20	-0,21
Сухой 3	-0,44	0,38	-0,02	-0,41
Сухой 4	-0,31	0,49	-0,07	-0,18
Сухой 5	-0,34	0,43	-0,11	-0,35
Свежий 1	-0,44	-0,01	0,28	-0,36
Свежий 2	-0,28	-0,13	0,31	-0,16
Свежий 3	-0,13	-0,14	0,32	-0,20
Свежий 4	-0,49	0,02	0,31	-0,16
Свежий 5	-0,41	-0,04	0,28	-0,26
Влажный 1	-0,54	0,09	-0,01	-0,44
Влажный 2	-0,53	0,17	0,00	-0,46
Влажный 3	-0,40	-0,10	0,00	-0,51
Влажный 4	-0,53	0,13	0,24	-0,19
Влажный 5	0,07	0,12	-0,21	0,00

приростов, характеризующих степень вариативности хода роста деревьев. Поиск зависимостей рядов индексов прироста и метеорологических переменных осуществлялся с помощью корреляционного анализа [1–19].

Радиальный прирост определялся у спелых и приспевающих деревьев, а линейный – у подроста. Индексация рядов приростов обеспечивает удаление возрастного тренда. Учетные деревья сосны отбирались в трех типах условий местопроизрастания (ТУМ): сухих (сосняки лишайниковые на селгах), свежих (сосняки черничные и брусничные на супесях) и влажных (сосняки сфагновые, багульниковые, кассандровые). В каждом ТУМ заложено по пять пробных площадей, каждая из которых охарактеризована обобщенной хронологией по 12 учетным деревьям. Для изученных групп сосняков характерны специфичные климатические приростообразующие факторы, что отражают результаты корреляционного анализа (табл. 1). При анализе первичной корреляционной матрицы нами принималась во внимание не только достоверность значений коэффициента корреляции (r), но и их повторяемость для хронологий в пределах ТУМ.

Выяснено, что в сухих ТУМ радиальный прирост сосны в значительной степени зависит от суммы осадков в июне текущего года ($r = 0,38 \dots 0,43$). В свежих ТУМ положительное влияние на величину прироста могут оказывать

осадки февраля ($r = 0,28 \dots 0,32$). Во влажных ТУМ (в условиях верхового заболачивания) отмечена отрицательная связь прироста с осадками ноября ($r = -0,44 \dots -0,51$), в заболоченных сосняках на берегу озера она не наблюдается.

Во всех ТУМ на большинстве пробных площадей выявлена отрицательная связь прироста сосны с температурой декабря, предшествовавшего вегетационному сезону (таблица). Графически данную связь отражает рис. 3. Здесь показано сопряженное изменение за 33 года индекса прироста сосны и индекса температуры декабря. Последний равен отношению температуры декабря данного года к среднегодовой температуре этого месяца. На рисунке максимальные значения индекса температуры декабря соответствуют наиболее морозному периоду. Высокие среднемесячные температуры отрицательно сказываются на приросте сосны. Указанная связь не просматривается одинаково хорошо на разных участках временных рядов, однако более тесной связи с температурами декабря ожидать сложно. Очевидно, что среднемесячная температура декабря – это не фактор, влияющий на прирост (как например осадки июня текущего года), а лишь коррелированный с данным фактором показатель.

Результаты корреляционного анализа рядов индексов линейного прироста сосны и аномалий температур и количества осадков представлены в табл. 2.

Коэффициенты корреляции между отклонением прироста в высоту от возрастного тренда и аномалиями метеорологических переменных
The correlation coefficients between the deviation of growth in height from age trend and anomalies of meteorological variables

Месяц	Аномалии температуры	Аномалии осадков
Апрель	0,3	-0,2
апрель предыдущего года	-0,1	-0,1
Май	-0,1	0,1
май предыдущего года	0,4	-0,4
Июнь	0,1	-0,2
июнь предыдущего года	0,1	-0,3
Июль	-0,0	0,1
июль предыдущего года	0,3	-0,1
Август	-0,3	0,1
август предыдущего года	-0,1	0,5
Сентябрь	-0,1	-0,1
сентябрь предыдущего года	0,0	-0,2

Как следует из результатов корреляционного анализа, представленных в табл. 2, значимая положительная корреляция ($r = 0.5$) обнаружена лишь между отклонениями прироста от возрастного тренда текущего года и аномалиями количества осадков августа предыдущего вегетационного сезона. Это корреляция на уровне достоверности 0,95 (Большев, Смирнов, 1983). Меньшими по своим значениям оказались коэффициенты корреляции отклонений приростов от возрастного тренда и аномалий температур и осадков мая предыдущего года ($r = 0.4$ и $r = -0.4$ соответственно). Корреляции изменчивости приростов и аномалий метеорологических переменных других месяцев (апреля – сентября текущего года и апреля, июня, июля, сентября предыдущего года) характеризуются незначительными коэффициентами.

Таким образом, временные ряды радиального прироста взрослых деревьев сосны и временные ряды линейного прироста подроста сосны в условиях заповедника «Кивач» отражают в динамике действие разных климатических факторов и могут использоваться при мониторинге как независимые индикаторы.

Работа поддержана грантом РФФ 14-17-00645.

Библиографический список

1. Ваганов, Е.А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа. – Новосибирск: Наука, 1996. – 245 с.
2. Липаткин, В.А. Перекрестная датировка дендрохронологических рядов с помощью ПЭВМ / В.А. Липаткин, С.Ю. Мазитов // Экология, мониторинг и рациональное природопользование // Научн. тр. МГУЛ, 1997. – Вып. 288 (1). – С. 103–110.
3. Fritts H. C. Tree rings and climate // London – New York – San Francisco: Academic press, 1976. pp. 576.
4. Лакин, Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин – М.: Высшая школа, 1973. – 343 с.
5. Кищенко, И.Т. Рост и развитие аборигенных и интродуцированных видов семейства Pinaceae Lindl. в условиях Карелии: дисс. ... д-ра биол. наук.– С-Пб, 2000. – С 44.
6. Чернобровкина, Н.П. Экофизиологические характеристики использования азота сосной обыкновенной / Н.П. Чернобровкина – С-Пб: Наука, 2001. – 175 с.
7. Makinen H., Nojd P., Mielikainen K. Climatic signal in annual growth variation of Norway spruce (Picea abies) along a transect from central Finland to the Arctic timberline // Canadian Journal of Forest research. Vol. 30, 2000. pp. 769-777.
8. Распопов, О.М. Глобальное потепление и региональная реакция роста годовых колец на Кольском полуострове, Северо-запад России / Northern Timberline Forests Environmental and Socio-economic Issues and Concerns / О.М. Распопов, Т. Колстрем, О.И. Шумилов, И.Ю. Киршидели и др. // The Finnish forest research institute, research papers 862, 2002. – С. 243–249.
9. Hanninen H., Kellomaki S., Latinen K., Pajari B., Repo T. Effect of increased winter temperature on the onset of height growth of Scots pine: a field test of phenological model // Silva Fennica, Vol. 27, No 4, 1993. pp. 251-257.
10. Hanninen H., Leinonen I., Repo T., Kellomaki S. Overwintering and productivity of Scots pine in a changing climate // Silva Fennica, Vol. 30, No 2-3, 1996. pp. 229-237.

11. Juntilla O. Plant adaptation to temperature and photoperiod // Agriculture and Food Science in Finland. Vol. 5, Num. 3, 1996. pp. 251-260.
12. Leinonen I., Repo T., Hanninen H. testing of frost hardiness models for *Pinus sylvestris* in natural conditions and elevated temperature // *Silva Fennica*, Vol. 30, No 2-3, 1996. pp. 159-168.
13. Вомперский, С.Э. Биологические основы лесосошения / С.Э. Вомперский. – М.: Наука, 1968 – 312 с.
14. Орлов, А.Я. Почвенная экология сосны / А.Я. Орлов, С.П. Кошельков. – М.: Наука, 1971. – 323 с.
15. Ваганов, Е.А. Дендроклиматический анализ роста сосны в лесоболотных фитоценозах Томской области / А.В. Качаев, Е.А. Ваганов // *Лесоведение*, 1992. – № 6. – С. 3–10.
16. Денисенков, В.П. Основы болотоведения / В.П. Денисенков – С-Пб.: СПГУ, 2000. – 224 с.
17. Кучко, А.А. Снежный покров в лесах заповедника «Кивач» и его влияние на промерзание и оттаивание почвы / А.А. Кучко // *Труды заповедника «Кивач»*. Петрозаводск: Карельское книжное издательство, 1969. – С. 159–170.
18. Sutinen M.-L., Ritari A., Holappa T., Kujala K. Seasonal changes in soil temperature and in the frost hardiness of Scots pine (*Pinus sylvestris*) roots under subarctic conditions // *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 28, 1998. pp. 946-950.
19. Linderholm H.W. Climatic influence on Scots pine growth on dry and wet soils in the central Scandinavian mountains, interpreted from tree-ring width // *Silva Fennica*. Vol. 35, Num. 4, 2001. pp. 415-424.

INFLUENCE OF CLIMATIC FACTORS ON THE RADIAL AND LINEAR GROWTH OF SCOTCH PINE IN CONDITIONS OF KIVACH RESERVE

Kuhta A.E., a leading researcher at the Institute of Global Climate and Ecology of Hydrometeorology, Candidate of Sciences. biol. Science; **Rumyantsev D.E.**, prof. Department. Botany and Plant Physiology MGUL Dr. biol. Science; **Puchinskaya D.V.**, a graduate student of the Institute of Global Climate and Ecology Committee for Hydrometeorology, Russian Academy of Sciences

anna_koukhta@mail.ru

FGBI «Institute of Global Climate and Ecology of the Federal Service for Hydrometeorology and Environmental Monitoring and the Russian Academy of Sciences» (FGBI «IGCE Hydromet and RAS»), Russia 107258, Moscow, ul. Glebovskaya 20B, Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institut'skaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

*Kivach reserve is one of the oldest nature reserves in Russia (founded in 1931). It is located in the middle taiga subzone of taiga zone and is characterized by considerable diversity of terrain within a limited area. Dependences of rows of linear and circular index of pine growth on temperature anomalies and precipitation in conditions of dry, fresh and wet type of site conditions on the territory of the state nature reserve Kivach. The subject of measurement in our study was a common pine *Pinus sylvestris* L. The studied characteristic is a number of indexes of linear and radial growth characterizing the variability of the trees growth course. Search for dependencies of rows of growth indexes and meteorological variables was carried out using correlation analysis. The time rows of radial growth of mature trees, pines and time rows of linear growth of pine young growth in conditions of Kivach nature reserve reflect in its dynamic effect of different climatic factors and can be used for monitoring as independent indicators. It is found out that in dry type of site conditions radial growth of pines to a considerable degree depends on the amount of precipitation in June of the current year ($r=0,38...0,43$). In fresh type of site conditions positive impact on the volume of growth can provide precipitation of February ($r=0,28...0,32...$). In wet type of site conditions (in terms of raised water logging) a negative relation of the growth with precipitation in November was noted ($r=-0,44...-0,51$), in water-logged pine forests on lakeside it is not observed. In all types of site conditions on most sampling areas a negative relation of pine growth with a temperature of December preceding the growing season is revealed. For the linear growth a significant positive correlation ($r=0,5$) was found only between the deviations of growth depending on the age trend of the current year and anomalies of precipitation in August of the previous growing season.*

Key words: Kivach reserve, pine, linear and radial index, growth

References

1. Vaganov E.A., Shiyatov S.G., Mazepa V.S. *Dendroklimateicheskie issledovaniya v Uralo - Sibirskoy Subarktike* [Dendroclimatic research in the Ural – Siberian subarctic region]. Novosibirsk. Nauka (Science), 1996. 245 p.
2. Lipatkin V.A., Mazitov S.Ju. *Perekrestnaya datirovka dendrokronologicheskikh ryadov s pomoshch'yu PEVM* [Cross dating dendrochronological series via PC. Environmental monitoring and environmental management. Scientific works. Issue 288 (1)]. *Ekologiya, monitoring i ratsional'noe prirodopol'zovanie*. Moscow, MSFU, 1997. pp. 103-110.
3. Fritts H. C. *Tree rings and climate*. London – New York – San Francisco. Academic press, 1976. P. 576.
4. Lakin G.F. *Biometriya* [Biometrics]. Moscow. Vysshaya shkola [High school]. 1973. 343 p.
5. Kishchenko I.T. *Rost i razvitie aborigennykh i introdutsirovannykh vidov semeystva Pinaceae Lindl. v usloviyakh Karelii. diss. ... dr. biol. nauk* [The growth and development of native and introduced species of the family few Pinaceae Lindl. in terms of Karelia: the dissertation of doctor of Biol. of Sciences]. SPb, 2000. 44 p.
6. Chernobrovkina N.P. *Ekofiziologicheskie kharakteristiki ispol'zovaniya azota sosnoy obyknovvennoy* [Ecophysiological characteristics of nitrogen pine]. SPb: Nauka (Science), 2001. 175 p.
7. Makinen H., Nojd P., Mielikainen K. Climatic signal in annual growth variation of Norway spruce (*Picea abies*) along a transect from central Finland to the Arctic timberline. *Canadian Journal of Forest research*. Vol. 30, 2000. pp. 769-777.
8. Raspopov, O.M., Kolstrom T., Shumilov O.I., Kirshideli I.Ju., Dergachev V.A., Lindhol'm M., Meriljajnen J., Jeggertsson O., Kasatkina E.A., Kuz'min A.V., Mamishev G.G., Dzhenuk S.L. *Global'noe poteplenie i regional'naya reaktsiya rosta godovykh kolets na Kol'skom poluostrove, Severo-zapad Rossii* [Global warming and regional growth response of annual rings on the Kola Peninsula, North-West Russia]. Northern Timberline Forests Environmental and Socio-economic Issues and Concerns. The Finnish forest research institute, research papers 862, 2002. pp. 243-249.

- Hanninen H., Kellomaki S., Latinen K., Pajari B., Repo T. Effect of increased winter temperature on the onset of height growth of Scots pine: a field test of phenological model. *Silva Fennica*, Vol. 27, No 4, 1993. pp. 251-257.
- Hanninen H., Leinonen I., Repo T., Kellomaki S. Overwintering and productivity of Scots pine in a changing climate. *Silva Fennica*, Vol. 30, No 2-3, 1996. pp. 229-237.
- Juntilla O. Plant adaptation to temperature and photoperiod. *Agriculture and Food Science in Finland*. Vol. 5, Num. 3, 1996. pp. 251-260.
- Leinonen I., Repo T., Hanninen H. testing of frost hardiness models for *Pinus sylvestris* in natural conditions and elevated temperature. *Silva Fennica*, Vol. 30, № 2-3, 1996. pp. 159-168.
- Vomperskiy S. Je. *Biologicheskie osnovy lesoosusheniya* [Biological basis of leshoosin]. Moscow. Nauka [Science], 1968. 312 p.
- Orlov A. Ja., Koshelev S. P. *Pochvennaya ekologiya sosny* [Soil ecology pine]. Moscow. Nauka [Science], 1971. 323 p.
- Vaganov, E. A., Kachaev A. V. *Dendroklimaticheskiy analiz rosta sosny v lesobolotnykh fitotsenozakh Tomskoy oblasti* [Dendroclimatic analysis of the growth of pine in the swamp communities of Tomsk region]. *Lesovedenie* [Forest ecology], 1992. № 6. pp. 3-10.
- Denisenkov V. P. *Osnovy bolotovedeniya* [Fundamentals of bolotophagini]. SPb., SPGU [Saint-Petersburg state University], 2000. 224 p.
- Kuchko, A. A. *Snezhnyy pokrov v lesakh zapovednika «Kivach» i ego vliyaniye na promerzaniye i ottaivaniye pochvy* [Snow cover in the forests of the reserve «Kivach» and its impact on the freezing and defrosting of the soil. Proceedings of the nature reserve «Kivach»]. Petrozavodsk. Karel'skoe knizhnoye izdatel'stvo [Karelian publishing house], 1969. pp. 159-170.
- Sutinen M.-L., Ritari A., Holappa T., Kujala K. Seasonal changes in soil temperature and in the frost hardiness of Scots pine (*Pinus sylvestris*) roots under subarctic conditions. *Canadian Journal of Forest Research*, Vol. 28, 1998. pp. 946-950.
- Linderholm H. W. Climatic influence on Scots pine growth on dry and wet soils in the central Scandinavian mountains, interpreted from tree-ring width. *Silva Fennica*. Vol. 35, Num. 4, 2001. pp. 415-424.

МЕТОД МОДЕЛИРОВАНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ НИЗОВОГО ПОЖАРА В ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АГЕНТНОГО ПОДХОДА

В.Б. КУХТА, соискатель каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ

dendro@mgul.ac.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Низовые лесные пожары являются одним из самых серьёзных факторов, негативно влияющих на лесную экосистему и сельское хозяйство. Для принятия действенных превентивных мер и борьбы с этим явлением необходимо применение эффективной математической модели и компьютерной системы моделирования распространения низового лесного пожара. Развитие программных средств, технологий и аппарата имитационного моделирования позволяет предложить новый метод имитационного моделирования распространения низового лесного пожара, основанный на методе агентного моделирования. Это позволит упростить программную реализацию имитационной модели, перейдя от глобального описания всех аспектов функционирования динамической системы к описанию конечного набора правил функционирования нескольких типов программных агентов. Пространство в разработанной компьютерной модели поделено на квадратные ячейки заданного размера, каждая из которых может занимать одно из конечного множества состояний, например: выгоревшая, горящая в данный момент, несгораемая. При перемещении используется соседство Мура, включающее все восемь ячеек дискретного пространства, окружающих занятую агентом область. Таким образом, агенты в системе перемещаются в пространстве с использованием гибридной дискретно-непрерывной пространственной модели, позволяющей добиться большей гибкости и реалистичности моделирования процесса распространения огня (по сравнению с только дискретными моделями клеточных автоматов в сочетании с простой реализацией программной системы и экономией вычислительных ресурсов (по сравнению с математическими моделями, имеющими в своей основе только непрерывную пространственную проекцию). Положение агента в такой пространственной модели определяется как целочисленными координатами дискретной ячейки, занимаемой агентом в данный момент. Разработанный метод моделирования и компьютерную имитационную систему планируется применять для определения параметров распространения лесного низового пожара в лесных насаждениях для разработки комплекса мер по его предотвращению и противодействию.

Ключевые слова: низовые лесные пожары, распространения огня, имитационная система

Низовые лесные пожары являются одним из самых серьёзных факторов, негативно влияющих на лесную экосистему и сельское хозяйство. Для принятия действенных превентивных мер и борьбы с этим явлением необходимо применение эффективной мате-

матической модели и компьютерной системы моделирования распространения низового лесного пожара.

В настоящий момент моделирование данного явления производится с использованием нескольких подходов [3]:

1. Теоретические модели, основывающиеся на выраженных в форме систем дифференциальных уравнений законах термодинамики и газопереноса.

2. Статистические модели, основанные на систематизации эмпирических данных, на основании которых производится прогноз распространения огня с использованием коэффициентов корреляции.

3. Полуэмпирические модели, в которых используются как заданные в виде упрощенных зависимостей общие законы, так и систематизированные экспериментальные данные.

Развитие программных средств, технологий и аппарата имитационного моделирования позволяет предложить новый метод имитационного моделирования распространения низового лесного пожара, основанный на методе агентного моделирования.

Агентное моделирование – метод имитационного моделирования, представляющий эволюцию состояния динамической системы как результат взаимодействия и самоорганизации совокупности автономных агентов [7].

Под агентом понимается программная сущность, обладающая автономным поведением, возможностью взаимодействовать с другими агентами и разделяемой средой в соответствии с некоторым набором правил, а также способностью самостоятельно изменяться [7].

Применение агентного подхода позволяет упростить программную реализацию имитационной модели, перейдя от глобального описания всех аспектов функционирования динамической системы к описанию конечного набора правил функционирования нескольких типов программных агентов [7].

Пространство в разработанной компьютерной модели поделено на квадратные ячейки заданного размера, каждая из которых может занимать одно из конечного множества состояний, например

1. Выгоревшая.
2. Горящая в данный момент.
3. Несгораемая (дорога или водное препятствие).

4. Сгораемая, покрытая одним из конечного множества типов поверхности.

Тип поверхности определяется и задается перед началом моделирования, и в виде относительного коэффициента скорости как функции от состава лесного покрова, относительной влажности, уклона местности и подобных характеристик определяет ускорение или замедление распространения огня в данной ячейке.

При перемещении используется соседство Мура, включающее все восемь ячеек дискретного пространства, окружающих занятую агентом область. Движение в таком соседстве более реалистично, чем в соседстве Фон Неймана, исключающем передвижение по диагонали (рис. 1).

Однако при перемещении по диагонали проходит расстояние, на $\sqrt{2}$ большее, чем при перемещении в горизонтальном или вертикальном направлении, и эта разница не может быть эффективно учтена в полностью дискретном пространстве. Для увеличения достоверности моделирования в таком случае в модель введена дополнительная непрерывная пространственная проекция.

Таким образом, агенты в системе перемещаются в пространстве с использованием гибридной дискретно-непрерывной пространственной модели, позволяющей добиться большей гибкости и реалистичности моделирования процесса распространения огня (по сравнению с только дискретными моделями клеточных автоматов [5, 6]) в сочетании с простотой реализации программной системы и экономией вычислительных ресурсов (по сравнению с математическими моделями, имеющими в основе только непрерывную пространственную проекцию [1]).

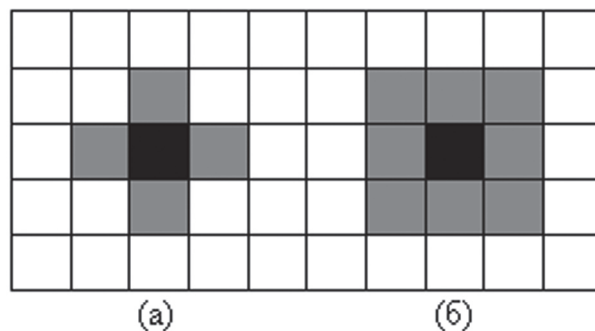


Рис. 1. Соседство Фон Неймана (а) и Мура (б)
Fig. 1. Von Neumann neighborhood (a) and Moore (b)

Положение агента в такой пространственной модели определяется как целочисленными координатами дискретной ячейки, занимаемой агентом в данный момент, так и координатами в непрерывной проекции в формате чисел с плавающей точкой. При передвижении в заданном направлении в такой модели пространства на каждом шаге координаты агента в непрерывной проекции округляются до целого, и, в случае отличия от предыдущего расположения, становятся новыми координатами в дискретной проекции.

Агент, представляющий участок фронта распространения огня, характеризуется следующими параметрами:

1. Текущими координатами в дискретной и непрерывной проекции гибридной пространственной модели.

2. Вектором скорости $V = \{\Delta x, \Delta y\}$, определяющим смещение агента по осям абсцисс и ординат за один такт выполнения модели.

3. Углом между направлением вектора скорости и осью абсцисс в диапазоне $(0, 2\pi]$.

Агенты в одном фронте распространения огня образуют структуру двусвязного кольцевого списка – каждый из них хранит ссылки на агентов, принадлежащих этому фронту и располагающихся справа и слева от него. Данные ссылки могут быть пустыми, например, если соседний агент прекратил выполнение при столкновении с несгораемым препятствием.

Совокупность агентов, движущихся из одной точки возгорания, образует общий фронт распространения огня, который характеризуется следующими параметрами:

1. Координатами точки возгорания.

2. Числом тактов выполнения моделирования, прошедших на текущий момент с момента возникновения данного очага возгорания.

3. Скоростью распространения огня за единицу времени для данного типа поверхности, присваиваемой всем новым агентам в данном фронте распространения огня.

Моделирование возникновения и распространения фронта огня в системе происходит следующим образом.

1. Сначала определяется положение декартовой системы координат, в которой создается фронт распространения огня. Ось абсцисс располагается в одинаковом направлении с вектором скорости ветра, ось ординат направлена перпендикулярно вектору скорости ветра.

2. Далее определяются статистические значения скорости распространения огня против ветра (V_1), поперек ветра (V_2) и против ветра (V_3) [4].

3. С их использованием определяется форма эллипса с центром в точке F , в виде которого распространяется фронт пожара (рис. 2). Большую ось эллипса составляют исходящие из одной точки и направленные в противоположном направлении вектора скорости распространения огня против ветра и в направлении ветра, а малая ось эллипса по длине равна удвоенной длине вектора скорости огня.

1. Точка возгорания O определяется как точка, из которой исходят направленные в противоположные стороны вектора скорости огня против ветра и в направлении ветра.

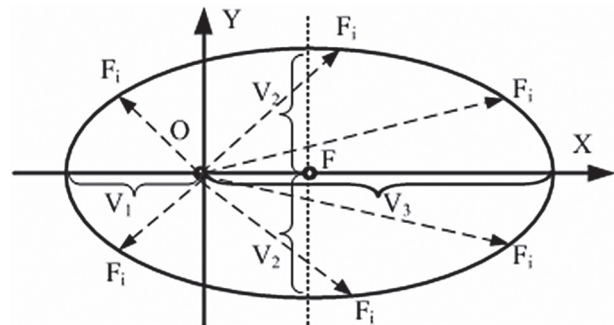


Рис. 2. Создание фронта распространения огня
Fig. 2. Create the front spread of fire

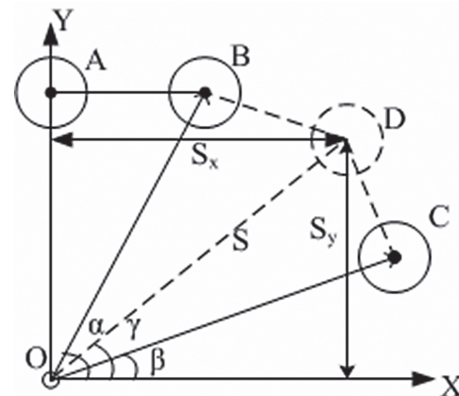


Рис. 3. Добавление нового агента
Fig. 3. Adding a new agent

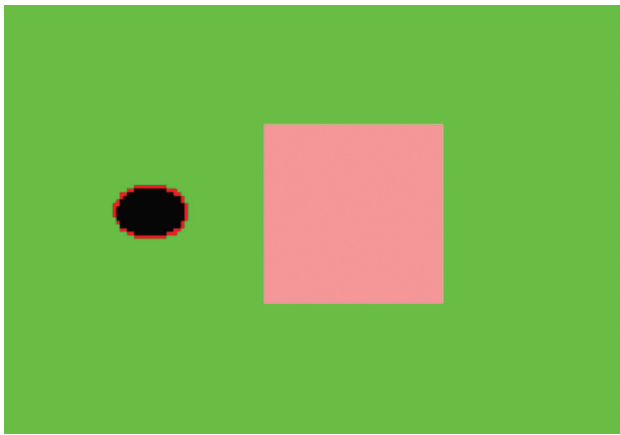


Рис. 4. Возникновение очага низового пожара
Fig. 4. The appearance of the source ground fire

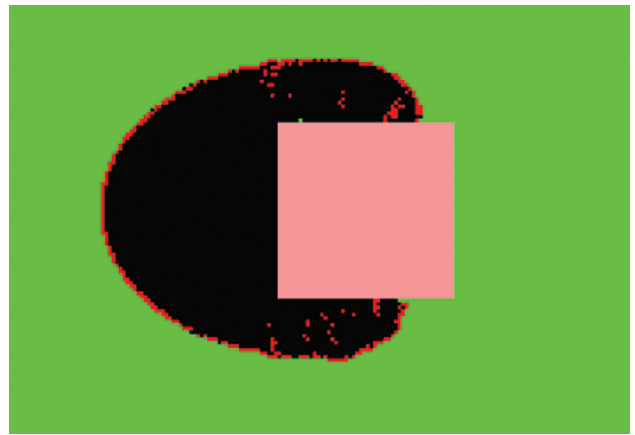


Рис. 5. Огибание фронтом огня негоряемого препятствия
Fig. 5. Rounding front fire fireproof barriers



Рис. 6. Дальнейшее распространение фронта огня
Fig. 6. Further spread of the fire front



Рис. 7. Столкновение фронта распространения огня с участком ландшафта, характеризующимся измененной скоростью передвижения огня
Fig. 7. Clash of the spread of fire to the front portion of the landscape, characterized by a change rate of movement of fire

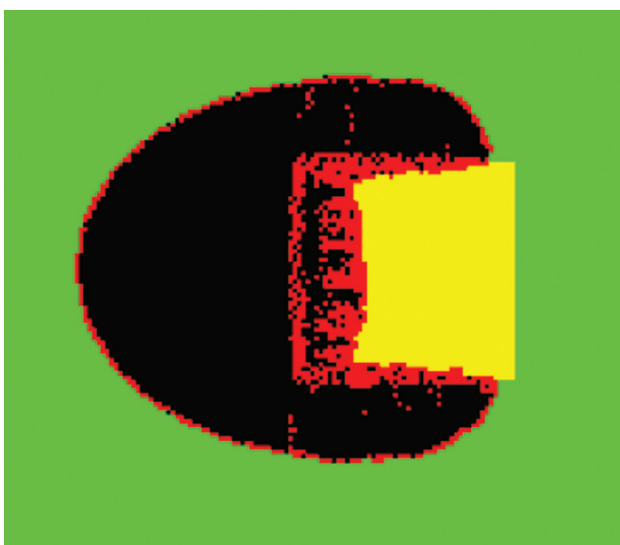


Рис. 8. Огибание фронтом огня участка ландшафта
Fig. 8. Rounding the front portion of the landscape fire

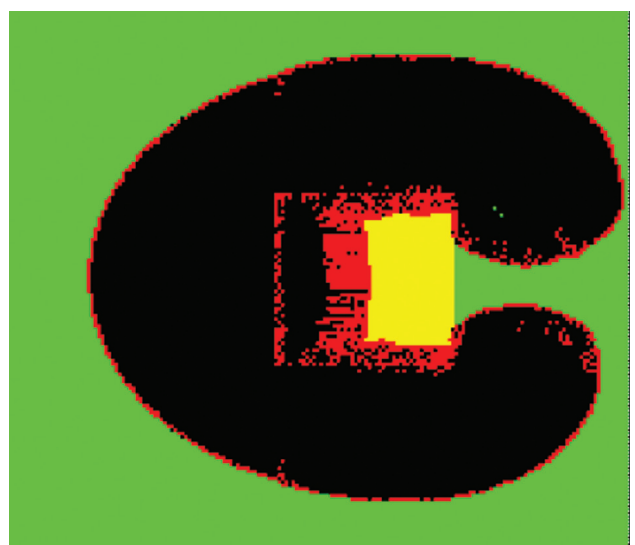


Рис. 9. Дальнейшее распространение фронта огня
Fig. 9. Further spread of the fire front

2. После этого в точке возгорания создается N компьютерных агентов – элементов фронта распространения огня, с векторами скоростей F_i , направленными в соответствующие точки на поверхности эллипса.

3. Значения векторов скоростей $F_i = \{\Delta x, \Delta y\}$ определяются исходя из параметрического уравнения эллипса:

$$\begin{cases} \Delta x = a \cos(t) + f \\ \Delta y = b \sin(t) \end{cases} \quad (1)$$

Здесь a и b – значения большой и малой полуосей эллипса соответственно, а f – значение смещения по оси абсцисс, равное разнице значений скоростей распространения огня по ветру и против ветра ($V_3 - V_1$).

Значение N выбирается исходя из требований к точности моделирования и возможностей аппаратного обеспечения – чем оно больше, тем точнее будет обрисовываться эллипс распространения огня, по умолчанию создается восемь агентов.

По мере распространения со временем фронта огня возникает необходимость добавления новых агентов к совокупности уже существующих. Это происходит следующим образом (рис. 3).

1. На каждом такте выполнения модели ячейка между агентами, связанными взаимными ссылками (A, B, C), проверяется на занятость другим агентом. Если она оказывается пустой, то начинает выполняться процедура добавления нового агента (D).

2. Рассчитывается угол вектора скорости относительно оси абсцисс нового агента (γ) как средний между углами векторов скоростей существующих агентов (α и β).

3. Определяются значения вектора скорости нового агента (смещения по оси абсцисс и ординат за один такт выполнения модели) по формуле (1).

4. Для получения текущих координат нового агента полученные значения умножаются на количество тактов выполнения модели, прошедших с начала возникновения фронта распространения огня с точкой возгорания O , к которому принадлежит новый агент. Двусторонние ссылки между агентами обновляются.

Если по мере продвижения агент наталкивается на несгораемое препятствие, то он удаляется из контекста выполнения модели; соседние агенты также удаляются, но в точках, соответствующих их координатам, создаются новые очаги возгорания. Подобный алгоритм позволяет реалистично моделировать процесс обхода препятствий.

Если по мере продвижения агент попадает на сгораемую ячейку, тип поверхности которой (и, соответственно, относительный коэффициент скорости распространения огня) отличается от типа поверхности, на которой был создан его фронт распространения огня, то агент удаляется из контекста выполнения модели, а на его месте создается новый очаг возгорания, характеризующийся новым типом поверхности.

На рисунках отображен процесс моделирования возникновения низового пожара, распространение его под действием ветра и огибание фронтом огня несгораемого препятствия (рис. 4–6).

Также проведено моделирование распространения огня на местности с участком поверхности, где скорость распространения огня отличается от скорости его распространения на всем ландшафте (рис. 7–9).

Разработанная программная система создана с помощью платформы Java и среды агентного моделирования Repast Simphony 2.1. Среда Repast представляет собой открытое, свободно распространяемое средство для создания различных типов агентных имитационных моделей [7].

Разработанный метод моделирования и компьютерную имитационную систему планируется применять для определения параметров распространения лесного низового пожара в лесных насаждениях для разработки комплекса мер по его предотвращению и противодействию.

Библиографический список

1. Мелехов, И.С. Лесная пирология / И.С. Мелехов. – М.: МЛТИ, 1978-1980, 1982, 1985. Вып. 1–5.
2. Матвеев, П.М., Матвеев А.М. Лесная пирология / П.М. Матвеев, А.М. Матвеев. – Красноярск: СТИ, 1993 – 92 с.
3. Залесов, С.В. Лесная пирология / С.В. Залесов. – Екатеринбург: УГЛТА, 2006 – 303 с.

4. Баровик, Д.В. Состояние, проблемы и результаты компьютерного прогнозирования распространения лесных пожаров / Д.В. Баровик, В.Б. Таранчук. – 2011.
5. Баровик, Д.В. Программный комплекс оперативного моделирования распространения лесных пожаров / Д.В. Баровик, Д.А., Горбачевич, В.Б. Таранчук. – 2010.
6. Баровик Д.В. Алгоритмические основы построения компьютерной модели прогноза распространения лесных пожаров / Д.В. Баровик, В.Б. Таранчук. – 2011.
7. Рекомендации по обнаружению и тушению лесных пожаров // Сб. организационно-распорядительных документов по охране лесов от пожаров. – М.: Рослесхоз, 1997.–119 с.
8. Alexandridis A. et al. A cellular automata model for forest fire spread prediction: The case of the wildfire that swept through Spetses Island in 1990 //Applied Mathematics and Computation. – 2008. – Т. 204. – № . 1. – С. 191-201.
9. Yassemi S., Dragičević S., Schmidt M. Design and implementation of an integrated GIS-based cellular automata model to characterize forest fire behaviour //Ecological Modelling. – 2008. – Т. 210. – № . 1. – С. 71-84.
10. Macal C. M., North M. J. Tutorial on agent-based modeling and simulation //Proceedings of the 37th conference on Winter simulation. – Winter Simulation Conference, 2005. – С. 2-15.
11. Scott J. H., Burgan R. E. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model //The Bark Beetles, Fuels, and Fire Bibliography. – 2005. – С. 66.

MODELLING METHOD OF GROUND FIRES SPREAD IN FOREST STANDS WITH IMPLEMENTATION OF AGENT-BASED APPROACH

Kukhta V.B., Competitor Department. Botany and Plant Physiology MSFU

dendro@mgul.ac.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

Ground fires are one of the most significant factors that have a negative impact on the forest ecosystem and agriculture. For effective preventive measures and protection from them use of efficient mathematical model and computer modelling system of ground fire spread is required. Development of software tools, technologies and simulation modelling device allows to offer a new method of modelling simulation of the ground fire spread based on the method of agent-based model. This will simplify the software implementation of the simulation model, moving from the global description of all the aspects of a dynamical system to the description of a finite set of rules of several types of software agents functioning. The space in the developed computer model is divided into square cells of a given size, each of them may take one of a finite set of states, for example, burnt, burning at the moment, fireproof. When moving use the Moore neighborhood, which includes all eight cells of a discrete space surrounding the area occupied by the agent. Thus, the agents in the system move in space using a hybrid discrete-continuous spatial model allowing to achieve a more flexible and realistic modelling of fire spread process (compared with only discrete cellular automata models in combination with simplicity of the software system implementation and computational resources saving (compared to mathematical models based only on continuous spatial projection). The position of the agent in this spatial model is defined as the integral coordinates of discrete cells occupied by the agent at the moment. The developed method of modeling and computer simulation system will be used for determining the parameters of the ground fires spread in forests for the development of measures for its prevention and counteraction.

Keywords: grassroots forest fires, spread of fire simulation system

References

1. Melekhov, I.S. *Lesnaya pirologiya* [Forest fire science]. Moscow. MLTI, 1978-1980, 1982, 1985. Vol. 1-5.
2. Matveev, P.M., Matveev A.M. *Lesnaya pirologiya* [Forest fire science]. Krasnoyarsk. STI, 1993. 92 p.
3. Zalesov S.V. *Lesnaya pirologiya* [Forest fire science]. Ekaterinburg. UGLTA, 2006. 303 p.
4. Barovik D.V., Taranchuk V. B. *Sostoyanie problemy i rezul'taty komp'yuternogo prognozirovaniya rasprostraneniya lesnykh pozharov* [Status of the problem and the results of computer propagation prediction of forest fires]. 2011.
5. Barovik D.V., Gorbachevich D.A., Taranchuk V.B. *Programmnyy kompleks operativnogo modelirovaniya rasprostraneniya lesnykh pozharov* [Software complex operational modeling of distribution of forest fires]. 2010.
6. Barovik D.V., Taranchuk V.B. *Algoritmicheskie osnovy postroeniya komp'yuternoy modeli prognoza rasprostraneniya lesnykh pozharov* [Algorithmic bases of construction of computer model for predicting the spread of forest fires]. 2011.
7. *Rekomendatsii po obnaruzheniyu i tusheniyu lesnykh pozharov*. [Collection of organizational-administrative documents on the protection of forests from fires] Sb. organizatsionno-rasporyaditel'nykh dokumentov po ohrane lesov ot pozharov. Moscow. Rosleshoz [Federal forestry agency], 1997. pp. 119.
8. Alexandridis A. et al. A cellular automata model for forest fire spread prediction: The case of the wildfire that swept through Spetses Island in 1990. Applied Mathematics and Computation. 2008. Vol. 204. № . 1. pp. 191-201.
9. Yassemi S., Dragičević S., Schmidt M. Design and implementation of an integrated GIS-based cellular automata model to characterize forest fire behaviour. Ecological Modelling. 2008. Vol. 210. № . 1. pp. 71-84.
10. Macal C. M., North M. J. Tutorial on agent-based modeling and simulation. Proceedings of the 37th conference on Winter simulation. – Winter Simulation Conference, 2005. pp. 2-15.
11. Scott J. H., Burgan R. E. Standard fire behavior fuel models: a comprehensive set for use with Rothermel's surface fire spread model. The Bark Beetles, Fuels, and Fire Bibliography. 2005. pp. 66.

СОЗДАНИЕ ЭТАЛОННЫХ СЕРИЙ ПРИРОСТА ГОДИЧНЫХ КОЛЕЦ ХВОЙНЫХ ДЕРЕВЬЕВ В ВОЛОГОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Н.В. ЛОВЕЛИУС, проф. каф. физической географии и природопользования Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена, д-р биол. наук, канд. геогр. наук,
С.В. ЛЕЖНЕВА, асп. каф. физической географии и природопользования Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена,
С.Б. ПАЛЬЧИКОВ, доц. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,
А.В. ЧЕРАКШЕВ, магистрант каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ

dendro@mgul.ac

ФГБОУ ВПО «Российский Государственный Педагогический Университет им. А.И. Герцена»,
191186, Санкт-Петербург, набережная реки Мойки, д.48
ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Разносторонний охват проблем в исследованиях лесных экосистем можно разделить на ряд направлений, среди которых: методическое, лесохозяйственное, дендроиндикационное, дендрохронологическое, незаконные рубки, археологическое, гидрометеорологическое, астрофизическое. В последние годы активизировались работы по ряду перечисленных направлений, среди которых особое место занимает формирование баз данных по годичным кольцам деревьев из лесных районов для выявления незаконных рубок. Одним из таких районов является Вологодская область, где в августе 2012 года проведена экспедиция «Атлека – 2012». Исследования выполнялись в северо-западном районе области в труднодоступном лесном массиве, носящем название «Атлека». Это место известно также как Великий Андомский водораздел – здесь на небольшом расстоянии друг от друга берут начало три ручья, первый из которых принадлежит бассейну Атлантического океана, второй – Северного Ледовитого, а третий – бассейну внутреннего стока – Каспийскому морю. В слове «АтЛеКа» и зашифрованы их начальные буквы: Атлантический, Ледовитый, Каспийское. Целью экспедиции под названием «Атлека – 2012» было взятие ядер модельных деревьев ели и сосны для определения состояния древостоев в этом уникальном районе. Проведение здесь незаконных рубок создаёт угрозу редким и исчезающим объектам лесных, болотных и водных биотопов Вологодчины и граничащим с ней Карелии, Архангельской области. Проведенный анализ взятых и гидрометеорологических факторов позволил определить: взятые факторы имеют отношения: геомагнитная активность от 86% до 150%, солнечная активность от 48% до 130%, галактические космические лучи от 93% до 100%. Это дает основание заключить, что при высокой геомагнитной активности создаются благоприятные условия для роста ели, тогда как высокая солнечная активность и ГКЛ неблагоприятны для роста деревьев. Различия между отношениями факторов накануне и в годы больших приростов к данным в годы с малым, могут служить показателем их значимости в создании благоприятной или неблагоприятной среды для формирования аномального прироста деревьев.

Ключевые слова: дендроиндикация, серии прироста, годичный прирост, ель, сосна, база данных, лесные экосистемы, незаконные рубки

Разносторонний охват проблем в исследованиях лесных экосистем можно разделить на ряд направлений, среди которых методическое, лесохозяйственное, дендроиндикационное, дендрохронологическое, незаконные рубки, археологическое, гидрометеорологическое, астрофизическое. В последние годы активизировались работы по ряду перечисленных направлений [2–18], среди которых особое место занимает формирование баз данных по годичным кольцам деревьев из лесных районов для выявления незаконных рубок. Одним из таких районов является Вологодская область, где в августе 2012 г. проведена экспедиция «Атлека – 2012». Исследования выполнялись в северо-западном районе области в труднодоступном лесном массиве, носящем название «Атлека». Это место известно также как Великий Ан-

домский водораздел – здесь на небольшом расстоянии друг от друга берут начало три ручья, первый из которых принадлежит бассейну Атлантического океана, второй – Северного Ледовитого, а третий – бассейну внутреннего стока – Каспийскому морю. В слове «АтЛеКа» и зашифрованы их начальные буквы: Атлантический, Ледовитый, Каспийское.

Таких уникальных точек в мире всего четыре. Еще одна – в Скалистых горах в Северной Америке, где разделяются бассейны Тихого, Атлантического и Северного Ледовитого океанов. Третья – в Турции, на водоразделе Атлантического, Индийского океанов и Каспийского моря. Четвертая – в Новодугинском районе Смоленской области, где находится водораздел Черного, Балтийского и Каспийского морей.



Рис. 1. Район исследований ▲. Источник: [1]

Fig. 1. Study area ▲. Source: [1]

Целью экспедиции под названием «Атлека – 2012» было взятие кернов модельных деревьев ели и сосны для определения состояния древостоев в этом уникальном районе. Проведение здесь незаконных рубок создает угрозу редким и исчезающим объектам лесных, болотных и водных биотопов Вологодчины и граничащим с ней Карелии, Архангельской области. В верхней части картосхемы треугольником обозначен район исследований (рис. 1).

Сбор образцов проводился вместе с В. С. Вернодубенко и А. С. Пестовским – сотрудниками Вологодской региональной лаборатории СевНИИЛХ. Было заложено шесть пробных площадей. На каждой из них составлялось таксационное описание, проводился отбор кернов по два из десяти модельных деревьев наибольшего возраста.

Керны отбирались над корневой шейкой ствола с помощью бурава Пресслера по сторонам с хорошо выраженным равномерным приростом. Всего было отобрано 120 кернов. Каждый керн упаковывался в бумаж-

ный конверт с маркировкой пробной площади и модельного дерева. При таксационном описании пробной площади указывали тип леса, состав древостоя, определяли средний возраст, измеряли высоту и диаметр, выполняли перечет деревьев. Определение показателей древостоев выполнено с помощью высотомера и мерной вилки, рулетки и других инструментов. Все сведения заносили в полевой журнал. В этой публикации использованы измерения по 60 кернам (20 кернов в каждой из 3-х пробных площадей).

Обработка собранных материалов выполнена в Научно-образовательном экспертно-аналитическом Центре исследования древесных растений Московского государственного университета леса (г. Мытищи).

Перед измерением все керны проходили предварительную подготовку. Каждый керн приклеивался на деревянную подложку, поверхность керна, зачищалась ножом для резки бумаги (со сменными лезвиями) или хирургическим скальпелем. Для увеличения контрастности между ранним и поздним при-

Прирост годичных колец (мм) ели в ельнике кисличнике (ПП 1 – 2012)

Growth of annual rings (mm) in the spruce fir grove (PP 1 - 2012)

	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
1		2,44	1,68	3,43	2,63	1,63	1,54	1,54	1,07	1,42
2		2,41	2,30	3,45	3,72	1,48	1,96	1,29	1,40	1,28
3		2,44	2,50	3,34	2,91	1,07	2,14	1,34	1,22	
4		3,02	2,74	3,26	2,80	1,43	1,87	1,56	1,46	
5		2,67	2,87	3,24	2,60	1,97	1,53	1,04	1,57	
6		2,07	3,00	2,80	2,89	1,94	1,63	1,28	1,59	
7		2,24	3,74	2,82	2,29	1,48	1,53	1,08	1,45	
8		2,59	3,31	2,55	1,86	1,30	1,60	0,76	1,71	
9	2,18	2,30	3,66	3,66	2,06	1,43	1,41	0,92	1,67	
10	2,49	2,41	3,56	3,07	2,09	1,34	1,53	0,86	1,74	

Прирост годичных колец сосны (мм) в сосняке черничнике (ПП 4 – 2012)

Growth of annual rings of pine (mm) in the pine myrtillus (PP 4 - 2012)

	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
1		3,32	3,24	3,52	2,33	1,56	1,73	0,96	1,08	0,72
2		3,08	3,22	3,27	2,49	1,18	1,36	0,78	1,01	0,81
3	3,21	3,43	4,60	3,40	2,61	1,26	1,51	0,76	0,82	
4	4,17	3,92	4,11	3,71	2,30	1,78	1,65	0,90	0,94	
5	3,38	3,34	4,27	3,16	1,89	1,53	1,29	0,87	1,06	
6	3,04	2,89	3,34	2,61	2,03	1,72	1,27	0,85	0,80	
7	2,57	3,48	3,52	3,40	1,97	1,52	1,29	0,83	0,94	
8	2,22	3,83	3,14	2,90	1,59	1,55	1,48	0,83	1,00	
9	2,52	2,95	3,48	2,81	1,34	1,72	1,16	0,70	1,11	
10	2,94	3,38	3,87	2,83	1,86	1,54	1,22	1,01	0,99	

ростом годичного кольца использовался мел. Перед проведением измерений для контроля кольцо каждого десятилетия (2010, 2000, 1990, 1980 гг. и т. д.) отмечалось.

Измерения кернов проводили на установке LINTAB, которая представляет собой комплекс, предназначенный для измерения величин прироста годичных колец полуавтоматическим способом и последующего их статистического и графического анализа. Полуавтоматический комплекс состоит из бинокулярного микроскопа,двигающегося столика, обеспечивающего линейное перемещение образца с точностью 0,01 мм и приспособления, преобразующего электронный сигнал в цифровой для компьютера со специальным программным обеспечением [12].

LINTAB прошел сертификацию в Федеральном агентстве по техническому регулированию и метрологии; по результатам испытаний был зарегистрирован в Государс-

твенном реестре средств измерений и допущен к применению на территории Российской Федерации [14]. К этому прибору прилагается компьютерная программа TSAPWin, которая позволяет вводить данные измерений в компьютер, исправлять и анализировать полученные данные, представлять их в табличной и графической форме. Для контроля правильности измерений серию каждого керна перекрестно датировали в программе TSAPWin со средней групповой хронологией. В случае низкого уровня синхронности, диагностируемого программой TSAPWin, керна поступал на повторное измерение.

Измерения кернов ели и сосны выполнены для 3-х пробных площадей (табл. 1 – 3), являются основой создания базы данных по району исследований, которая может быть эталонной для выявления неконтролируемых рубок, а также дает возможность определить систему факторов среды, определяющих

Прирост годичных колец ели (мм) в ельнике черничнике (ПП 5 – 2012)
Growth of annual rings spruce (mm) myrtillus spruce (PP 5 - 2012)

1900	1910	1920	1930	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
	2,47	2,33	2,53	1,21	1,36	1,13	0,88	1,04	1,28	0,89	0,95
	1,73	2,35	2,29	1,55	1,26	1,29	0,84	1,04	1,03	0,95	0,77
	1,83	2,00	1,89	1,73	1,30	1,27	0,71	1,26	1,27	0,93	
0,75	1,38	2,49	2,01	1,49	1,46	1,17	0,85	1,34	1,38	1,00	
0,83	2,08	1,86	1,93	1,57	1,28	1,31	0,92	1,19	1,03	0,97	
0,88	2,56	1,95	1,87	1,37	1,25	1,35	0,90	1,35	1,18	1,04	
1,08	1,98	2,13	1,80	1,45	1,20	1,17	0,84	1,47	1,00	0,98	
1,29	1,73	1,68	1,91	1,56	0,88	0,96	0,86	1,40	0,70	1,20	
1,89	2,18	1,90	1,60	1,46	1,33	1,05	0,99	1,21	0,92	1,23	
1,85	1,79	2,11	1,53	1,39	1,22	1,03	0,88	1,21	0,78	1,36	

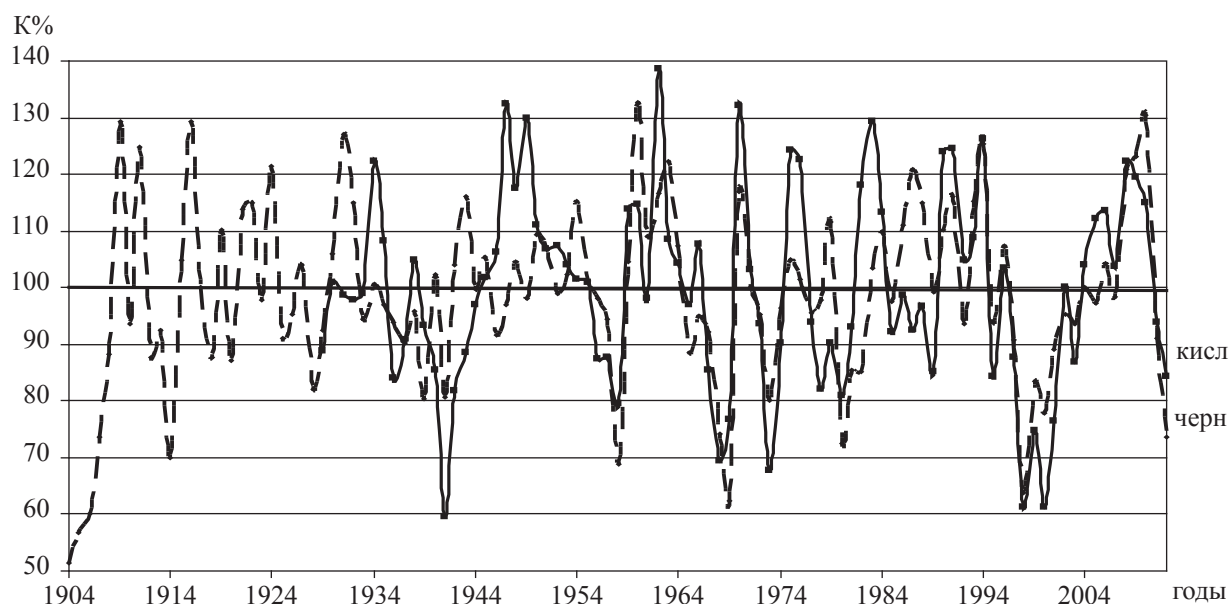


Рис. 2. Дендрограмма индексов прироста ели, произрастающей в кисличнике (сплошная линия) и черничнике (пунктирная) (ПП 1, ПП 5 – 2012)

Fig. 2 Dendrogram index growth spruce growing in grove (solid line) and myrtillus (dashed) (PP 1, PP 5 - 2012)

межгодовую и внутривековую изменчивость прироста деревьев в районе исследований.

Для приведения измерений обобщенных серий измерений (мм) по каждой пробной площади к сопоставимому виду и нивелирования «кривой большого роста», присущей всем биологическим системам, проводилось нормирование измерений от 10-летней календарной нормы. По данным нормированных приростов годичных колец (индексов) выполнены дендрограммы (рис. 2, 3).

Серия годичных колец в ельнике черничнике имеет большую продолжительность (1904–2012 гг.), чем в ельнике кисличнике (1929–2012 гг.). На рис. 2 отчетливо просле-

живается согласованный ход индексов прироста ели в кисличнике и черничнике с колебаниями в диапазоне от 60 до 140 %, в таком же диапазоне изменяется прирост сосны (рис. 3).

Для определения параллельности изменения прироста ели и сосны рассчитаны коэффициенты корреляции. В одинаковых условиях произрастания в черничнике сосна и ель имеют высокий коэффициент корреляции 0,68. В разных лесорастительных условиях одна порода показывает меньшую согласованность в многолетнем ходе прироста годичных колец ($r = 0,51$). Коэффициент корреляции абсолютных значений в ельнике

Годы аномальных приростов с отклонениями одного знака на пробных площадях
Years of abnormal growths with disabilities have the same sign on the test areas

Тип леса	Ельник черничный (ПП 5)	Сосняк кисличный (ПП 4)	Ельник кисличный (ПП 1)	Тип леса	Ельник черничный (ПП 5)	Сосняк кисличный (ПП 4)	Ельник кисличный (ПП 1)
Годы минимумов				Годы максимумов			
1929	92,60	82,61	88,84	1950	109,2	118,38	110,91
1939	80,31	89,01	93,27	1951	107,14	107,86	106,73
1941	80,78	89,32	59,52	1960	132,56	132,56	114,56
1958	68,97	88,84	79,52	1962	116,64	116,64	138,71
1968	74,19	74,19	69,33	1963	122,25	122,25	108,47
1969	62,45	62,45	76,63	1970	117,01	118,74	132,17
1973	79,97	80,42	67,79	1984	110,02	113,23	113,23
1980	72,57	80,91	80,91	1990	110,29	140,56	123,94
1999	83,45	80,95	74,68	1991	116,02	109,99	124,57
2003	93,69	84,12	86,93	2009	123,19	113,72	119,36
2012	73,74	88,15	84,45	2010	130,49	108,06	114,92
Среднее	78,4	81,9	78,4	среднее	117,7	118,4	118,9

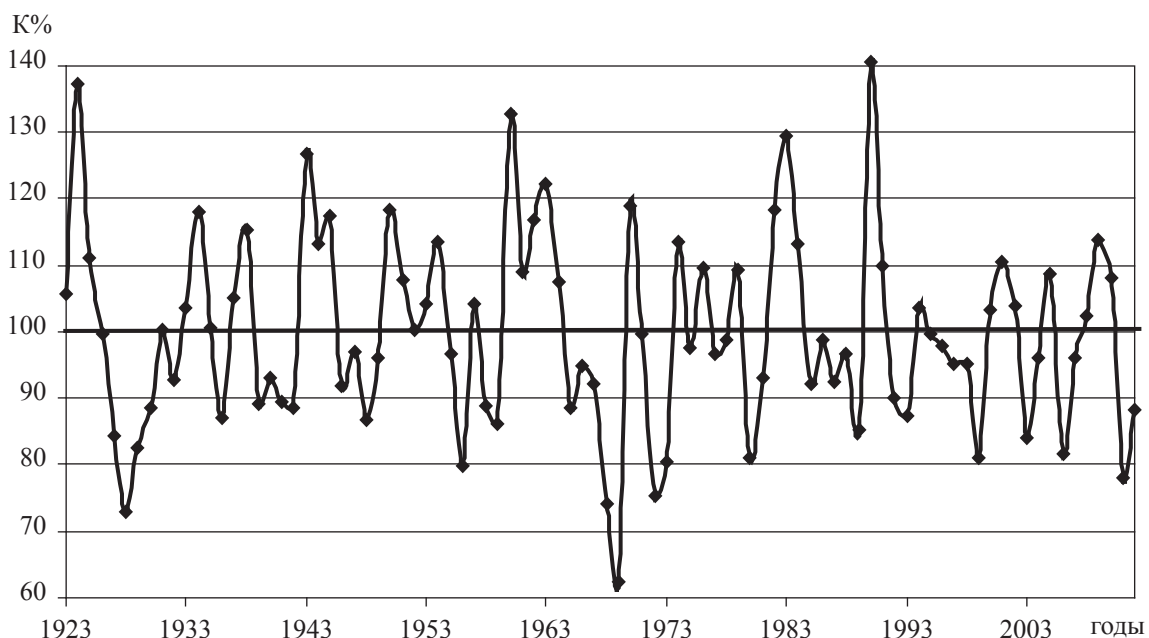


Рис. 3. Дендрограмма индексов прироста сосны, произрастающей в сосняке черничнике (ПП 4 – 2012)
 Fig. 3 Dendrogram indices of growth of pine in the pine myrtillus (PO 4 - 2012)

кисличнике и сосняке черничнике ($r = 0,82$) и ельнике черничнике и сосняке черничнике ($r = 0,68$) выше, чем на этих же пробных площадях в индексах ($r = 0,50$ и $r = 0,54$).

Серии годовых колец использованы нами для определения влияния локальных, региональных и глобальных факторов среды, влияющих на межгодовую и внутривековую изменчивость роста деревьев.

Для определения факторов среды, определяющих согласование изменений прироста, выделены даты с одинаковыми

положительными или отрицательными отклонениями на всех пробных площадях. За исследуемый период положительных аномалий оказалось 20, отрицательных – 25. После увеличения критерия жесткости отбора дат до $>105\%$ и $<93,7\%$ они составили две группы по 11 дат (табл. 4). Для них проведены выборки средних месячных значений факторов среды и выполнен подсчет среднего значения фактора за годы максимумов и минимумов. По нашему мнению, наиболее полное представление о значении факторов можно полу-

Т а б л и ц а 5 а

Средние месячные значения региональных факторов среды накануне аномально большого (max) и малого (min) прироста
Average monthly values of the regional environmental factors on the eve of the anomalously large (max) and small (min) growth

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температуры воздуха (°C)												
Max	-8,5	-7,6	-3,3	2,7	9,2	13,8	16,3	14,7	9,6	4,1	-2	-6,7
Min	-12,3	-8,8	-4,8	1,3	9,2	14	17,2	15,8	9,9	3,2	-2,1	-7
Осадки (мм)												
Max	44,6	35,5	32	31,2	41,5	65,5	92,3	86	79,5	79,1	56,9	53,8
Min	33,1	34,1	25,6	38	51,1	76,4	63,1	71,8	70,3	78	55,3	44,5

Т а б л и ц а 5 б

Средние месячные значения глобальных факторов среды в годы аномально большого (max) и малого (min) прироста

Average monthly values of global environmental factors during the anomalously large (max) and small (min) growth

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Температуры воздуха (°C)												
Max	-10,3	-10,1	-5,5	3,7	9	13,3	16,8	14,5	9,6	3,7	-2,5	-6,2
min	-12,1	-11	-5,1	1,5	8,4	14,8	16,9	15	8,8	3,3	-2,9	-8,4
Осадки (мм)												
Max	40,8	25,8	31	35,5	50,8	70,3	91,5	74,2	75,6	60,1	56,6	45,5
min	39,4	28,6	25,2	34,4	51	39,8	47,3	78,8	61,9	82,3	52,1	54,5

читать через их анализ за два года: накануне дат аномалий и в годы аномалий. Результаты средних значений выборок представлены в табл. 5 и 6. Факторы разделены на две группы: 1) региональные – температура, осадки. 2) глобальные – солнечная и геомагнитная активность, галактические космические лучи, циркуляция атмосферы по типизации Б.Л. Дзердзиевского [4].

Кроме того, был выполнен расчет отношений средних месячных значений факторов за каждый из 24-х месяцев. На наш взгляд, отношение факторов накануне и в годы больших приростов к данным в годы с малым может служить показателем их значимости в формировании аномального прироста. Результаты расчета отношений факторов среды в годы аномально больших приростов к данным в годы малых приведены на рис. 5–7.

Отношения факторов среды внеземного происхождения представлены на рис. 4. Амплитуда колебания у солнечной активности составляет 82 % (от 48 до 130). Изменения геомагнитной активности – 64 % (от 86 до

150). Отношение галактических космических лучей наиболее стабильное и меняется в пределах 93–100 %. Анализ глобальных (космических) факторов показал, что накануне и в годы аномалий разница галактических космических лучей незначительна. Различия между отношениями солнечной активности и геомагнитной активности в год, предшествующий аномалии, незначительны, а в год аномального прироста существенны. Большие амплитуды отношений средних месячных значений в годы максимальных приростов к минимальным создают среду для благоприятного роста деревьев. Благоприятные условия для аномально больших приростов формируются при пониженных значениях солнечной активности и повышенных – геомагнитной активности.

Анализ изменений региональных факторов (рис. 5) дает возможность показать, что в годы, накануне и в годы аномалий температура воздуха изменяется от 70 % до 240 %. В год предшествующий аномалии наблюдается повышенное значение отношения температур в апреле, а осадков в июле, так же как и в год

Т а б л и ц а 6 а

Средние месячные значения глобальных факторов среды накануне аномально большого (max) и малого (min) прироста
Average monthly values of global environmental factors on the eve of the anomalously large (max) and small (min) growth

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Солнечная активность (W)												
Max	118,2	109,2	114	109,8	107,6	110,2	101,2	113,9	100	93,1	90,3	87,4
min	92,9	89,3	92,5	84	96	99,4	103,8	103,3	106,6	101,7	98,2	102,2
Галактические космические лучи (ГЭВ)												
Max	8445	8440	8438	8415	8291	8316	8299	8329	8388	8447	8497	8521
min	8955	8986	8981	8926	8887	8811	8856	8686	8790	8835	8765	8799
Геомагнитная активность (aa)												
Max	23,6	28	29,7	26,5	23,6	20,7	22,5	24,6	25,8	28,2	25,3	22,3
min	23,1	20,7	23	21	21,7	20,6	18,3	20,9	25,2	21,7	21,6	20,4
Меридиональная северная группа циркуляции (дни)												
Max	18,9	14,4	18,4	16,6	19,4	13,6	13,4	14,7	16,9	18,2	16,7	19,4
min	16,8	18,5	17,5	18,3	15,6	11	9,3	11,8	13,9	16,2	18,4	17,9
Меридиональная южная группа циркуляции (дни)												
Max	4	7,2	4,7	4,1	2,8	6,3	8,7	4,6	5,2	5,3	3,8	5
min	3,3	3,3	1,7	3,3	3,3	4,6	5,5	5,6	4,7	4	1,8	4,9
Зональная группа циркуляции (дни)												
Max	0,9	0,4	2,2	1,6	3,1	2,1	2,9	3,1	3	1,6	3,7	2,2
min	1,8	0,4	2	1,4	1,8	6,2	5,2	5,3	1,7	3	4,1	1,5
Группа нарушения зональности (дни)												
Max	7	5,3	5,6	7,8	5,4	8	5,9	8,3	4,6	5,9	5,6	4,1
min	8,1	6	8,9	6,7	9,4	8,2	10,3	8,2	8,7	7	5,5	6,3

Т а б л и ц а 6 б

Средние месячные значения глобальных факторов среды в годы аномально большого (max) и малого (min) прироста
Average monthly values of global environmental factors during the anomalously large (max) and small (min) growth

Месяцы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Солнечная активность (W)												
Max	94,6	94,1	88,8	95,9	97,6	88,9	87,4	92,2	79,7	73,2	66,9	66,4
min	95,2	92,2	90,8	93,9	101,2	102,5	94,4	98,1	98,4	97,4	93,9	98,7
Галактические космические лучи (ГЭВ)												
Max	8725	8745	8713	8654	8600	8539	8586	8658	8713	8760	8779	8853
min	8923	8937	8918	8893	8838	8829	8838	8830	8884	8834	8800	8842
Геомагнитная активность (aa)												
Max	20,3	23	26,2	29,5	23,2	25,7	25,1	27,9	30,9	32,2	29,2	23,4
min	19,5	26,5	27,4	24,9	21,5	21,4	21,9	18,7	21,9	22,7	20,3	19,5
Меридиональная северная группа циркуляции (дни)												
Max	19,9	15,6	19,2	17,8	15,7	10	11	11,6	14,7	16,8	15,2	15,8
min	20,1	18	20	19	18,6	12,3	9	12	15,2	17	16,7	18,9
Меридиональная южная группа циркуляции (дни)												
Max	2,6	6,3	4,3	4,7	5,8	9,4	8,7	9	6,1	5,1	3,3	6,1
min	4,7	3,9	3,9	2,9	1,3	6	4,8	5,3	6,2	3,6	2,2	4,4
Зональная группа циркуляции (дни)												
Max	0,8	0,4	2,1	2,1	2,5	3,6	4,8	3,6	2,1	2,5	2,4	1,9
min	0,5	0,1	1	2	1,7	4,1	3	3,1	0,9	2,7	3	1,6
Группа нарушения зональности (дни)												
Max	7,1	5,2	5,1	4,3	7	5,7	6,1	7,7	5,9	6,1	7,8	5,7
min	10,9	10,4	11,3	9	14,4	15,2	19,5	15,2	12,5	12,8	10,8	8,8

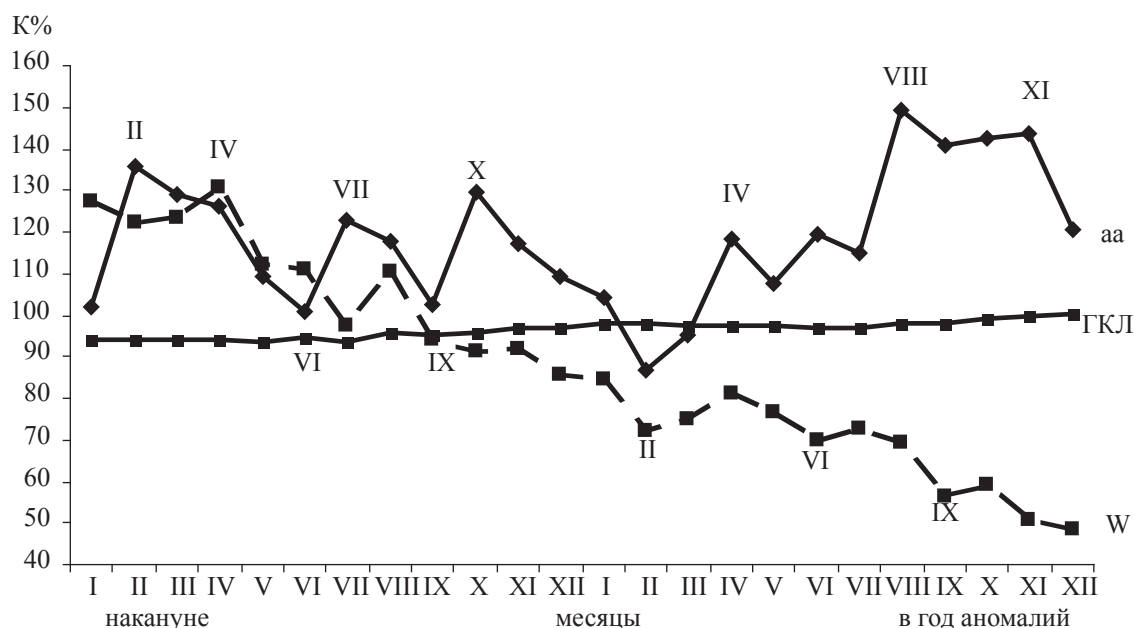


Рис. 4. Отношения внеземных факторов в годы максимального прироста к данным в годы минимального (aa – геомагнитная активность, W – солнечная активность, ГКЛ – галактические космические лучи)

Fig. 4. Relationship extraterrestrial factors in years of maximum growth data during the minimum (aa - geomagnetic activity, W - solar activity, galactic cosmic rays - galactic cosmic rays)

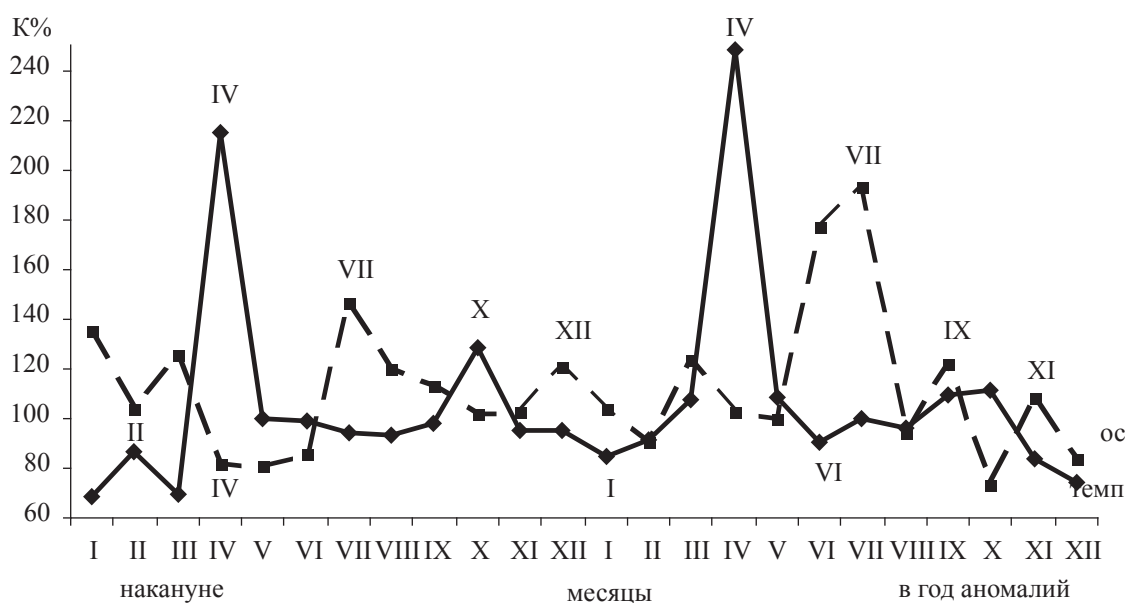


Рис. 5. Отношение температуры (сплошная линия) и осадков (пунктирная) в годы максимального прироста к данным в годы и минимального

Fig. 5. The ratio of temperature (solid line) and precipitation (dashed) in the years of maximum growth data in the years and the minimum

аномальных приростов. Кривые отношений осадков и температур за каждый год идентичны друг другу. Из этого можно сделать вывод о меньшем влиянии региональных факторов на прирост ели и сосны.

Меридиональная южная группа элементарных циркуляционных механизмов

(ЭЦМ) имеет значительно большие амплитуды различий в годы противоположных аномалий прироста ели и изменяется от 50 % до 450 %, а меридиональная северная имеет колебания от 80 % до 140 % (рис. 6). За 24 месяца меридиональная северная циркуляция имеет стабильный ход, в то время как мериди-

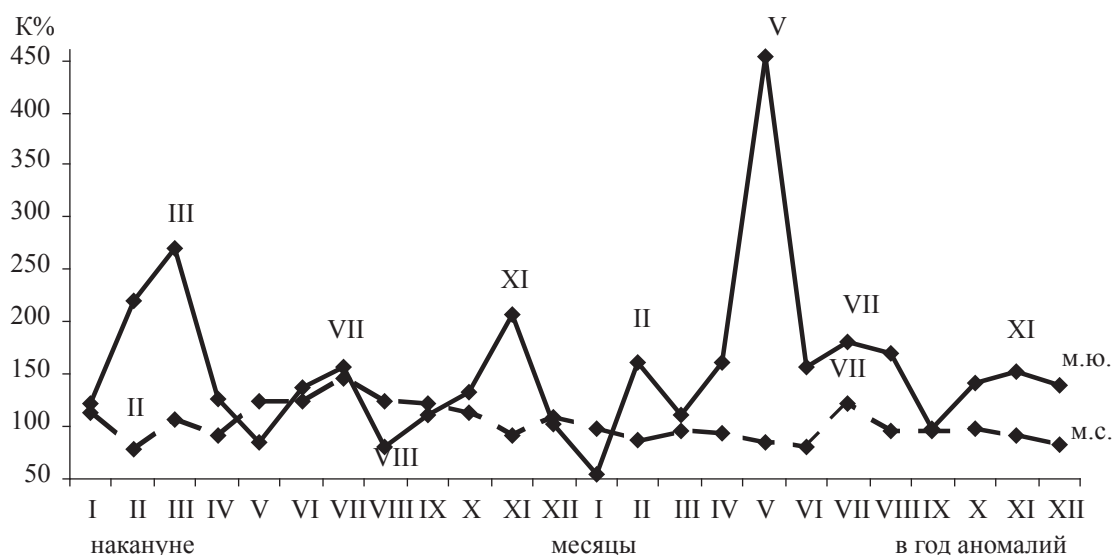


Рис. 6. Отношение количества дней в годы больших приростов к данным в годы с малым группы ЭЦМ меридиональной северной (пунктирная) и группы ЭЦМ меридиональной южной (сплошная) циркуляции атмосферы

Fig. 6. The ratio of the number of days during a big boost to the data in the years with a small group of ECM northern meridional (dashed) and a group of ECM southern meridional (solid) atmospheric circulation

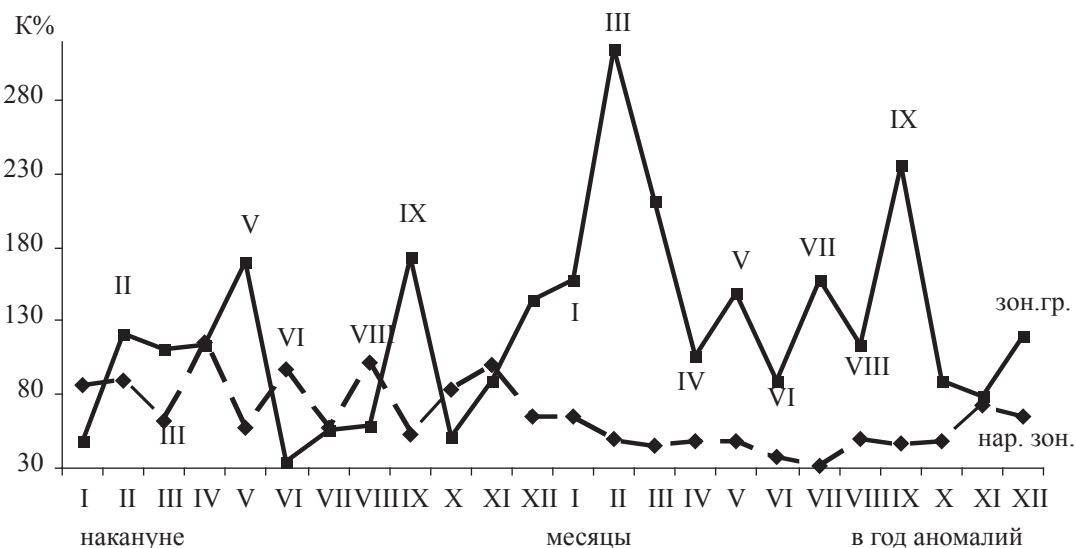


Рис. 7. Отношение количества дней с зональной циркуляцией атмосферы (сплошная.) и группы нарушения зональности (пунктирная)

Fig. 7. The ratio of the number of days from the zonal circulation of the atmosphere (the solid.) And a group of zoning violations (dotted)

диональная южная в годы аномалий преобладает, доходя до 450 %.

Зональная циркуляция имеет наибольший диапазон колебаний (от 30 % до 315 %), тогда как нарушение зональности таких выраженных колебаний не имеет и изменяется от 30 % до 115 % (рис. 7). В годы аномальных приростов зональная группа циркуляции значительнее, чем группа нарушения зональности, которая слабо проявляется в годы больших и малых приростов.

Проведенный анализ вземных и гидрометеорологических факторов позволил определить: вземные факторы имеют отношения: геомагнитная активность от 86 % до 150 %, солнечная активность от 48 % до 130 %, галактические космические лучи от 93 % до 100 %. Это дает основание заключить, что при высокой геомагнитной активности создаются благоприятные условия для роста ели, тогда как высокая солнечная активность и ГКЛ неблагоприятны для роста деревьев.

Отношение факторов среды в годы больших приростов деревьев к данным в годы с малым в годовом исчислении накануне и в годы аномалий, %
The ratio of environmental factors during the big tree growth data during the low annualized before and during the anomaly %

Время	°С	W / aa	ГэВ	Осадки
Накануне	119	108/117	95	109
в год аномалий	124	89/119	98	111
Δ	5	-19/ 2	3	2
Время	меридиональная северная	меридиональная южная	зональная	нарушение зональности
Накануне	108	134	78	79
в год аномалий	94	145	121	49
Δ	-14	11	43	-30

Среди четырех групп атмосферной циркуляции в северном полушарии по типизации Б.Л. Дзердзеевского [4] наибольшими амплитудами различий отличается зональная группа ЭЦМ и меридиональная южная. Это дает основание говорить об их высокой значимости в формировании условий благоприятных и неблагоприятных для роста ели в районе исследований.

Доказательством целесообразности анализа факторов среды являются расчеты их отношений в годовом исчислении накануне и в годы аномалий, приведенные в табл. 7, из которой следует, что из 9 параметров факторов среды в годы аномалий в 6-ти их значения больше, чем накануне. Среди них особое место занимают зональная и меридиональная циркуляция атмосферы, имеющие превышение над их характеристиками накануне на 43 и 11 % соответственно. Становится очевидным наличие значительно больших различий факторов среды в отдельные месяцы при их внутригодовом распределении (табл. 5–6).

Различия между отношениями факторов накануне и в годы больших приростов к данным в годы с малым могут служить показателем их значимости в создании благоприятной или неблагоприятной среды для формирования аномального прироста деревьев.

Выполняемые исследования поддерживаются Советом по сохранению природного наследия нации в Совете Федерации,

Московским государственным университетом леса и Некоммерческим партнерством стратегический альянс «Здоровый лес».

БЛАГОДАРНОСТИ

Благодарим председателя ВРО РГО, к.г.н. Надежду Камельевну Максотову за организацию экспедиции, заведующего Вологодской региональной лабораторией СевНИИЛХ, д. с-х. н. Николая Андреевича Дружинина, сотрудников лаборатории, к. с-х. н. Владимира Сергеевича Вернодубенко, к. с-х. н. Александра Сергеевича Пестовского, за участие в совместных сборах и обработке полевого материала.

Библиографический список

1. Атлас Вологодской области/ под. ред. Скупиновой Е.А.. – СПб.:ФГУП Аэрогеодезия. – Череповец: ООО Порт-Апрель. 2007. – С. 40.
2. Вернодубенко, В.С. Динамика хвойных древостоев на торфяных почвах европейского севера: дис. ... канд. с-х наук / В.С. Вернодубенко. – Архангельск, 2011.
3. Дендрохронологическая информация в системе контроля оборота древесины. – НПСА «Здоровый лес». – 2012.
4. Кононова, Н.К. Классификация циркуляционных механизмов северного полушария по типизации Б.Л. Дзердзеевского. – М., 2009. – 372 с.
5. Крылов, А.М. Возможности использования дендрохронологической информации при идентификации страт территорий лесозащитных районов / А.М. Крылов, Д.Е. Румянцев // Дендро 2012: Перспективы применения древесно-кольцевой информации для целей охраны, воспроизводства

- и рационального использования древесной растительности. 7–10 ноября 2012 г. Матер. Международной конференции. – М.: МГУЛ, 2013. – С. 39–41
6. Липаткин, В.А. Итоги и перспективы разработки технологии идентификации места происхождения древесины на основе дендрохронологической информации / В.А. Липаткин, С.Б. Пальчиков, Д.Е. Румянцев, А.М. Крылов и др. // Дендро 2012: Перспективы применения древесно-кольцевой информации для целей охраны, воспроизводства и рационального использования древесной растительности. 7–10 ноября 2012 г. Матер. Международной конференции. – М.: МГУЛ, 2013. – С. 47–49
 7. Липаткин, В.А. Влияние климатических факторов на прирост ели европейской в разных частях ареала / В.А. Липаткин, Д.Е. Румянцев // Дендрохронологическая информация в лесоводственных исследованиях. – М.: МГУЛ. 2007. – С. 101–113.
 8. Ловелиус, Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных явлений / Н.В. Ловелиус. – Л.: Наука, 1979. – 231 с.
 9. Ловелиус, Н.В. Дендроиндикация [Dendroindication]. – СПб: ПАНИ, 2000. – 313 с. (на русском и английском языке).
 10. Lovelius, N.V. Dendroindication of Natural Processes. St. Petersburg: "World & Family-95". 1977. 320 p.
 11. Матвеев, С.М. Дендроиндикация динамики состояния основных насаждений Центральной лесостепи / С.М. Матвеев. – Воронеж: ВГУ. 2003. – 269 с.
 12. Методы исследования регистрирующих структур. Лабораторный практикум для студентов направления 020200 «Биология» Сибирский федеральный университет. – Красноярск. 2007. – С. 30
 13. Методы дендрохронологии. Ч. I. Сбор и получение древесно-кольцевой информации : уч.-метод. пособие / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов и др. – Красноярск : КрасГУ, 2000. – 80 с.
 14. Пальчиков, С.Б. Современное оборудование для дендрохронологических исследований / С.Б. Пальчиков, Румянцев Д.Е. // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – № 3 (72). – 2010. – С. 46–51.
 15. Пальчиков, С.Б. Оценка возраста деревьев-памятников живой природы / С.Б. Пальчиков, И.А. Гераськин, Д.Е. Румянцев // Дендро 2012: Перспективы применения древесно-кольцевой информации для целей охраны, воспроизводства и рационального использования древесной растительности. 7–10 ноября 2012 г. Матер. Международной конференции – М.: МГУЛ, 2013. – С. 58–60.
 16. Румянцев, Д.Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии / Д.Е. Румянцев. – М.: МГУЛ. – 2010. – 109 с.
 17. Синькевич, С.М. Дендрохронология в судебной экспертизе ограничения и перспективы / С.М. Синькевич // Дендро 2012: перспективы применения древесно-кольцевой информации для целей охраны, воспроизводства и рационального использования древесной растительности. 7–10 ноября 2012 г. Матер. Международной конференции – М.: МГУЛ, 2013. – С. 70–72
 18. Тишин, Д.В. Дендрозология (методика древесно-кольцевого анализа) / Д.В. Тишин. – Казанский университет, 2011. – 33 с.

CREATION OF STANDARD SERIES OF ANNUAL RINGS GROWTH OF CONIFEROUS REES IN VOLOGDA REGION

Lovelius N.V., prof. Department. Physical Geography and Environmental Sciences, Russian State Pedagogical University. AI Herzen, Dr. biol. Sciences, PhD. geogr. Science; **Lezhneva S.V.**, pg. Department. Physical Geography and Environmental Sciences, Russian State Pedagogical University. AI Herzen; **Palchikov S.B.**, Assoc. Department. forest management and forest protection MGUL, PhD. agricultural Science; **Cherakshev A.V.**, undergraduate Univ. Botany and Plant Physiology MGUL

dendro@mgul.ac

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischy, Moscow reg., Russia, Herzen State Pedagogical University of Russia, 6 Kazanskaya (Plekhanova) st. 191186, St. Petersburg Russia, Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischy, Moscow reg., Russia

Many-sided coverage of issues in the forest ecosystems study can be divided into a number of areas, such as methodological, forestry, dendroindicational, dendrochronological, illegal logging, archaeological, hydrometeorological, astrofiscio. Over the last years works on a number of the above mentioned areas were intensified, among which database creation in accordance to trees annual rings from the forest areas for illegal logging detection occupies a specific place. One of such areas is Vologda region, where in August 2012 "Atleca-2012" expedition was conducted. The research was conducted in the North-Western area of the region in remote forest called "Atleca". This place is also known as the Great Andomsky watershed divide - three streams at a small distance from each other head here, the first of which belongs to the basin of the Atlantic ocean, the second to the Arctic ocean, and the third to the internal-drainage basin - Caspian sea. In the word "Atleca" their initial letters are encrypted (in the Russian language). The aim of "Atleca-2012" expedition was taking cores of model trees of spruce and pine in order to determine the condition of the forest stands in this unique area. Illegal logging here poses a threat to rare and endangered objects of forest, boggy and aquatic habitats of Vologda region and the adjacent region of Karelia, Arkhangelsk region. The analysis of extraterrestrial and hydrometeorological factors helped to determine: extraterrestrial factors are rele-

vant to: geomagnetic activity from 86% to 150%, solar activity from 48% to 130%, galactic cosmic rays from 93% to 100%. This gives grounds to make a conclusion that high geomagnetic activity creates favorable conditions for the growth of spruce, while high solar activity and GCR are unfavorable for the growth of trees. Differences between factors relationship before and during the years of big growths to the data in years with low growth, can serve as an indicator of their importance in creating a favorable or unfavorable environment for the formation of abnormal growth of trees.

Key words: dendroindication, growthseries, annual growth, ель, сосна, database, forest ecosystems, illegal loggings

References

1. *Atlas Vologodskoy oblasti, pod. red. Skupinoy E.A.* [Atlas of the Vologda region]. SP-b.:FGUP Aerogeodeziya, Cherepovec: OOO Port-Aprel'. 2007. 40 p.
2. Vernodubenko V.S. *Dinamika khvoynykh drevostoev na torfyanykh pochvakh evropeyskogo severa: dis. ... kand. s-kh nauk. Arkhangel'sk* [Dynamics of coniferous stands on peat soils of the European North. The dissertation of the candidate of agricultural Sciences. Arkhangel'sk]. 2011.
3. *Dendrokronologicheskaya informatsiya v sisteme kontrolya oborota drevesiny. NPSA «Zdorovyy les»* [Dendrochronological information control system in timber trade. NPSA «Healthy forest»] 2012.
4. Kononova N.K. *Klassifikatsiya tsirkulyatsionnykh mekhanizmov severnogo polushariya po tipizatsii B.L. Dzerdzeevskogo* [Classification of the circulation mechanisms of the Northern hemisphere by typing B. L. Dzerdzeevski]. Moscow, 2009. 372 p.
5. Krylov A.M., Rumjancev D.E. *Vozmozhnosti ispol'zovaniya dendrokronologicheskoy informatsii pri identifikatsii strat territoriy lesozashchitnykh rayonov* [The possibility of using dendrochronological information in identifying strata areas of forest protection areas]. Dendro 2012: prospects of application of tree-ring information for the purposes of protection, reproduction and rational use of woody vegetation. 7-10 November 2012: materials of the International conference. Moscow, MSFU, 2013. pp. 39-41.
6. Lipatkin V.A., Pal'chikov S.B., Rumjancev D.E., Krylov A.M., Zhavoronkov Ju.M., Utkina E.S., Epishkov A.A., Dostavalov E.A., Cherakshv A.V., Vladimirova D.V. *Itogi i perspektivy razrabotki tekhnologii identifikatsii mesta proiskhozhdeniya drevesiny na osnove dendrokronologicheskoy informatsii* [Results and prospects of development of technology of identification of the place of origin of wood based on tree-ring data]. Dendro 2012: prospects of application of tree-ring information for the purposes of protection, reproduction and rational use of woody vegetation. 7-10 November 2012: materials of the International conference. Moscow, MSFU, 2013. pp. 47-49
7. Lipatkin V.A., Rummyantsev D.E. *Vliyaniye klimaticheskikh faktorov na prirost eli evropeyskoy v raznykh chastyakh areala* [The influence of climatic factors on the growth of Norway spruce in different parts of the area. Dendrochronological information of forestry research] *Dendrokronologicheskaya informatsiya v lesovodstvennykh issledovaniyakh*. Moscow, MSFU, 2007. pp. 101–113.
8. Lovelius N.V. *Izmenchivost' prirosta derev'ev. Dendroindikatsiya prirodnykh protsessov i antropogennykh yavleniy* [The variability of growth of trees. Dendroindication of natural processes and anthropogenic phenomena]. Leningrad, Nauka (Science), pp. 1979.–231.
9. Lovelius N.V. *Dendroindikatsiya. Dendroindication*. SPb: PANI. 2000, 313 p.
10. Lovelius N.V. *Dendroindication of Natural Processes*. St. Petersburg: "World & Family-95". 1977. 320 p.
11. Matveev S.M. *Dendroindikatsiya dinamiki sostoyaniya sosnovykh nasazhdeniy Tsentral'noy lesostepi* [Dendroindication of the situation in pine plantations in the Central forest-steppe. Voronezh]. Voronezh, VGU. 2003. 269p.
12. *Metody issledovaniya registriruyushchikh struktur*. [Research methods of the registering bodies. Laboratory practical work for students of areas 020200 Biology of the Siberian Federal University]. Krasnoyarsk, 2007. 30 p.
13. Shiyatov S.G., Vaganov E.A., Kiryanov A.V. i dr. *Metody dendrokronologii. Ch. I. Sbor i poluchenie drevesno-kol'tsevoy informatsii* [Methods of dendrochronology. Part I. the Collection and receipt of tree-ring data: academic-method. manual]. Krasnoyarsk. KrasGU, 2000. 80 p.
14. Pal'chikov S.B., Rummyantsev D.E. *Sovremennoye oborudovaniye dlya dendrokronologicheskikh issledovaniy* [Modern equipment for tree-ring research]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik № 3 (72). Moscow, MSFU. 2010. pp. 46-51.
15. Pal'chikov S. B., Geras'kin I.A., Rummyantsev D.E. *Otsenka vozrasta derev'ev-pamyatnikov zhivoy prirody* [Assessment of the age of trees-monuments of nature. Dendro 2012: prospects of application of tree-ring information for the purposes of protection, reproduction and rational use of woody vegetation. 7-10 November 2012: materials of the International conference] *Dendro 2012: Perspektivy primeneniya drevesno-kol'tsevoy informatsii dlya tseley okhrany, vosproizvodstva i ratsional'nogo ispol'zovaniya drevesnoy rastitel'nosti*. 7–10 noyabrya 2012 g. Mater. mezhdunarodnoy konferentsii. Moscow, MSFU, 2013. pp. 58-60
16. Rummyantsev D.E. *Istoriya i metodologiya lesovodstvennoy dendrokronologii* [History and methodology of forestry of dendrochronology]. Moscow, MSFU. 2010. 109 p.
17. Sin'kevich S.M. *Dendrokronologiya v sudebnoy ekspertize ogranicheniya i perspektivy* [The dendrochronology forensics constraints and prospects. Dendro 2012: prospects of application of tree-ring information for the purposes of protection, reproduction and rational use of woody vegetation. 7-10 November 2012: materials of the International conference]. *Dendro 2012: perspektivy primeneniya drevesno-kol'tsevoy informatsii dlya tseley okhrany, vosproizvodstva i ratsional'nogo ispol'zovaniya drevesnoy rastitel'nosti*. 7–10 noyabrya 2012 g. Mater. Mezhdunarodnoy konferentsii. Moscow, MSFU, 2013. pp.70-72.
18. Tishin D. V. *Dendroekologiya (metodika drevesno-kol'tsevoy analiza)* [Dendroecology (methodology of tree-ring analysis)]. Kazanskiy universitet, 2011. 33 p.

ЦИКЛИЧНОСТЬ В ДИНАМИКЕ РАДИАЛЬНОГО ПРИРОСТА ЕСТЕСТВЕННЫХ И ИСКУССТВЕННЫХ СОСНОВЫХ ДРЕВОСТОЕВ В БОРАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЛЕСОСТЕПИ

С.М. МАТВЕЕВ, проф., зав. кафедрой лесоводства, лесной таксации и лесоустройства
ФГБОУ ВПО ВГЛТА, д-р биол. наук

lisovod@bk.ru

ФГБОУ ВПО Воронежская государственная лесотехническая академия
394087 Россия, г. Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8

Ежегодный прирост по диаметру ствола у древесных пород умеренного климата имеет циклическую динамику. Прирост древостоев сосны обыкновенной в Центральной лесостепи Русской равнины полициклический: прослеживаются и накладываются циклы разных порядков, от 2-3-летних до вековых и многовековых. Но наиболее выражен в динамике прироста сосны в Центральной лесостепи 10-12-летний цикл. Непрерывные наблюдения за солнечной активностью ведутся более трех столетий (1700–2012 гг.), учитывая последовательную зависимость на изменчивость прироста деревьев. Наличие последовательной зависимости указывает, что в исследуемые периоды в условиях лесостепи наблюдается длительная засушливая погода и создаются неблагоприятные условия для роста леса. Минимум 23-го (по Цюрихской нумерации) 11-летнего цикла солнечной активности наблюдался в 2008 г., с числом Вольфа 2,9. В 2009 г., число Вольфа выросло до 3,1. Очевидно, в 2008–2009 гг. наблюдался минимум не только 11-летнего, но и векового цикла солнечной активности, начавшегося в 1913 г. Что в результате наложения минимумов 11-летнего, Брикнерова и векового циклов солнечной активности в комплексе с изменениями климата и подстилающей поверхности, вызванными антропогенным воздействием, вероятно послужило причиной аномальной синоптической обстановки лета 2010 г. Анализ цикличности радиального прироста естественных и искусственных древостоев сосны обыкновенной в наиболее распространенных в Центральной лесостепи свежих боровых и субборовых лесорастительных условиях выявил характер изменчивости прироста за период с 1910 по 2009 гг. В вековой динамике климатических условий и радиального прироста сосны обыкновенной в Центральной лесостепи хорошо прослеживаются циклы разных порядков: 11-летний (солнечный), магнитный (Хейла), Брикнера имеющие важное прогностическое значение. Наложение минимумов 11-летнего, Брикнерова и векового циклов солнечной активности может служить основой для создания аномальной климатической обстановки в Центральной лесостепи и ряде других регионов.

Ключевые слова: радиальный прирост, солнечная активность

В пределах Окско-Донской равнины расположены крупнейшие в ЦЧР лесные массивы с преобладанием сосны: Усманский, Хреновской и Цнинский боры. В динамике радиального прироста древостоев лесостепи наблюдается полициклическая, обусловленная естественным ходом солнечной активности и изменчивостью климатических факторов.

За период наших исследований (1991–2012 гг.) создана база для биоиндикации состояния насаждений в борах Центральной лесостепи. Изучена изменчивость прироста, построены стандартные 100-летние дендрощкалы в различных лесорастительных условиях, а также генерализованные хронологии боров.

Прирост деревьев является кумулятивной характеристикой жизнеспособности, устойчивости, общего состояния главного компонента лесной экосистемы – древостоя.

Циклическая, стабилизирующая развитие и существование экосистем, в свою очередь, определяется циклическими колебаниями внешних факторов (экологических, гелиогеофизических).

Параметры устойчивости экосистемы – это всегда диапазон циклических колебаний. А биоразнообразие, сохраняя перераспределение нагрузки, дублирование связей, позволяет отдельным элементам и всей системе не выходить из диапазона циклических колебаний.

Высокий уровень биологической устойчивости определяет значительно большую жизнеспособность естественных древостоев по сравнению с искусственными.

Старовозрастные насаждения естественного и искусственного происхождения являются незаменимыми объектами для изучения, позволяющими наиболее полно оценить динамику прироста, степень воздействия климатических факторов и тем самым охарактеризовать современное состояние древостоев и фитоценоза в целом.

Ежегодный прирост по диаметру ствола у древесных пород умеренного климата имеет циклическую динамику. Прирост древостоев сосны обыкновенной в Центральной лесостепи Русской равнины полициклический: прослеживаются и накладываются циклы разных порядков, от 2–3-летних до вековых

и многовековых. Наиболее заметен в динамике прироста сосны в Центральной лесостепи 10–12-летний цикл [1, 2, 6], первопричиной которого, очевидно, является 11-летний цикл активности Солнца [5, 7, 8 и др.]

Непрерывные наблюдения за солнечной активностью ведутся более трех столетий (1700 – 2012 гг.), за это время выделяется три вековых цикла солнечной активности, эпохи минимума которых отмечены на рубеже веков (1700–1710-е гг.; 1800–1820-е гг.; 1890–1910-е, гг. 2000-е и, очевидно, – 2010-е гг.). Эпохи максимума наблюдались в 1770–1780-е гг.; в 1830–1840-е и 1870-е гг.; в 1940–1950-е и 1970–1980-е гг. [3, 5, 7].

Влияние солнечной активности на изменчивость прироста деревьев является опосредованным. Наличие последовательной зависимости: солнечная активность → циркуляция атмосферы → климатические изменения → прирост деревьев характеризуют многие исследователи [1, 2, 5, 7]. М.П. Скрябин [5], в частности, отмечая, что период минимума векового цикла солнечной активности в последние три столетия совпадал с последним десятилетием оканчивающегося столетия и первым десятилетием начинающегося, указывал, что в эти периоды в условиях лесостепи наблюдается длительная засушливая погода и создаются неблагоприятные условия для роста леса.

Минимум 23-го (по Цюрихской нумерации) 11-летнего цикла солнечной активности наблюдался в 2008 г., с числом Вольфа 2,9 [9]. В 2009 г., число Вольфа выросло очень мало – до 3,1. Очевидно, в 2008–2009 гг. наблюдался минимум не только 11-летнего, но и векового цикла солнечной активности, начавшегося в 1913 г., а также, вероятно, и цикла Брикнера. Наложение минимумов 11-летнего, Брикнерова и векового циклов солнечной активности в комплексе с изменениями климата и подстилающей поверхности, вызванными антропогенным воздействием, вероятно послужило причиной аномальной синоптической обстановки лета 2010 г.

Проведенный нами сопряженный анализ цикличности прироста сосны обыкновенной в Центральной лесостепи и солнечной активности (с применением спектрального и кросс-

спектрального анализом) [4] выявил наличие хорошо выраженных максимумов мощности в диапазоне 8–14 лет и позволил обнаружить области резонанса совмещенных временных рядов (прирост – солнечная активность) при длине волны 9,8, 10,6, 10,8. Следующими по значимости оказались циклы: 12,0; 5,1; 21,6.

Анализ цикличности радиального прироста естественных и искусственных древостоев сосны обыкновенной в наиболее распространенных в Центральной лесостепи свежих боровых и субборовых лесорастительных условиях выявил характер изменчивости прироста за период с 1910 по 2009 гг.

Минимумы прироста наблюдались в 1921 – 1922, 1939 – 1940, 1956 – 1957, 1964, 1975, 1984, 1986, 1992, 2006 гг. Максимумы наблюдались в 1920, 1925, 1945, 1962, 1978, 1989 – 1990, 2004 гг.

В колебаниях прироста соснового древостоя в боровых лесорастительных условиях (рис. 1) хорошо прослеживается цикл Брикнера длительностью 35–36 лет: 1921 – 1956 (35 лет), 1956 – 1992 (36 лет), а также циклы низших рангов (но экстремумы в естественных и искусственных древостоях не всегда совпадают).

В естественном сосняке, произрастающем в условиях свежей субори (B₂) (рис. 2), также хорошо прослеживается цикличность колебаний прироста, близкая к циклу Брикнера: (31 – 33 года): 1915 – 1939 (24 года), 1939 – 1972 (33 года), 1972 – 2003 (31 год); в искусственных древостоях более ясно прослеживается цикл Хейла (по минимумам прироста): (17 – 28 лет): 1921 – 1939 (18 лет), 1939 – 1959 (20 лет), 1959 – 1987 (28 лет), 1987 – 2006 (19 лет).

В условиях свежего бора радиальный прирост естественного сосняка интенсивно снижается, но превышает искусственный до 15-летнего возраста. Высокочастотная амплитуда сохраняется в течение всей жизни, но на нее накладываются низкочастотные колебания с большим размахом. В приросте естественного сосняка превалирует большой размах амплитуды колебаний с цикличностью 30–40 лет. В искусственном сосняке циклы той же длительности выражены не менее четко, но с меньшей амплитудой, а тренды прироста фактически находятся в противофазе.

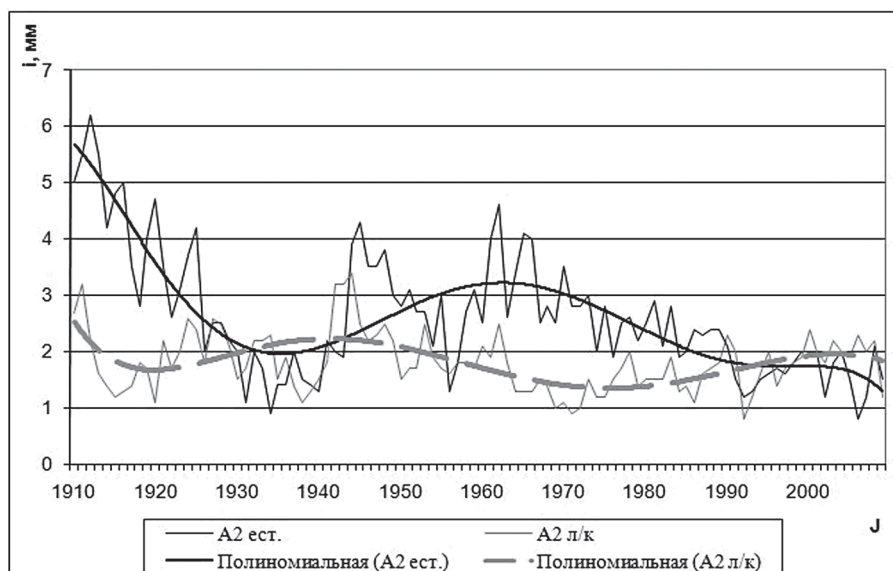


Рис. 1. Динамика радиального прироста сосны обыкновенной в боровых лесорастительных условиях (A_2) (Хреновской бор)

Fig. 1. Dynamics of radial growth of Scots pine in the pine-forest site conditions (A_2) (Khrenovoe boron)

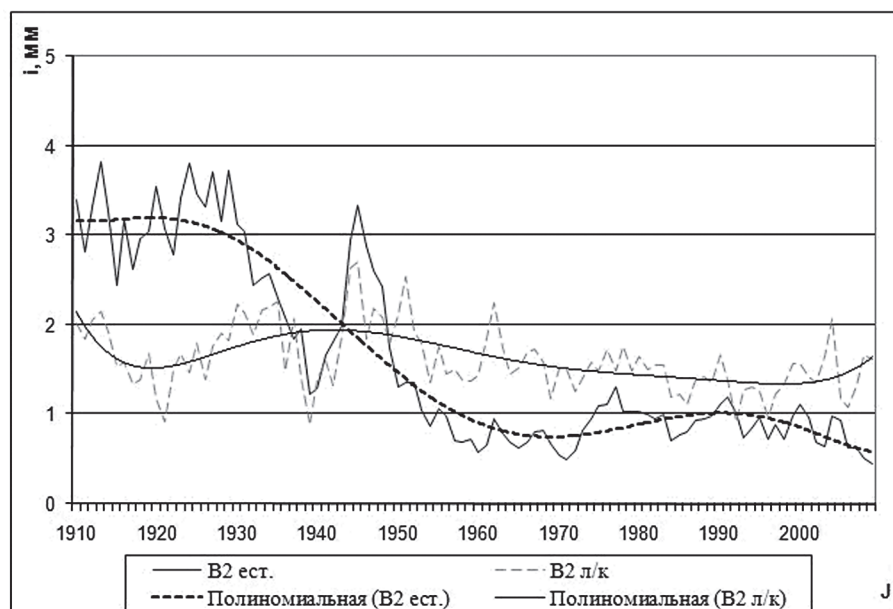


Рис. 2. Динамика радиального прироста соснового древостоя в суборевых лесорастительных условиях (B_2) (Хреновской бор)

Fig. 2. Dynamics of radial growth of pine stands in suborevyh site conditions (B_2) (Khrenovoe boron)

В условиях свежей субори радиальный прирост естественного сосняка обгоняет искусственный приблизительно до 25-летнего возраста, а затем резко снижается. Еще через 15 – 20 лет уровень тренда прироста опускается ниже искусственного сосняка. Прирост искусственного сосняка снижается медленно и относительно слабо. Цикличность колебаний прироста сходна в естественном и искусственном древостоях.

Как в борах, так и в суборах в древостоях сосны естественного происхождения наблюдается значительно больший размах колебаний в 30–40-летнем цикле. В древостоях искусственного происхождения низкочастотная цикличность выражена слабо.

За столетие (1900–2000 гг.) по построенным нами Генерализованным хронологиям первого порядка радиального прироста сосны обыкновенной в борах Центральной



Рис. 3. Генерализованные ряды индексов прироста сосны в борах Центральной лесостепи (Усманском, Хреновском, Цнинском)
 Fig. 3. Generalized index series growth pine forests in the Central forest-steppe (Usman, Khrenovsky, Tsinsky)

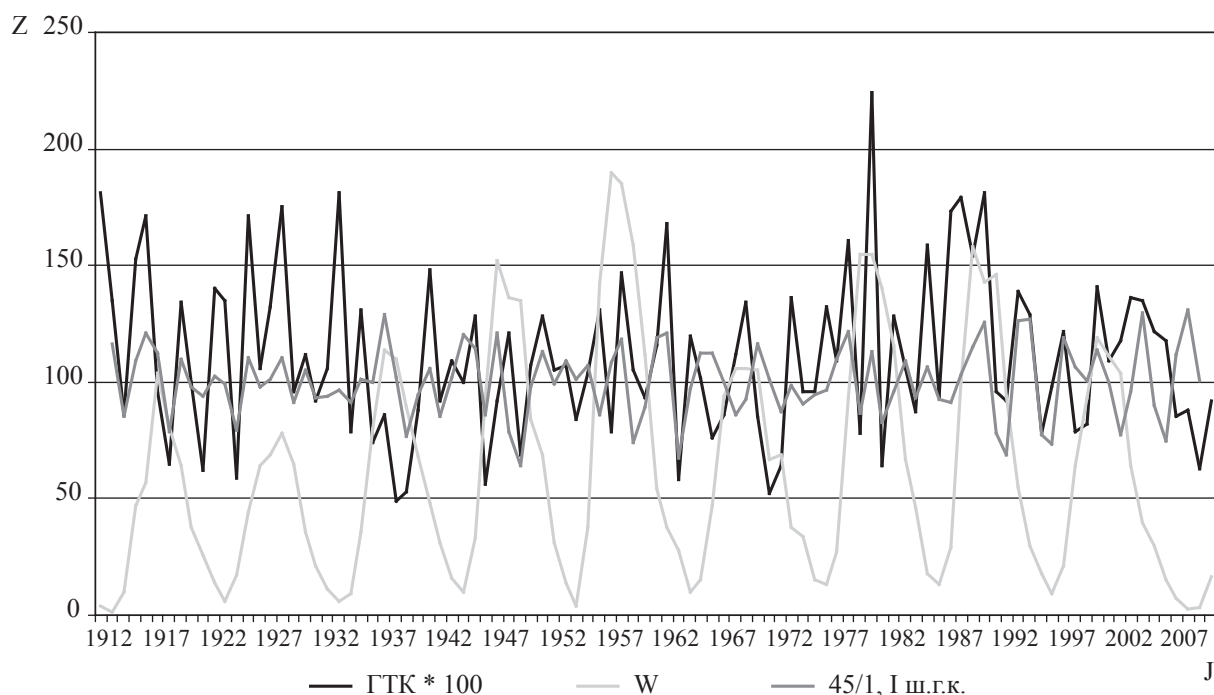


Рис. 4. Динамика индексов прироста сосны (I) в кв.45 выд. 1 на фоне ГТК м-с и чисел Вольфа (W)
 Fig. 4. Dynamics of indices of growth of pine (I) in kv.45 Bldg. 1 on the background of the SCC and Mrs. Wolf numbers (W)

лесостепи (рис. 3) наблюдался рост амплитуды колебаний к 1980–1990-м гг (особенно – 1982–1992 гг). несколько меньший, но тоже значительный размах амплитуды наблюдался в 1935–1945 гг. С 1996 по 2000 гг. – амплитуда колебаний сравнительно низкая.

С определенной периодичностью рост амплитуды колебаний радиального прироста сосны обыкновенной с 1900 г. наблюдается и

до настоящего времени. В периоды наступления экстремальных засух в Центральной лесостепи (1938–1939, 1949, 1963, 1971–1972, 1992, 1996 гг.) наблюдаются не только глубокие минимумы (провалы) радиального прироста, но и высокие максимумы (1937, 1947, 1962, 1978–1980, 1990, 1993–1994). Т.е. в целом увеличивается размах колебаний значений радиального прироста.

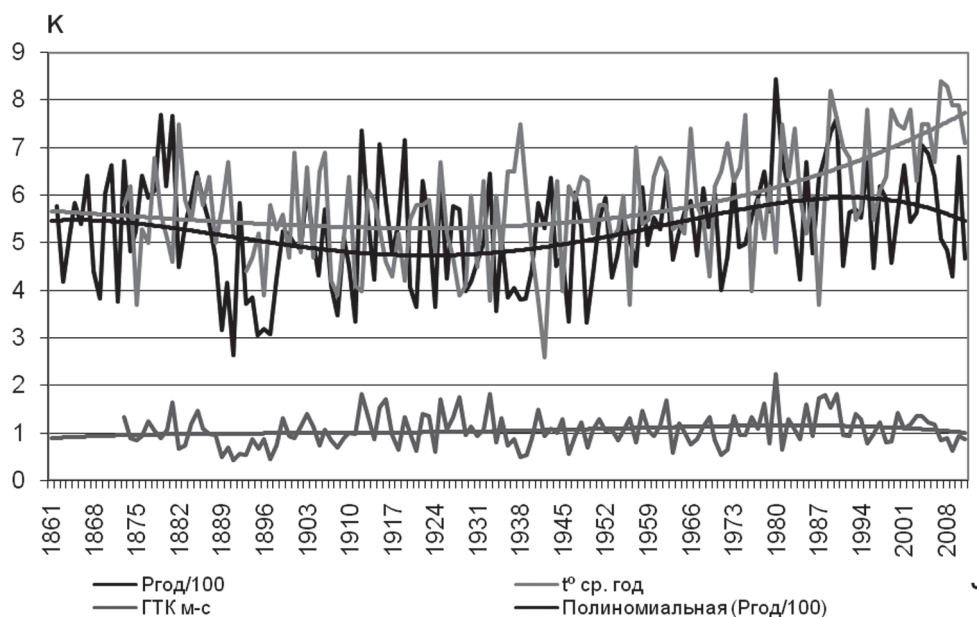


Рис. 5. Динамика суммы осадков (Pгод), среднегодовых температур воздуха (t° ср. год) и ГТК м-с за 150-летний период

Fig. 5. Dynamics of total precipitation (Pгод), mean annual air temperatures (t° ср. год) and SCC-m with 150-year period

С 2002 г. продолжился рост амплитуды колебаний прироста сосны (Усманский бор) (рис. 4) и достиг максимума в 2004–2008 гг. (2004 и 2008 гг. – максимум прироста, 2002, 2006 г. – минимум).

На графике (рис. 4), показывающем изменение средней ширины годичных колец основных древостоев Усманского бора, хорошо прослеживается по минимумам прироста древесины циклическая динамика засушливых периодов. Однако наложение целого ряда различных комплексно действующих факторов в формировании прироста сосны не всегда приводит к снижению радиального прироста пропорционально силе засухи. Это в какой-то мере нарушает связь циклических колебаний прироста сосны и засушливых лет в Центральной лесостепи. Кроме того, в зависимости от распределения осадков по месяцам, температурного режима и внутренних факторов может происходить сдвиг минимального прироста на 1 и даже 2 года.

Циклы разных порядков лучше прослеживаются в индексированных рядах радиального прироста. Глубокие минимумы радиального прироста сосны во всех древостоях наблюдались в 1939–1940 и 1972–1975 гг.

Цикличность индексов прироста годичных колец в обследованных древостоях, ГТК

и чисел Вольфа, возрастание их синхронности с середины 1970-х гг. до настоящего времени представлены на рис. 4. Спектральный анализ изменчивости временных рядов, а также анализ периодограмм, построенных с применением окна Хемминга (сглаживание значений периодограммы взвешенным способом средних) показал следующие результаты.

В рядах ширины годичных колец различных древостоев сосны обыкновенной Усманского и Хреновского боров периоды, соответствующие полосам частот с увеличенной спектральной плотностью, не одинаковы (в 45 кв. – 14,8, 10,7 и 3,9 года; в 85 кв. – 12,2 года; в 513 кв. – 18,3 и 11,0 лет). В индексированных рядах ширины годичных колец максимальная спектральная плотность наблюдается при периоде колебаний 10,5–10,9 года, а индексов поздней древесины – 9,8–10,5 года).

Частота 11,1 абсолютно превалирует в ряду чисел Вольфа. Здесь кроме этой частоты лишь слегка проявляется повышение плотности на частоте 37,0.

График осадков, температур и ГТК по данным метеостанции Воронеж (рис. 5), показывает, что в последние годы продолжился и увеличился рост нестабильности климатических условий и, как следствие, наблюда-

ется рост амплитуды колебаний радиального прироста сосны. Очевидно нестабильность климата накладывает (или в свою очередь является следствием) на эпоху минимума векового цикла Солнечной активности.

В несглаженных рядах атмосферных осадков и ГТК высокая спектральная плотность наблюдается по высокочастотным колебаниям (8,9–9,4), а также выявляется ряд значимых пиков низкочастотных колебаний (15,3; 32,7; 61). Цикл Брикнера (32,7) в ряду ГТК выражен очень высоким пиком.

В вековой динамике климатических условий и радиального прироста сосны обыкновенной в Центральной лесостепи хорошо прослеживаются циклы разных порядков: 11-летний (солнечный), магнитный (Хейла), Брикнера имеющие важное прогностическое значение. Наложение минимумов 11-летнего, Брикнера и векового циклов солнечной активности может служить основой для создания аномальной климатической обстановки в Центральной лесостепи и ряде других регионов.

Библиографический список

1. Костин, С.И. Повторяемость засушливых и влажных периодов в центральной части лесостепи Русской равнины / С.И. Костин // Вопросы повышения продуктивности лесного хозяйства. Науч. записки Воронеж. лесотехн. ин-та. – Т. XXIX. – Вып. 1. – Воронеж: Воронеж ун-та, 1963. – С. 91–101.
2. Матвеев, С.М. Дендрохронология. Учеб. пособие / С.М. Матвеев. – Воронеж: ВГЛТА, 2001. – 88 с.
3. Матвеев, С.М. Дендрохронология. Учеб. пособие. Изд. 2-е, переработанное и дополненное / С.М. Матвеев, Д.Е. Румянцев. – Воронеж: ВГЛТА, 2013. – 139 с.
4. Матвеев, С.М. Дендроиндикация динамики состояния сосновых насаждений Центральной лесостепи / С.М. Матвеев. – Воронеж: ВГУ, 2003. – 272 с.
5. Матвеев, С.М. Цикличность прироста сосновых древостоев Центральной лесостепи в 11-летнем цикле солнечной активности / С.М. Матвеев // Лесной журнал. – 2005. – № 1–2. – С. 14–22.
6. Скрябин, М.П. Дубовые леса и вековые циклы в природных условиях / М.П. Скрябин // Восстановление и повышение производительности дубрав лесостепи. Науч. записки лесотехн. ин-та. Т. XX – Воронеж, 1960. – С. 211–217.
7. Таранков, В.И. Цикличность прироста сосны обыкновенной в восточно-европейской лесостепи / В.И. Таранков, Л.Б. Лазуренко // Лесоведение – 1990. – № 2 – С. 12–19.
8. Эйгенсон, М.С. Солнце, погода и климат / М.С. Эйгенсон. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 229 с.
9. Douglass A.E. Climatic cycles and tree growth: A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity / A.E. Douglass. Wash.: Carnegie Inst., 1919.– V. 1.– P. 127; 1928.– V 2. – P. 166; 1936.– V. 3. – 171 p.
10. Solar Influences Data analysis Center /<http://sidc.oma.be/sunspot-data/>

CYCLICITY IN RADIAL GROWTH DYNAMICS OF NATURAL AND ARTIFICIAL SCOTCH PINE STANDS IN PINE WOODS OF THE CENTRAL FOREST-STEPPE

Matveev S.M., Head. the Department of Forestry, Forest Inventory and Management VGLTA Dr. biol. Sciences, Professor
lisovod@bk.ru
VGLTA, Voronezh State Academy of Forestry Engineering, 394087 Voronezh, Russia, st. Timiryazeva, 8

Annual diameter growth of moderate climate tree species has cyclical dynamics. Scotch pine stands growth in Central forest steppe of the Russian Plain is polycyclical: cycles of different orders are traced and overlapped, from 2-3 years up to century-old and centuries-old. But 10-12-year cycle in the growth dynamics of pine in the Central forest-steppe is the most distinguished. Continuous observation of solar activity are made for more than three centuries (1700 - 2012), taking into account the sequential dependence of the variability of the trees growth. Sequential dependence indicates that within the studied periods in conditions of forest-steppe there is a long period of dry weather and unfavorable conditions for growth forests are created. The minimum of the 23rd (Zurich numbering) 11-year solar activity cycle was observed in 2008, with Wolf number of 2.9. In 2009 Wolf number rose up to 3.1. Obviously in 2008-2009 the minimum not only of 11-year cycle was observed, but also of the secular cycle of solar activity, which began in 1913. That, as a result of the 11-year's minima overlapping, Brickner and secular solar activity cycles in combination with climate changes and underlying surface caused by man-induced impacts, likely caused anomalous synoptical situation in summer 2010. Analysis of cyclic radial growth cyclicity of natural and artificial Scotch pine stands in the most common in the Central forest-steppe fresh pine and sub-pine forest conditions revealed the nature of the growth variability during the period from 1910 to 2009. In the secular dynamics of climatic conditions and radial growth of Scotch pine in the Central forest-steppe cycles of different orders are well traced: 11 years (solar), magnetic (Hale), Brickner having important prognostic value. 11-year's minima overlapping, Brickner and secular solar activity cycles can serve as a basis for the creation of anomalous climatic conditions in the Central forest-steppe and some other regions.

Key words: radial growth, solar activity

References

1. Kostin S.I. *Povtoryaemost' zasushliviyykh i vlazhnyiyykh periodov v tsentral'noy chasti lesostepi Russkoy ravniny* [The frequency of dry and wet periods in the Central part of forest-steppe of the Russian plain. The issues of increasing the productivity of forestry. Scientific

- notes of Voronezh forestry Institute, volume XXIX, issue 1]. Voprosy povysheniya produktivnosti lesnogo hozjajstva. Nauch. zapiski Voronezh. lesotehn. in-ta, tom XXIX, V. 1. Voronezh. Voronezh un-ta (Publishing house of Voronezh University), 1963. pp. 91-101.
2. Matveev S.M. *Dendrokronologiya* [The dendrochronology. Tutorial]. Voronezh, VGLTA [Voronezh state Academy of forestry engineering], 2001. 88 p.
 3. Matveev S.M., Rumyantsev D.E. *Dendrokronologiya* [The dendrochronology]. Voronezh [Voronezh state Academy of forestry engineering]. VGLTA, 2013. 139 p.
 4. Matveev S.M. *Dendroindikatsiya dinamiki sostoyaniya sosnovykh nasazhdeniy Tsentral'noy lesostepi* [Dendroidal dynamics of the situation in pine plantations in the Central forest-steppe]. Voronezh. VGU [Publishing house of Voronezh University], 2003. 272 p.
 5. Matveev S.M. *Tsiklichnost' prirosta sosnovykh drevostoev Tsentral'noy lesostepi v 11-letnem tsikle solnechnoy aktivnosti* [The cyclical growth of pine stands of the Central forest-steppe in the 11-year cycle of solar activity]. Lesnoj zhurnal [Forestry magazine], 2005. № 1-2. pp. 14-22.
 6. Skryabin M.P. *Dubovye lesa i vekovye tsikly v prirodnykh usloviyakh* [Oak forests and century cycles in natural conditions. Restoring and improving the performance of the oak forest. Scientific notes forestry engineering Institute, volume XX]. Vosstanovlenie i povyshenie proizvoditel'nosti dubrav lesostepi. Nauch. zapiski lesotehn. in-ta, tom XX. Voronezh, 1960. pp. 211-217.
 7. Tarankov V.I. *Tsiklichnost' prirosta sosny obyknovnoy v vostochno-evropeyskoy lesostepi* [The cyclical growth of Scotch pine in the Eastern European steppe]. Lesovedenie [Forest ecology]. 1990. № 2. pp.12-19.
 8. Eygenon M.S. *Solntse, pogoda i klimat* [The sun, weather and climate]. L., Gidrometeoizdat, 1963. 229 p.
 9. Douglass A.E. Climatic cycles and tree growth: A study of the annual rings of trees in relation to climate and solar activity / A.E. Douglass. – Wash.: Carnegie Inst., 1919. V. 1. R. 127; 1928. V 2. P. 166; 1936. V. 3. P. 171.
 10. Solar Influences Data analysis Center /<http://sidc.oma.be/sunspot-data/>

ВОПРОСЫ НЕОБХОДИМОСТИ ВЕДЕНИЯ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ НАСАЖДЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

С.Б. ПАЛЬЧИКОВ, доц. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,
А.Ф. БАРАНОВ, научн. сотр. лаборатории дендрохронологии МГУЛ, канд. с.-х. наук

dendro@mgul.ac.ru, sbpal@mail.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Статья посвящена вопросам необходимости ведения мониторинга лесных насаждений не только лесоводственными методами, но и путем дендрохронологических исследований. Мониторинг, в обязательном порядке, подразумевает таксацию и районирование лесов. Так как районирование лесов выделяет насаждения сходные по ТУМ, то таксация определяет качественные и количественные характеристики леса, в результате чего для удобства и систематизации информации о закономерностях роста и развития лесных насаждений было предложено создание лесоводственно-таксационной нормативной базы и разделить ее на общие и региональные. Общие лесотаксационные нормативы составляются на основе экспериментальных данных, собранных на обширных территориях по лесорастительным зонам. Региональные же базируются на местном экспериментальном материале и отображают особенности роста и развития насаждений в локальных условиях местопроизрастания. Разрабатываемые лесотаксационные нормативы для учета лесных ресурсов должны отражать реальное состояние оцениваемых насаждений на базе современных методов диагностики. Информация, получаемая при лесоустроительных работах с использованием современных баз данных таксационных нормативов, которая будет способствовать обоснованному решению комплекса задач при разработке проектов освоения лесов, лесохозяйственных регламентов и лесных планов, позволит повысить точность сплошных и выборочных рубок с учетом исходного состояния насаждений и сохранения их устойчивости при дальнейшей эксплуатации. Составной частью проводимых исследований является детальный отбор, анализ и корректировка таксационных характеристик для учета и оценки товарной структуры древесины с использованием методов дендрохронологических исследований. Результаты дендрохронологического анализа качественного состояния древесных ресурсов необходимы для кадастровой оценки насаждений при планировании и проведении лесохозяйственных мероприятий, передачи лесов в аренду под различные виды пользования, компенсаций за повреждение или гибель насаждений от антропогенных или техногенных причин. То есть характер динамики товарной структуры древостоев в различные возрастные периоды их роста и формирования должен контролироваться дендрохронологическими методами диагностики.

Ключевые слова: мониторинг, оценка, древесина, дендрохронология

Согласно Лесному кодексу Российской Федерации 2007 г. [1] (далее ЛК РФ), таксация лесов является составной частью лесоустройства и предназначается для выявления, учета, оценки качественных и количественных характеристик лесных ресурсов.

В ЛК РФ «лесная таксация» определяется как важнейшая подсистема лесоустройства. По результатам проведения таксации лесов составляются таксационные описания и картографические материалы по оцениваемым лесным объектам.

Статья 15 ЛК РФ «Районирование лесов» предусматривает, в зависимости от природно-климатических условий, выделение лесорастительных зон, в которых расположены леса с однородными лесорастительными признаками (лесорастительное районирование). На основе лесорастительного районирования осуществляется выделение лесных районов с относительно сходными условиями использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов. Районирование лесов всегда рассматривалось как основа развития лесного хозяйства. Лесотаксационные показатели насаждений имеют большое значение в оценке, учете и организации рационального использования лесных ресурсов различного целевого назначения.

Построение существующей лесоводственно-таксационной нормативной базы осуществлялось на системной основе с учетом как общих закономерностей, так и региональных особенностей роста, развития и продуктивности насаждений. Все информационные нормативы, как общие, так и местные, строились в одном масштабе и сопоставлялись в рамках единой системы. Это позволило упорядочить их практическое применение и, прежде всего, разделить по значимости на общие и региональные.

Общие лесотаксационные нормативы составляются на основе экспериментальных данных, собранных на обширных территориях по лесорастительным зонам, лесным районам и ареалам преобладающих пород путем обобщения местных нормативов с учетом выявленных общих закономерностей и связей [2]. Региональные же лесотаксационные нормативы базируются на местном экспериментальном материале и призваны отображать особенности роста и развития насаждений в конкретных условиях их местопроизрастания [3].

Границы лесорастительных зон устанавливаются для различных древесных пород с учетом их биологических особенностей, сходству хода роста, продуктивности, строения и товарной структуры естественных насаждений. При обосновании подробности лесорастительного районирования учитывается и взаимно увязывается требуемая точность таксации, применяемые методы инвентариза-

ции, наличие и качество необходимой исходной информации. Критерии районирования по ходу роста насаждений должны отвечать следующим требованиям: характеризовать динамические ряды роста; быть составной частью или служить основанием для других лесотаксационных нормативов; учитывать влияние комплекса природных факторов; иметь достоверные количественные связи с остальными таксационными показателями [4].

Анализ используемой и совершенствуемой в настоящее время системы лесотаксационных нормативов говорит о необходимости ее совершенствования не только для целей информационного обеспечения лесоинвентаризационных и лесохозяйственных работ, лесоустроительного проектирования и прогнозных расчетов, но и для качественной оценки мониторинга устойчивости и состояния насаждений в различные возрастные периоды их роста и формирования [5–7].

Необходимым условием формирования современной взаимосвязанной системы лесотаксационных показателей насаждений является использование информационного и исходного материала как в виде уже существующих данных, так и данных вновь создаваемых дополнительных характеристик древостоев по лесорастительным зонам и лесным районам. Это позволяет определять зоны действия отдельных нормативов, причины и следствия географических различий в росте, продуктивности, строении и товарной структуре древостоев, устанавливать количественные параметры статистических и динамических связей между природной обстановкой и таксационной характеристикой лесов отдельных регионов, вести оперативное информационное обеспечение в вопросах учета и оценки состояния лесных ресурсов.

Эффективность использования полученных нормативных материалов определяется необходимостью повышения точности учета всех видов лесных ресурсов, мониторинга их устойчивости и состояния. Разрабатываемые лесотаксационные нормативы для учета лесных ресурсов должны учитывать реальное состояние и устойчивость оцениваемых насаждений, отслеживать их количес-

твенную и качественную характеристику на базе современных методов диагностики [8].

Проведенные многоплановые исследования по анализу, систематизации и унификации существующей и совершенствуемой (совершенствующейся) системой лесотаксационных нормативов для учета и оценки комплекса лесных ресурсов, информационного обеспечения мониторинга устойчивости и состояния лесов показывают, что комплексное совершенствование используемой ранее и применяемой в настоящее время разнокачественной лесотаксационной нормативной базы является необходимым условием для создания перспективных научных и практических основ ведения лесного хозяйства, многоцелевого использования лесных ресурсов и функций леса. Требуется новые методические и практические подходы в исследованиях по научному обеспечению лесной отрасли, разработка новых и совершенствование существующих методов диагностики состояния как отдельных деревьев, так и древостоев с различной степенью устойчивости к климатическим, антропогенным, техногенным и другим факторам, материалов и методических документов для учета и оценки лесных ресурсов, информационного обеспечения лесного мониторинга лесов.

Необходимость создания информационных баз данных материалов лесостроительства на всей территории страны с периодическим внесением в имеющиеся таксационные описания сведений об изменениях в лесном фонде лесничеств, вызванных техногенными и антропогенными воздействиями, определяющими состояние, устойчивость, продуктивность и, в конечном итоге, товарную структуру заготавливаемой древесины при сплошных и выборочных рубках различного целевого назначения [8]. Региональные же базы данных таксационных нормативов, создаваемые по лесорастительным зонам и лесным районам, должны формироваться в системные информационные модели, отражающие и учитывающие конкретные особенности условий роста, устойчивости, состояния и продуктивности насаждений в различные возрастные периоды их развития.

Информация, получаемая при лесостроительных работах различного целевого на-

значения с использованием современных баз данных таксационных нормативов для учета лесных ресурсов с корректировкой их на реальное временное состояние оцениваемых насаждений современными методами дендрохронологической диагностики, будет способствовать обоснованному решению комплекса задач при разработке проектов освоения лесов, лесохозяйственных регламентов и лесных планов.

В соответствии с лесным законодательством, основной компонент государственной инвентаризации лесов – оценка и контроль их состояния, устойчивости развития и продуктивности посредством качественных оценочных таксационных показателей и лесоводственных характеристик. В рамках государственной инвентаризации лесов для учета лесных ресурсов, ведения мониторинга их состояния и устойчивости требуется дальнейшее совершенствование не только соответствующей лесотаксационной нормативной базы, но и интенсивное развитие вопросов общей методологии исследований насаждений как сложных биологических систем различных лесорастительных зон и лесных районов.

Разрабатываемая лесотаксационная нормативно-справочная информация на базе современных методов диагностики состояния древостоев позволяет повысить точность и достоверность ее оценки при сплошных и выборочных рубках с учетом исходного состояния насаждений и сохранения их устойчивости при дальнейшей эксплуатации и целевом формировании. Внедрение данных разработок необходимо при решении вопросов учета лесных ресурсов, определения их качественного состояния, мониторинга использования лесных ресурсов и функций леса, постоянного отслеживания происходящих в них естественных изменений, последствий антропогенных и техногенных воздействий.

Составной частью проводимых исследований является детальный отбор, анализ и корректировка таксационных характеристик для учета и оценки товарной структуры древесины, получаемой при выборочных рубках с использованием современных методов и возможностей дендрохронологических исследований. Проведенный анализ лесотак-

сационной нормативной базы для учета и оценки древесных ресурсов, получаемых от выборочного пользования, говорит о необходимости ее корректировки и совершенствования с учетом повышения существующих требований к точности натурной таксации и оценки качественного состояния оцениваемой древесины при данных видах пользования с использованием современных методов дендрохронологического анализа. Расчетные значения этих показателей позволяют планировать выборочные рубки в требуемых объемах с учетом своевременной заготовки древесины для лесохозяйственного производства в реальных объемах [9]. Данные исходного полевого материала, сопоставление экспериментальных показателей на пробных и контрольных площадях, сравнительная оценка точности определения товарной структуры выбираемой древесины подтверждают необходимость широкого внедрения дендрохронологических методов анализа качественного состояния оцениваемых насаждений. При определении товарной структуры древесины от выборочных рубок в насаждениях, не отвечающих требованиям нормального развития и нуждающихся в выборке больших объемов древесины с наличием пороков, необходимо вносить соответствующие дендрохронологические корректировки в используемые при этом нормативные документы.

Результаты анализа используемых в настоящее время лесоводственных и лесотаксационных характеристик для кадастровой оценки лесов говорят о необходимости их совершенствования и доработки с учетом предъявляемых требований при достоверном определении приоритетов в хозяйственном использовании лесных ресурсов и исчисление размеров платежей за их пользование. Необходимым условием определения количественных и качественных характеристик оцениваемых лесных объектов является детальная дополнительная экспертная оценка с использованием дендрохронологических методов диагностики состояния древостоев. Результаты дендрохронологического анализа качественного состояния древесных ресурсов необходимы для кадастровой (стоимостной)

оценки насаждений при планировании и проведении лесохозяйственных мероприятий, передачи лесов в аренду под различные виды пользования, компенсаций за повреждение или гибель насаждений от антропогенных или техногенных причин.

Лесотаксационный мониторинг служит для проведения учета и оценки всех видов лесных ресурсов и функций леса на различных информационных уровнях (начиная с выдела) и основывается на экспериментальных (натурных) данных и скорректированных лесотаксационных нормативов с учетом целевого ведения хозяйственной деятельности и функционального использования земель лесного фонда. При ведении лесного мониторинга используются все методы и средства, применяемые в лесном хозяйстве для наблюдения за состоянием лесных ресурсов. Основой лесного мониторинга является единая многоуровневая пространственно распределенная информационная система, позволяющая интегрировать информацию, получаемую по разным направлениям ведения лесного хозяйства (лесоустройство, лесная таксация, лесовосстановление, лесопользование, лесозащита и пр.). Средства ведения лесного мониторинга распределяются в соответствии с организационной структурой, целевым назначением ведения мониторинга и природными особенностями конкретного объекта.

Необходимым условием ведения лесного мониторинга различного уровня является наличие информационных базовых систем и нормативных показателей для учета и оценки комплекса лесных ресурсов. Совершенствование методов и технологий учета при лесном мониторинге должно основываться на современных способах диагностики состояния оцениваемых насаждений, в том числе и дендрохронологических характеристик отдельных деревьев и древостоев. Приоритетными методами и критериями лесного мониторинга следует считать такие, которые позволяют осуществлять не только их индикацию, но и давать количественную и качественную оценку изменений компонентов лесных ресурсов.

Формируемые показатели и характеристики для оценки состояния и устойчи-

ности насаждений должны включать их классификацию, приоритетность и учет режима лесопользования при их формировании. Указывается, что степень выполнения лесами экологических функций определяется, прежде всего, количеством сконцентрированной биомассы, изменяющейся в широких пределах, в зависимости от природно-климатических условий, лесобразующей породы, возрастной структуры насаждений, их состояния и устойчивости. Методы оценки состояния и устойчивости насаждений должны базироваться не только на использовании непосредственно измеряемых лесотаксационных показателей, но и на современных технологиях физиологического, морфологического и дендрохронологического анализа.

На основе проведенных исследований по выявлению перечня лесотаксационных нормативов, необходимых для оценки состояния и устойчивости насаждений, получены математические зависимости и статистические оценки изучаемых взаимосвязей.

Параметрами выявляемых зависимостей являются такие суммарные и единичные лесотаксационные показатели, как процент лесистости, тип леса, ТЛУ, возраст и полнота насаждений, класс бонитета, прирост и процент отпада, общий запас и биомасса насаждений, устойчивость и санитарное состояние насаждений.

Разрабатываемая лесотаксационная нормативно-справочная информация позволяет повысить точность и достоверность учета лесных ресурсов при главном и промежуточном пользовании лесом с учетом исходного состояния насаждений и сохранения их устойчивости при дальнейшей эксплуатации и целевом формировании. Внедрение данных разработок необходимо при решении вопросов учета лесных ресурсов, определения их качественного состояния, кадастровой оценки лесов и мониторинга использования лесных ресурсов и функций леса, постоянного отслеживания происходящих в них естественных изменений, последствий антропогенных и техногенных воздействий [10].

Результаты проведенного анализа по использованию существующей структуры

лесоводственных показателей и таксационных характеристик для ведения мониторинга и оценки состояния насаждений позволяют сделать заключение о необходимости внедрения в практику современных технологий определения качества стволовой древесины с использованием современных методов дендрохронологической оценки. Дальнейшее совершенствование и внедрение дендрохронологических методов оценки состояния и устойчивости насаждений позволяют:

- проводить диагностику состояния и мониторинг устойчивости насаждений в различные периоды их роста и развития;
- корректировать возраста сплошных и выборочных рубок с учетом реального состояния оцениваемых насаждений;
- регулировать проведение лесохозяйственных мероприятий по формированию целевых насаждений;
- прогнозировать оптимальные перспективы и способы ухода за насаждениями с учетом динамики их роста и интенсивности распада;
- определять характер выборочных рубок по интенсивности и повторяемости с учетом сложившейся структуры насаждений;
- оценивать жизнеспособность насаждений с учетом условий их местопроизрастания;
- проводить корректировку таксационных показателей насаждений при лесоустройстве с учетом текущих изменений их состояния;
- выявлять причины неустойчивого состояния обследуемых насаждений и определять рекомендации по сохранению их жизнеспособности.

Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации. – 7-е изд. – М.: Ось-89, 2007. – 80 с.
2. Загребев, В.В. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / Загребев В.В., Сухих В.И., Швиденко А.З., Гусев Н.Н., Мошкалев А.Г. – М.: Колос, 1992. – 495 с.
3. Баранов, А.Ф. Нормативы для таксации лесов центрального и южных районов европейской части Российской Федерации / Баранов А.Ф., Гусев Н.Н. – М.: Рослесхоз, 1993. – 418 с.

4. Лосицкий, К.Б. Эталонные леса / Лосицкий К.Б., Чуенков В.С. – М.: Лесная про-м-сть, 1980.– 192 с.
5. Бекетов, А.Н. О влиянии климата на возрастание сосны и ели / А.Н. Бекетов // Труды первого съезда русских естествоиспытателей. – С-Пб.: Типография императорской академии наук, 1868. – С. 111–163.
6. Воронцов, А.И. Патология леса / А.И. Воронцов – М.: Лесная про-м-сть, 1978. – 272 с.
7. Гурский, А.В. Методы оценки состояния древесных насаждений и прогноз их роста и долговечности / А.В. Гурский // Бюллетень Главного Ботанического сада РАН. – Вып.21. – М.: Наука, 1955. – С. 16–24.
8. Комин, Г.Е. Применение дендрохронологических методов в экологическом мониторинге лесов / Г.Е. Комин // Лесоведение, 1990. – Вып. № 2. – С. 3–11.
9. Пальчиков, С.Б. Контроль за законностью заготовки древесины на основе древесно-кольцевой информации / Пальчиков С.Б., Румянцев Д.Е // Устойчивое лесопользование. №2 (21), 2009. – С. 12–16.
10. Румянцев, Д.Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии: монография. – М.: МГУЛ, 2010. – 109 с.

QUESTIONS OF THE NECESSITY OF MONITORING THE CONDITION OF THE PLANTS USING DENDROCHRONOLOGICAL RESEARCH MODERN METHODS

Palchikov S.B., Assoc. Department. forest management and forest protection MGUL, PhD. agricultural Sciences; **Baranov A.F.**, Researcher, Laboratory of Dendrochronology MGUL, PhD. agricultural Sciences

dendro@mgul.ac.ru, sbpal@mail.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

The article is devoted to the necessity of forest stands monitoring not only by silvicultural methods, but also by dendrochronological research. Monitoring obligatorily entails forest inventory and zoning. As forests zoning points out stands with similar site types, the inventory determines qualitative and quantitative characteristics of the forest, as a result for convenience and arrangement of information about the patterns of growth and development of forest stands, creation of silvicultural–taxation regulatory system was proposed with its division into common and regional. General forest standards are based on experimental data collected on large areas in the forest zones. Regional ones are based on local experimental data and depict features of the plants growth and development in a local site conditions. Elaborated silvicultural–taxation standards for the registration of forest resources should reflect the real state of the evaluated plants on the basis of modern diagnostic methods. Information obtained during forest management fieldwork with the use of modern taxation standards databases that will contribute to grounded decision of task complex in the forest exploitation project development, forest management regulations and forest plans. That will allow to improve the accuracy of the continuous and selective loggings with account of the plants initial condition and maintenance of their stability during further operation. The integrant part of the research is a detailed sampling, analysis and correction of taxational characteristics for accounting and valuation of wood commodity pattern using the methods of dendrochronological research. Dendrochronological analysis results of quality state of wood resources are required for cadastral valuation of plantations when planning and conducting forest management work, forest lend lease for various purposes, compensation for damage or loss of plants from anthropogenic or technogenic causes. That is the character of commodity pattern dynamics of forest stands in different age periods of their growth and formation should be controlled by dendrochronological diagnostic methods.

Key words: monitoring, valuation, wood, dendrochronology

References

1. *Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federatsii* [Forest Code of the Russian Federation]. 7-e izd. Moscow. Os’-89, 2007. 80 p.
2. Zagreev V.V., Sukhikh V.I., Shvidenko A.Z., Gusev N.N., Moshkalev A.G. *Obshche-soyuznyye normativy dlya taksatsii lesov* [Union-wide standards for forest inventory]. Moscow. Kolos, 1992. 495 p.
3. Baranov A.F., Gusev N.N. *Normativy dlya taksatsii lesov tsentral’nogo i yuzhnykh ray-onov evropeyskoy chasti Rossiyskoy Federatsii* [Standards for forest inventory of the central and southern regions of the European part of the Russian Federation]. Moscow. Rosles-khoz, 1993. 418 p.
4. Lositskiy K.B., Chuenkov V.S. *Etalonnnye lesa* [Reference forest]. Moscow. Lesnaya promyshlennost’, 1980. 192 p.
5. Beketov, A.N. *O vliyaniy klimata na vozrastanie sosny i eli* [The influence of climate on the growth of pine and spruce]. Trudy pervogo s’ezda russkikh estestvoispytateley. S-Pb. Ti-pografiya imperator-skoy akademii nauk, 1868. pp. 111-163.
6. Vorontsov, A.I. *Patologiya lesa* [Forest pathology]. Moscow. Lesnaya promyshlennost’, 1978. 272 p.
7. Gurskiy, A.V. *Metody otsenki sostoyaniya drevesnykh nasazhdeniy i prognoz ikh rosta i dolgovechnosti* [Methods of assessing the state of tree plantations and the forecast of their growth and longevity]. Byulleten’ Glavnogo Botanicheskogo sada RAN. V. 21. Moscow. Nauka, 1955. pp. 16-24.
8. Komin, G.E. *Primenenie dendrokhronologicheskikh metodov v ekologicheskom moni-toringe lesov* [The use of dendrochronological methods in environmental monitoring of forests]. Lesovedenie, V. № 2, 1990. pp. 3-11.
9. Pal’chikov S.B., Rummyantsev D.E. *Kontrol’ za zakonnost’yu zagotovki drevesiny na os-nove drevesno-kol’tsevoy informatsii* [Control over the legality of timber harvesting on the basis of tree-ring data]. Ustoychivoe lesopol’-zovanie. №2 (21), 2009. pp. 12-16.
10. Rummyantsev D.E. *Istoriya i metodologiya lesovodstvennoy dendrokhronologii: monografiya* [History and Methodology of silvicultural dendrochronology]. Moscow. MSFU, 2010. 109 p.

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ФАУТНОСТИ ОСИНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ

С.Б. ПАЛЬЧИКОВ, доц. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ, канд. с.-х. наук,
Е.С. УТКИНА, асп. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ

dendro@mgul.ac.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

В ходе проводимых исследований по диагностике фаутности осиновых насаждений различной возрастной структуры дендрохронологическими методами давалась сравнительная оценка изменения запаса их растущей части при выборочных рубках с различной степенью их интенсивности для выявления характера изменения текущего прироста и степени поражения древостоев стволовой гнилью. На основании полученных результатов дендрохронологического анализа устанавливались закономерности хода роста и степень поражения стволовой гнилью изучаемых древостоев в зависимости от условий произрастания. Целью данной работы являлось также изучение динамики формирования гнилевых заболеваний и путей оздоровления древостоев. Пробные площади закладывались в таксационных выделах средневозрастных, приспевающих и спелых осиновых древостоев I-III бонитета Сергиево-Посадского лесничества Московской области. Определялась высота каждого дерева, диаметр на высоте груди, класс роста по Крафту, категория состояния, наличие признаков вредителей и болезней. На каждой пробной площади выполнялось геоботаническое описание: определялся состав древостоя, состав подлеска, подроста и живого напочвенного покрова. Отбор образцов древесины производился с помощью бурава Пресслера на высоте 1,3 м по произвольно взятому радиусу. На модельных деревьях с полным анализом ствола пробы на наличие гнили и характер ее распространения по стволу брались через метровые отрезки ствола. Установлено, что целевые параметры формируемых осиновых насаждений должны устанавливаться с учетом их оптимальной структуры и функционального назначения для конкретных объектов. Указывается на необходимость использования современных методов дендрохронологического анализа для диагностики фаутности отдельных деревьев и насаждений.

Ключевые слова: состояние, оценка, дендрохронология

Основная задача по формированию устойчивых насаждений основных лесобразующих пород сводится к выращиванию в конкретных типологических условиях наиболее ценных и функционально полезных насаждений, в том числе и осиновых.

В ходе проводимых исследований по диагностике фаутности осиновых насаждений различной возрастной структуры дендрохронологическими методами давалась сравнительная оценка изменения запаса их растущей части при выборочных рубках с различной степенью их интенсивности для выявления характера изменения текущего прироста и степени поражения древостоев стволовой гнилью. На основании полученных результатов дендрохронологического анализа устанавливались закономерности хода роста и степень поражения стволовой гнилью изучаемых древостоев в зависимости от условий произрастания. Целью данной работы являлось также изучение динамики формирования гнилевых заболеваний и путей оздоровления древостоев.

Пробные площади закладывались в таксационных выделах средневозрастных,

приспевающих и спелых осиновых древостоев I-III бонитета Сергиево-Посадского лесничества Московской области. Определялась высота каждого дерева, диаметр на высоте 1,3 м, класс роста по Крафту, категория состояния, наличие признаков вредителей и болезней.

На каждой пробной площади выполнялось геоботаническое описание: определялся состав древостоя, состав подлеска, подроста и живого напочвенного покрова. Отбор образцов древесины производился с помощью бурава Пресслера на высоте 1,3 м по произвольно взятому радиусу. На модельных деревьях с полным анализом ствола пробы на наличие гнили и характер ее распространения по стволу брались через метровые отрезки ствола

Необходимой частью проводимых исследований являлось изучение закономерностей изменения важнейшего лесоводственно-биологического показателя – прироста отдельных деревьев и насаждений [1, 2, 4].

В процессе исследований изучались характерные особенности среднего измене-

ния запаса растущей части и общего среднего прироста осиновых насаждений при различных возрастах рубки в различных типах леса [5, 6]. Установлено, что характерное уменьшение величины среднего прироста растущей части и общего среднего прироста осиновых насаждений с возраста 40 лет является общей закономерностью изучаемых объектов для всех типов леса. Текущее же изменение запаса растущей части и общего прироста осиновых насаждений имеет тенденцию к снижению с возраста 30 лет во всех изучаемых типах леса. Данные результаты экспериментальных исследований позволяют проводить и регулировать интенсивность выборочных рубок осиновых насаждений с различной степенью фауности. Результаты исследований говорят о необходимости их использования при проектировании конкретных мероприятий по целевому формированию осиновых насаждений современных методов дендрохронологического анализа и подтверждают необходимость учета степени пораженности гнилью осиновых насаждений при определении их продуктивности в различные возрастные периоды [7, 8].

Результаты проведенных исследований и многочисленных наблюдений ряда авторов в различных лесорастительных условиях показывают, что в процессе естественного роста происходит дифференциация основных лесотаксационных параметров осиновых насаждений, определяющих закономерности их роста и продуктивность.

Проведенные исследования по изучению особенностей состояния товарной структуры древесины осиновых насаждений, с учетом дополнительного дендрохронологического анализа ее реального состояния, позволяют сделать следующие выводы:

– установлено, что характер динамики продуктивности осиновых древостоев изучаемого района хвойно-широколиственных лесов европейской части РФ имеет особенности, определяемые условиями местопроизрастания, степенью пораженности гнилевыми заболеваниями и целевыми задачами формирования насаждений;

– анализ показателей продуктивности исследованных осинников показал, что процент выхода деловой древесины достигает максимума в возрасте 30–40 лет (при 20–30 % степени пораженности грибными заболеваниями). Общей тенденцией для всех исследуемых типов леса является резкое снижение процента выхода деловой древесины и баланса с пятого класса возраста;

– установлено, что в осиновых древостоях III–IV классов возраста с 25–30 % степенью пораженности грибными заболеваниями максимальный выход деловой древесины снижается до 60 %;

– количество пораженных сердцевинной гнилью деревьев имеет наиболее тесную связь с возрастом. С увеличением последнего процент зараженных деревьев к возрасту главной рубки (V класс возраста) достигает 80 %. После 30-летнего возраста напенная гниль прекращает рост в высоту, а интенсивность роста сердцевинной гнили у деревьев V класса возраста достигает 40 % от высоты деревьев;

– результаты проведенного учета только одного из распространенных пороков исследуемых осинников (поражение грибными заболеваниями) говорит о необходимости внесения существенных поправок в используемые нормативные показатели для их реальной оценки, в том числе и методы дендрохронологического анализа.

Библиографический список

1. Антанайтис, В.В. Прирост леса / В.В. Антанайтис, В.В. Загреев. – М.: Лесная пром-сть, 1969. – 240 с.
2. Баранов, А.Ф. Нормативы для таксации лесов центрального и южных районов европейской части Российской Федерации / А.Ф. Баранов, Н.Н. Гусев. – М.: Рослесхоз, 1993. – 418 с.
3. Гуцин, И.И. Выращивание здоровых осинников в лесах Московской области / И.И. Гуцин. – М.: ВНИИЛМ, 1967. – 23 с.
4. Загреев, В.В. Общесоюзные нормативы для таксации лесов / В.В. Загреев, В.И. Сухих, А.З. Щвиденко, Н.Н. Гусев др. – М.: Колос, 1992. – 495 с.
5. Мелехов, И.С. Лесоведение и лесоводство / И.С. Мелехов. – М.: МЛТИ, 1970. – 148 с.

6. Мелехов, И.С. Лесная типология / И.С. Мелехов. – М.: МЛТИ, 1976. – 72 с.
7. Стороженко, В.Г., Михайлов Л.Е. Объемные показатели грибного поражения осинников / В.Г. Стороженко, Л.Е. Михайлов // Лесное хозяйство. – 1986. – № 8. – С. 41–42.
8. Семенкова, И.Г. Лесная фитопатология / И.Г. Семенкова. – М.: МГУЛ, 2001. – 197 с.
9. Семенкова, И.Г. Фитопатология: уч. для вузов / И.Г. Семенкова, Э.С. Соколова. – М: Издательский центр «Академия», 2003. – 480 с.
10. Фокин, В.Н. Основные пороки древесины осины и березы и их влияние на выход деловой древесины / В.Н. Фокин, А.Ф. Гуров // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2000. – С. 92–94.

INDICATION OF ASPEN FOREST STANDS CONDITION BY DENDROCHRONOLOGICAL METHODS

Palchikov S.B., Assoc. Department. forest management and forest protection MGUL, PhD. agricultural Science; **Ytkina E.S.**, pg. Department. forest management and forest protection MGUL

dendro@mgul.ac.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

In the course of performed research of diagnostic of various age structure aspen stands defectiveness by means of dendrochronological methods, a comparative evaluation of inventory change of their growing part at selective felling with various degree of their intensity for detecting character of current growth changes and the degree of stands damage with stem rot. On the basis of dendrochronological analysis results, growth course regularities and degree of damage of the studied stands with stem rot depending on the growth conditions were established. The aim of this work was also the study of dynamics of rot diseases development and ways of forest stands recovery. Sampling areas were chosen in the taxation sections of middle-aged, maturing and mature aspen stands of I-III bonitet in SergiyevPosad forest in Moscow region. Each tree height was measured, as well as diameter at breast height, class growth according to Kraft, category of the condition, signs of pests and diseases. A geobotanical description was performed on each sampling area: stand composition was determined, underwood composition, young growth and forest live cover. Wood sampling was carried out by using Pressler increment borer at a height of 1,3 m on a radius taken at will. On model trees with a complete stem analysis, samples for detection of rot and the nature of its distribution on the stem were taken at each meter segment of the stem. It is found out that the target parameters of forming aspen stands should be determined with regard to their optimal structure and purpose of use for specific objects. Necessity of modern methods usage of dendrochronological analysis for the diagnosis of individual trees and stands defectiveness.

Key words: condition, evaluation, dendrochronology

References

1. Antanajtis V.V., Zagreev V.V. *Prirost lesa* [The increase of the forest]. Moscow. Lesnaja promyshlennost' [Forest industry], 1969. 240 p.
2. Baranov A.F., Gusev N.N. *Normativy dlya taksatsii lesov tsentral'nogo i yuzhnykh rayonov evropeyskoy chasti Rossiyskoy Federatsii* [Standards for forest inventory Central and southern areas of the European part of the Russian Federation]. M., Rosleshoz (Federal forestry agency), 1993. 418 p.
3. Gushhin I.I. *Vyrashchivanie zdorovykh osinnikov v lesakh Moskovskoy oblasti* [The cultivation of healthy aspen trees in the forests of the Moscow region]. Moscow. VNIILM (Russian Research Institute for Silviculture and Mechanization of Forestry (VNIILM)), 1967. 23 p.
4. Zagreev V.V., Suhii V.I., Shhvidenko A.Z., Gusev N.N., Moshkalev A.G. *Obshcheyuznyye normativy dlya taksatsii lesov* [All-Union standards for forest inventory]. Moscow. Kolos, 1992. 495 p.
5. Melekhov I.S. *Lesovedenie i lesovodstvo* [The forest science and forestry]. Moscow. MLTI [MSFU], 1970. 148 p.
6. Melekhov I.S. *Lesnaya tipologiya* [Forest typology]. M., MLTI (MSFU), 1976. 72 p.
7. Storozhenko V.G., Mihajlov L.E. *Ob'emye pokazateli gribnogo porazheniya osinnikov* [Volume indices of fungal lesions of the aspen trees]. Lesnoe hozjajstvo [Forestry]. 1986. № 8. pp. 41-42.
8. Semenkov, I.G. *Lesnaya fitopatologiya* [Forest phytopathology]. Moscow. MSFU, 2001. 197 p.
9. Semenkov, I.G., Sokolova, E.S. *Fitopatologiya* [Phytopathology]. Moscow. Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2003. 480 p.
10. Fokin V.N., Gurov A.F. *Osnovnyye poroki drevesiny osiny i berezy i ikh vliyanie na vykhod delovoy drevesiny* [The main flaws of wood of aspen and birch and their impact on the output of commercial timber]. Moscow state forest university bulletin – Lesnoy vestnik, 2000. pp. 92-94.

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ БОЛЬШИХ ЦИКЛОВ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ

А.Ю. РЕТЕЮМ, проф. географического факультета МГУ им. М.В. Ломоносова, д-р геогр. наук

aretejum@yandex.ru

Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова

119991, Россия, Москва, ГСП-1, Ленинские горы, МГУ им. М.В. Ломоносова, Географический факультет

Социально-экономическое значение изменений климата постоянно растет, что определяет важность разработки надежных приемов долгосрочного прогнозирования. Наибольшей известностью до сих пор пользуются экстраполяции по трендам температуры приземного слоя воздуха, ориентированные на идею парникового эффекта. Не касаясь физической природы гипотетического процесса, необходимо указать на факты, свидетельствующие скорее о естественном, а не антропогенном происхождении современного потепления, в частности, признаки усиления тектонической активности Земли в последние десятилетия. Обнаружение макроциклов при наличии дендрохронологической информации по простым сообществам (где космический сигнал хорошо отделяется от внутреннего шума) позволяет перейти к широкому изучению феномена периодичности природных процессов в четырех полушариях с целью создания предпосылок для долгосрочного прогнозирования. Благодаря огромному объему данных лучше других может быть изучен последний 179-летний макроцикл. Перед его началом, датируемым 1811 г., в североконтинентальном климате Центральной Азии пророст деревьев повысился и затем через несколько лет произошло его характерное падение. Располагая сведениями о зависимостях солнечной активности и скорости вращения Земли от положения центра Солнца по отношению к барицентру Солнечной системы, можно оценить вероятность того или иного варианта развития событий. В установлении характера этих связей при неполноте инструментальной информации важную роль призвана играть дендрохронология. Изучение самых длинных дендрохронологических рядов дает основание заключить, что конец и начало главных макроциклов – это время возникновения климатических аномалий. Использование исторических аналогов для целей предвидения в настоящий момент несколько осложняется из-за необходимости принять во внимание эффект беспрецедентной (по крайней мере, в течение последних столетий) активизации процессов на Земле и на Солнце, одним из проявлений которой служит глобальное потепление. Фактор неопределенности заставляет с осторожностью подходить к оценке риска дальнейших изменений климата. Тем не менее, вероятность похолодания в ближайшие годы нужно считать высокой.

Ключевые слова: дендрохронология, космические факторы, глобальные изменения климата, солнечная активность

Вводные замечания

Социально-экономическое значение изменений климата постоянно растет, что определяет важность разработки надежных приемов долгосрочного прогнозирования. Наибольшей известностью до сих пор пользуются экстраполяции по трендам температуры приземного слоя воздуха, ориентированные на идею парникового эффекта. Не касаясь физической природы гипотетического процесса (Сорохтин, 2007), необходимо указать на факты, свидетельствующие, скорее, о естественном, а не антропогенном происхождении современного потепления, в частности, признаки усиления тектонической активности Земли в последние десятилетия.

Предвидение природных событий, в принципе, возможно на основе знаний о циклически упорядоченном развитии окружающей среды, запечатленном в древесных кольцах. Однако задача создания эффективного метода достаточно сложна. Соответствующие дендрохронологические исследования посвящены главным образом 11-летним

солнечным циклам, структура же периодов большей длительности практически остается неизвестной.

В середине 60-х гг. прошлого века П.Д. Хозе (1965), использовавший первые вычислительные машины, установил, что Солнце перемещается относительно барицентра (центра масс) Солнечной системы со 179-летней периодичностью. Позднее Т. Ландшайдт (1987) и его последователи обнаружили различные проявления этого цикла в биосфере.

Анализ эфемерид, выполненный с помощью программы EPOS, показывает, что в Солнечной системе существует целый ряд циклов, кратных 179 годам (358-летние, 716-летние и др.). Наибольшей амплитудой колебаний в движении звезды выделяются 1432-летний и 2864-летний циклы (рис. 1 и 2).

Обнаружение макроциклов при наличии дендрохронологической информации по простым сообществам (где космический сигнал хорошо отделяется от внутреннего шума) позволяет перейти к широкому изучению феномена периодичности природных процессов в четырех полушариях с целью создания

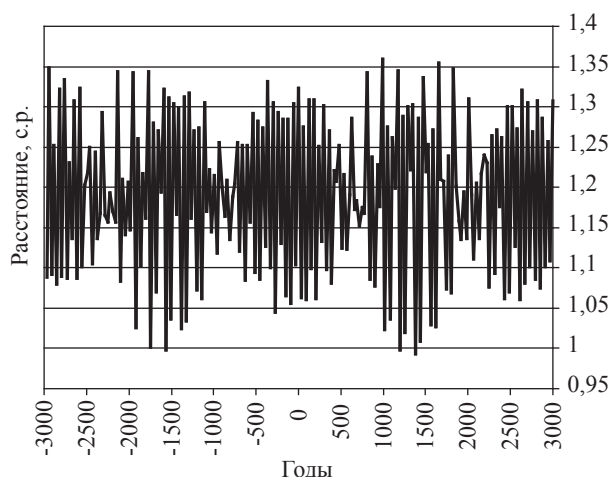


Рис. 1. Изменения расстояния центра звезды до барицентра Солнечной системы (осреднение по 10 лет), с.р. – солнечные радиусы. Источник: расчет с помощью программы EPOS-3

Fig. 1. Changes in the distance of the star center to the barycenter of the solar system (averaging 10 years), the SR - Solar radii. Source: Calculated using the EPOS-3

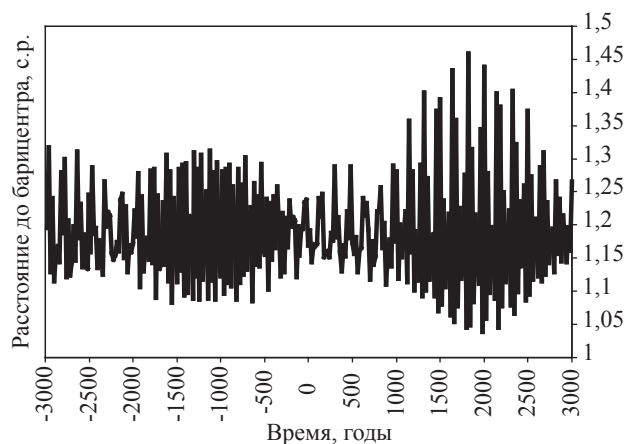


Рис. 2. Изменение расстояния центра звезды до барицентра Солнечной системы в 2864-летнем макроцикле (осреднение по 20 лет), с.р. – солнечные радиусы. Источник: Ibid

Fig. 2. Change the distance of the star center to the barycenter of the solar system in 2864-year-macrocycle (averaging 20 years), the SR - Solar radii. Source: Ibid

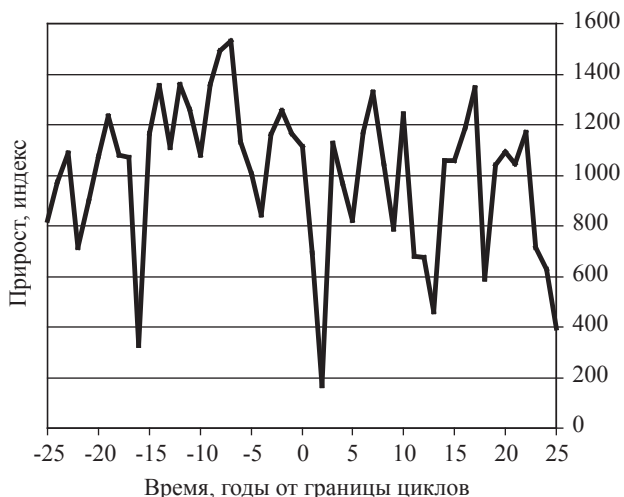


Рис. 3. Рост можжевельника (*Juniperus* spp.) на Тянь-Шане и Каракоруме (Пакистан) на временной границе циклов 1811/1989 и 1632/1810 (выборка из 22 деревьев). Источник: расчет по данным J. Esper, K. Treydte, and M. Winiger (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 3. The growth of juniper (*Juniperus* spp.) In the Tien Shan and the Karakorum (Pakistan) on a temporary boundary cycles 1811/1989 and 1632/1810 (sample of 22 trees). Source: Calculated according to J. Esper, K. Treydte, and M. Winiger (The International Tree-Ring Data Bank)

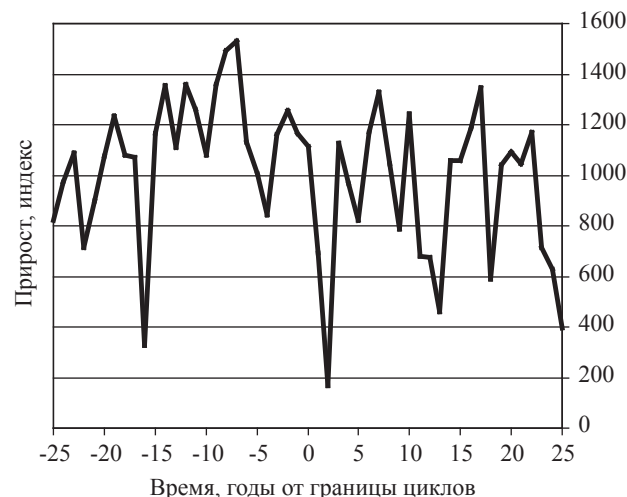


Рис. 4. Рост остистой сосны (*Pinus oristata*) в массиве Уайт-Маунтинс (Калифорния, США) на временной границе циклов 1811/1989 и 1632/1810 (выборка из 30 деревьев). Источник: расчет по данным C.W.Ferguson, E.Schulman, H.C.Fritts (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 4. Height spinalis pine (*Pinus oristata*) in an array of the White Mountains (California, USA) on a temporary border 1811/1989 and 1632/1810 cycles (sample of 30 trees). Source: calculations based on CW Ferguson, E. Schulman, HCFritts (The International Tree-Ring Data Bank)

предпосылок для долгосрочного прогнозирования.

Базовый макроцикл

Благодаря огромному объему данных лучше других может быть изучен последний

179-летний макроцикл. Перед его началом, датируемым 1811 г., в сверхконтинентальном климате Центральной Азии прирост деревьев повысился и затем через несколько лет произошло его характерное падение (рис. 3).

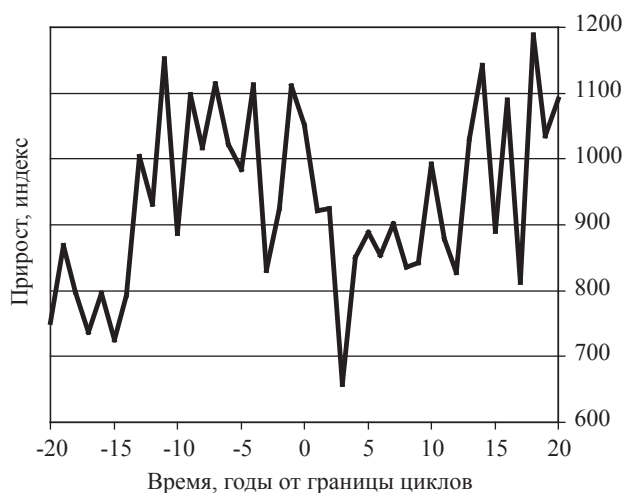


Рис. 5. Отражение временной границы между 179-летними циклами Солнечной системы в росте сосны Кинг Билли (*Athrodaxis selaginoides*) на Центральном плато в Тасмании (выборка из 63 деревьев). Источник: расчет по данным V.C.Lamarche, J.Ogden, D. Campbell, P.W.Dunwiddie (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 5. Reflection time boundary between the 179-year cycles of the solar system in the growth of pine, King Billy (*Athrodaxis selaginoides*) on the Central Plateau in Tasmania (a sample of 63 trees). Source: calculations based on VCLamarche, J.Ogden, D. Campbell, PWDunwiddie (The International Tree-Ring Data Bank)

Высокогорный лес, растущий в аридных условиях ветровой тени в Северной Америке, реагировал на изменения в Солнечной системе также кратковременным резким падением прироста (рис. 4).

Многолетним падением продуктивности леса сопровождалось наступление нового цикла в горах Тасмании (рис. 5).

Отклик лесов Аргентины, обитающих в климатических условиях, которые формируются под влиянием общих для тихоокеанского окружения циркуляционных механизмов, был аналогичным (рис. 6).

Как правило, 179-летний цикл роста деревьев имеет двухчастную структуру и отличается симметричностью (рис. 7 и 8).

Как показывает сравнительный анализ, цепочки связи «планеты – Солнце – биосфера», замыкающиеся на продуктивности лесов Северного и Южного полушарий, испытывают асинхронные колебания (рис. 9).

При суммировании величин прироста по большому числу периодов благодаря ком-

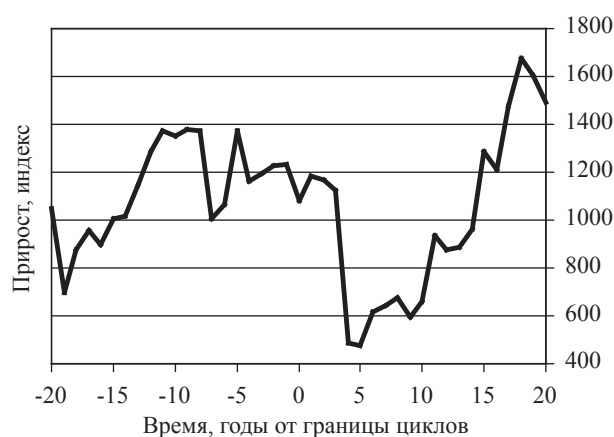


Рис. 6. Отклик фицрой кипарисовидной (*Fitzroya cupressoides*) в Андах (Аргентина) на смену режимов движения в Солнечной системе в конце XVII – начале XIX вв. (выборка из 38 деревьев). Источник: расчет по данным J.Boninsegna (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 6. Response Fitzroya kypapicobidnoy (*Fitzroya cupressoides*) in the Andes (Argentina) to replace the regimes of motion in the solar system at the end of XVII - beginning of XIX centuries. (a sample of 38 trees). Source: calculations based on J.Boninsegna (The International Tree-Ring Data Bank)

пенсации случайных аномалий с противоположным знаком четко проявляется центрированная структура 179-летнего цикла (рис. 10).

Середина 179-летних циклов часто выделяется минимальными значениями стандартного отклонения величин прироста (рис. 11).

В ряде случаев кривые 179-летних циклов роста настолько рельефны, что для идентификации не требуются специальные средства обработки данных (рис. 12).

Промежуточные циклы

Начало и конец циклов длительностью 358 и 716 лет, как правило, фиксируются по значительным контрастам индекса годового прироста (рис. 13) или переломам тренда (рис. 14).

Структура макроциклов этого типа характеризуется высокой степенью упорядоченности, проявляющейся уже на уровне индивидуальных периодов (рис. 15).

Закономерности вековых колебаний роста леса, выражающиеся в образовании

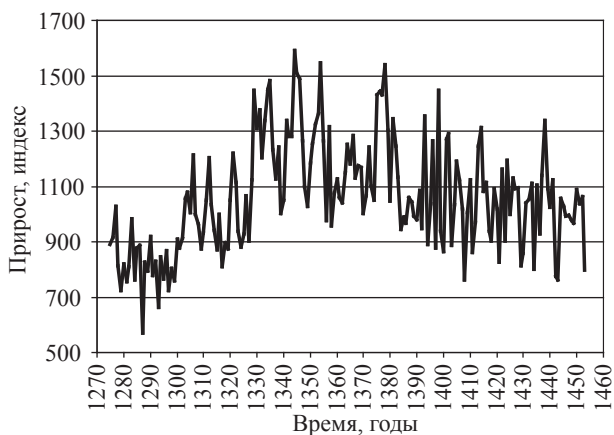


Рис. 7. Солнечный 179-летний цикл роста западной туи (*Thuja occidentalis*) на холмах Квебека (Канада) в 1275–1453 гг. (выборка из 8–24 деревьев). Источник: по данным S.Archambault, Y.Bergeron (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 7. Sunny 179-year cycle of growth western arborvitae (*Thuja occidentalis*) on the hills of Quebec (Canada) in the 1275–1453 period. (a sample of 8–24 trees). Source: Based on S.Archambault, Y.Bergeron (The International Tree-Ring Data Bank)

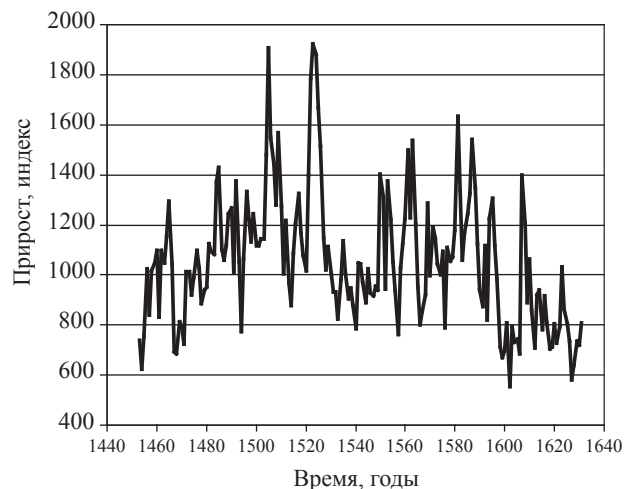


Рис. 8. Солнечный 179-летний цикл роста араукарии (*Araucaria araucana*) в Андах (Чили) в XV–XVII вв. (выборка из 2–4 деревьев). Источник: по данным R.L.Holmes, P.W.Dunwiddie, J.Gutierrez (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 8. Sunny 179-year cycle of growth araucaria (*Araucaria araucana*) in the Andes (Chile) in the XV–XVII centuries. (a sample of 2–4 trees). Source: Based on R.L.Holmes, P.W.Dunwiddie, J.Gutierrez (The International Tree-Ring Data Bank)

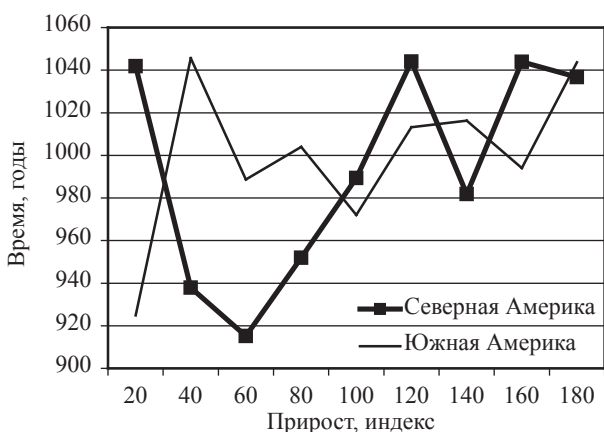


Рис. 9. Ход роста деревьев в Северной Америке (сосна остистая) и в Южной Америке (фицроя кипарисовидная) по годам 179-летнего цикла в период 559–1810 гг. (осреднение по 20 лет). Источник: расчет по данным C.W.Ferguson, E.Schulman, H.C.Fritts и J.Boninsegna (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 9. Proceedings of tree growth in North America (bristlecone pine) and South America (Fitzroy kauri) data 179-year cycle in the period of 559–1810 years. (averaging 20 years). Source: calculations based on C.W.Ferguson, E.Schulman, H.C.Fritts and J.Boninsegna (The International Tree-Ring Data Bank)

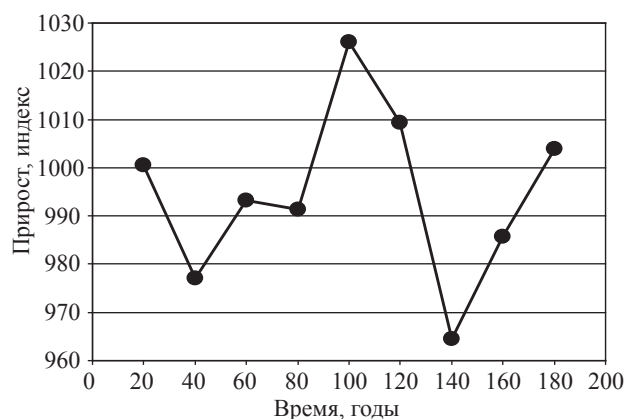


Рис. 10. Солнечный 179-летний цикл роста остистой сосны на хребте Уайт-Маунтинс в Калифорнии (осреднение за 6955 лет). Источник: расчет по данным C.W.Ferguson, E.Schulman, H.C.Fritts (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 10. Sunny 179-year cycle of growth spiny pine on a ridge in the White Mountains of California (averaging over 6955 years). Source: calculations based on C.W.Ferguson, E.Schulman, H.C.Fritts (The International Tree-Ring Data Bank)

центральной положительной или отрицательной аномалии, легко прослеживаются при обобщении данных по многим циклам (рис. 16 и 17).

Главный макроцикл

Несмотря на ограниченный объем информации по первым векам новой эры и бо-

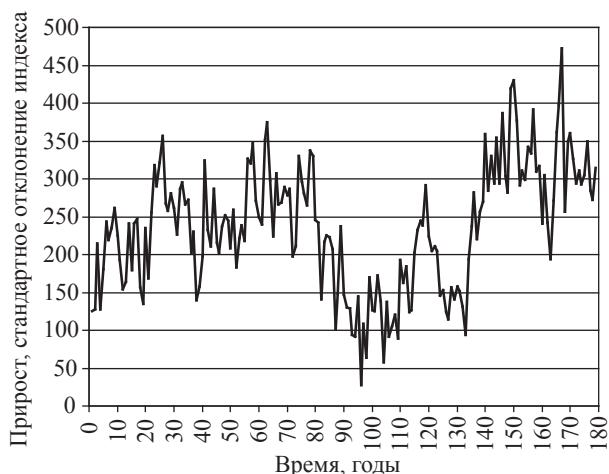


Рис. 11. Солнечный 179-летний цикл роста сибирского кедра (*Pinus sibirica*) на хребте Тарбагатай (Монголия) в период 917–1989 гг. Источник: расчет по данным G.C.Jacoby, R.D'Arrigo, B.M.Buckley, N.Pederson (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 11. Sunny 179-year cycle of growth of the Siberian cedar (*Pinus sibirica*) on the ridge Tarbagatai (Mongolia) in the period 917-1989 years. Source: calculations based on G.C.Jacoby, R.D'Arrigo, B.M.Buckley, N.Pederson (The International Tree-Ring Data Bank)



Рис. 13. Рост лесной сосны (*Pinus silvestris*) в Пиренеях (Испания) у временной границы двух 358-летних циклов – 1632/1989 и 1275/1631 (выборка из 2–12 деревьев). Источник: по данным K.Richter (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 13. Growth Forest Pine (*Pinus silvestris*) in the Pyrenees (Spain) at the time the borders of two 358-year cycles - 1632/1989 1275/1631 and (a sample of 2-12 trees). Source: Based on K.Richter (The International Tree-Ring Data Bank)

лее раннему времени, о цикле длительностью около 1430 лет можно составить достаточно определенное представление.

С рубежом последнего и предпоследнего макроциклов в высокочувствительных

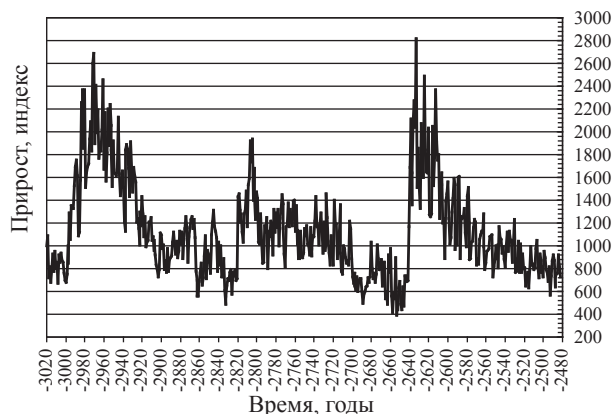


Рис. 12. Серия 179-летних циклов роста дуба (*Quercus* spp.) в предгорьях Альп в районе Боденского оз. (Германия) в период 3020–2480 гг. до н.э. (выборка из 6–34 погребенных деревьев). Источник: по данным A.Billamboz (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 12. Series 179-year cycles of growth of oak (*Quercus* spp.) in the foothills of the Alps in the region of Lake Constance. (Germany) during the 3020-2480 period. BC (a sample of 6-34 buried trees). Source: Based on A.Billamboz (The International Tree-Ring Data Bank)

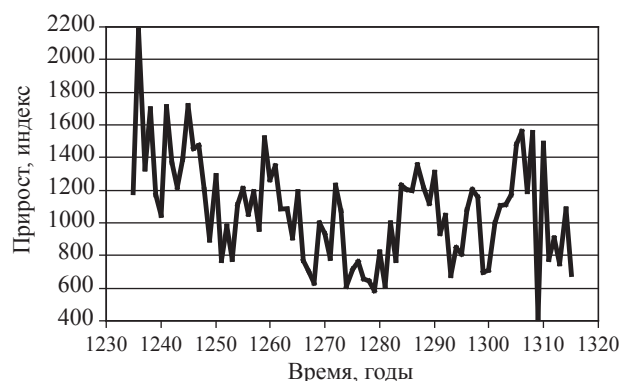


Рис. 14. Рост атлантического кедра (*Cedrus libani*) в горах Атласа (Марокко) у временной границы двух 716-летних циклов – 1275/1989 и 559/1275 (выборка из 2–3 деревьев). Источник: по данным N.Chbouki, C.W.Stockton, T.Harlan, D.Meko, R.Adams, M.F.Gluck (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 14. The growth of the Atlantic cedar (*Cedrus libani*) in the Atlas Mountains (Morocco) at the time the borders of two 716-year cycles - 1275/1989 and 559/1275 (sample of 2-3 trees). Source: Based on N.Chbouki, C.W.Stockton, T.Harlan, D.Meko, R.Adams, M.F.Gluck (The International Tree-Ring Data Bank)

лесах центра Евразии связаны крупномасштабные изменения продуктивности, причем период минимального прироста деревьев совпал с критической эпохой 559 г., когда центр Солнца и барицентр Солнечной сис-

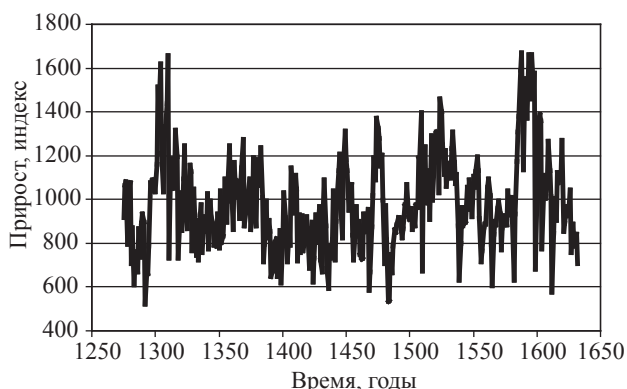


Рис. 15. Циклический рост фицрои кипарисовидной в Андах (Аргентина) в период 1275–1631 г. Источник: по данным J.Boninsegna (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 15. Cyclic growth Fitzroy kyparisovidnoy in the Andes (Argentina) during the 1275-1631 period. Source: Based on J.Boninsegna (The International Tree-Ring Data Bank)

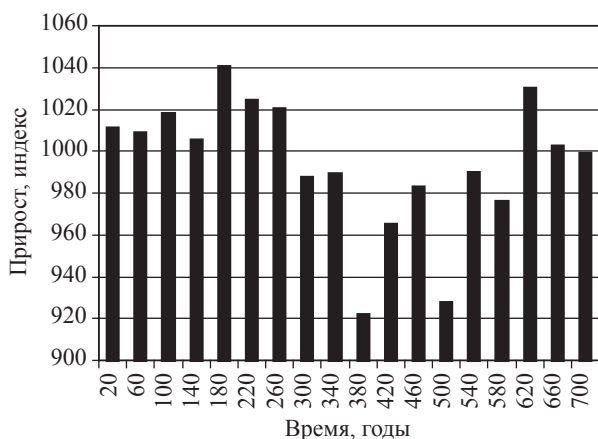


Рис. 17. Солнечный 716-летний цикл роста остистой сосны в массиве Уайт-Маунтинз в период длительностью 6800 г. (осреднение по 40 лет). Источник: Ibid

Fig. 17. Sunny 716-year cycle of growth spinalis pines in the White Mountains array during the duration of 6800 (averaging 40 years). Source: Ibid

темы сблизилась на кратчайшее расстояние (рис. 18).

Источник: по данным P.Sheppard, L.Graumlich (The International Tree-Ring Data Bank).

На крайнем севере Евразии момент ухудшения роста наступил с большим опережением (рис. 19).

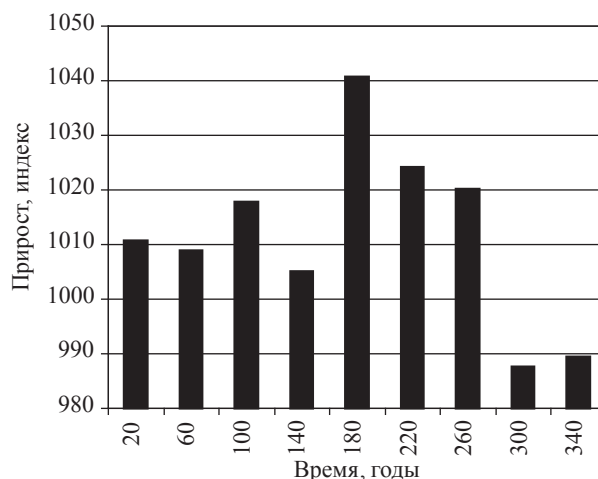


Рис. 16. Солнечный 358-летний цикл роста остистой сосны в массиве Уайт-Маунтинс (США, Калифорния) в период длительностью 6800 г. (осреднение по 40 лет). Источник: расчет по данным C.W.Ferguson, E.Schulman, H.C.Fritts (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 16. Sunny 358-year cycle of growth spinalis pine array White Mountains (California, USA) in 6800, the period of duration (averaging 40 years). Source: calculations based on CWFerguson, E.Schulman, HCFritts (The International Tree-Ring Data Bank)

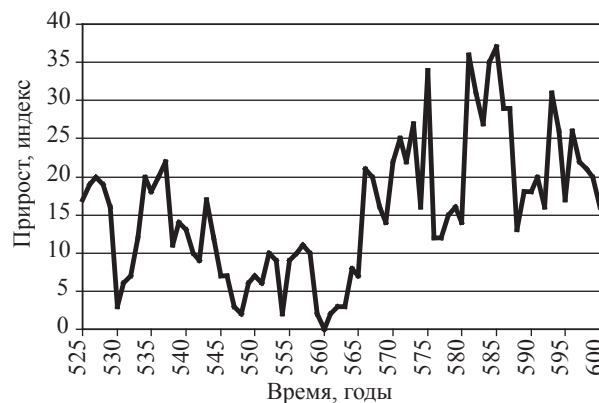


Рис. 18. Рост можжевельника Пржевальского (*Juniperus przewalskii*) в Тибетском нагорье (Китай) в конце цикла –872/558 и начале цикла 559/1989

Fig. 18. Height Przewalski juniper (*Juniperus przewalskii*) in the Tibetan Plateau (China) at the end of a cycle and the beginning of the cycle -872 / 558 559/1989

В срединной части Северной Америки в переходный период между циклами –872/558 и 559/1989 ухудшение роста деревьев было сильным, но кратковременным (рис. 20).

В Южном (океаническом) полушарии в связи с большой инерционностью климатических процессов замедление развития леса на временной границе 1432-летних циклов

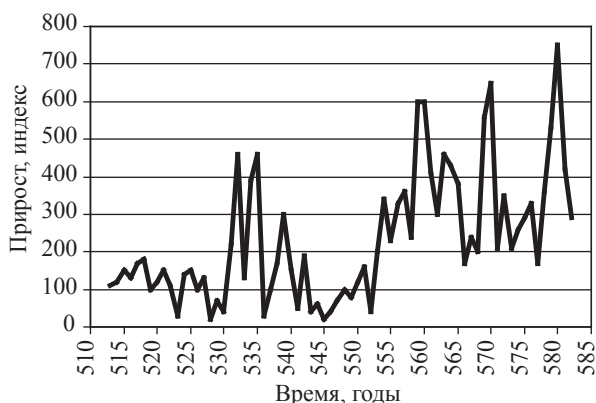


Рис. 19. Рост даурской лиственницы на Таймыре (Россия) в переходный период между циклами –872/558 и 559/1989. Источник: по данным R.D'Arrigo, R.Wilson, G.Jacoby (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 19. Height dahurian larch on the Taimyr Peninsula (Russia) in the transitional period between cycles -872/558 and 559/1989. Source: Based on R.D'Arrigo, R.Wilson, G.Jacoby (The International Tree-Ring Data Bank)

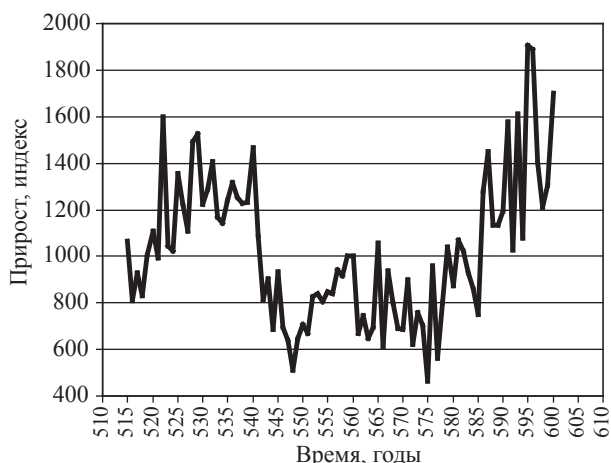


Рис. 21. Рост фицрой кипарисовидной в Андах (Аргентина) в конце цикла –872/558 и начале цикла 559/1989. Источник: по данным J.Boninsegna (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 21. Height Fitzroy kyparisovidnoy in the Andes (Argentina) at the end of a cycle and the beginning of the cycle -872 / 558 559/1989. Source: Based on J.Boninsegna (The International Tree-Ring Data Bank)

в VI в., судя по аргентинским дендрологическим данным, растянулось на десятилетия (рис. 21).

Наиболее благоприятные условия для роста долгоживущей остистой сосны в горах Северной Америки создаются в середине 1432-летнего цикла (рис. 22).

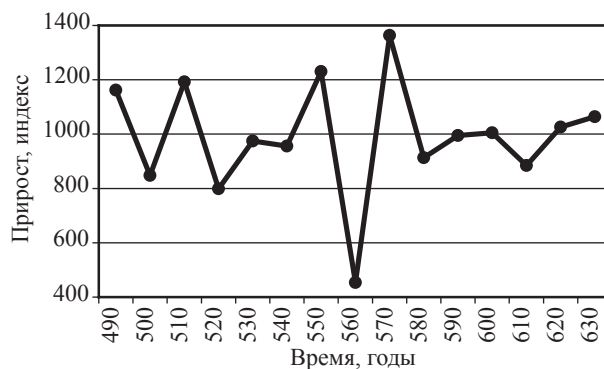


Рис. 20. Рост лжетсуги тиссолистной на плато Колорадо (США, Нью-Мексико) в V–VII вв. (осреднение по 10 лет, выборка из 2–10 деревьев). Источник: расчет по данным H.Grissano-Mayer, D.Stahle, M.Therrell (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 20. The growth of Douglas fir on the Colorado Plateau (USA, New Mexico) in the V-VII centuries. (averaging over 10 years, the sample of 2-10 trees). Source: calculations based on H.Grissano-Mayer, D.Stahle, M.Therrell (The International Tree-Ring Data Bank)

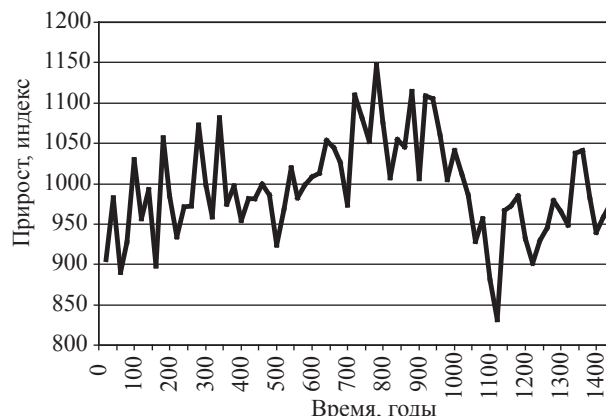


Рис. 22. Солнечный 1432-летний цикл роста остистой сосны в массиве Уайт-Маунтинс (США, Калифорния) в период с 5141 г. до н.э. по 1962 г. (осреднение по 20 лет). Источник: расчет по данным C.W.Ferguson, E.Schulman, H.C.Fritts (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 22. Sunny 1432-year cycle of growth spinalis pine array White Mountains (California, USA) in the period from 5141 BC to 1962 (averaging 20 years). Source: calculations based on CWFerguson, E.Schulman, HCFritts (The International Tree-Ring Data Bank)

Вопросы прогнозирования

Для разработки методов долгосрочного и сверхдолгосрочного прогнозирования изменений климата нужно знать их внешние причины. Как показывают результаты исследований (Ретеюм, 2011), периодические воз-

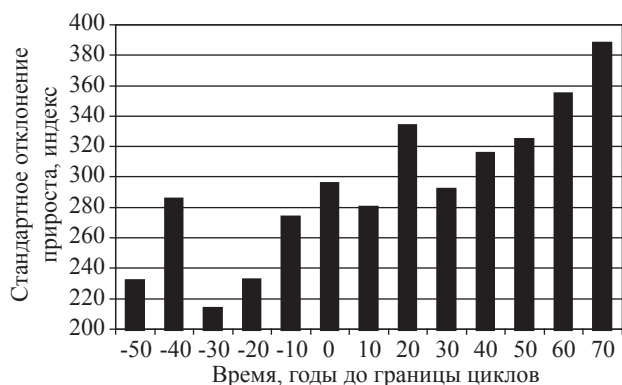


Рис. 23. Стандартное отклонение прироста остистой сосны в нагорье Большой бассейн (США, Калифорния) на рубеже 1432-летних циклов в период с 5221 г. до н.э. по 630 г. (осреднение по 10 лет). Источник: расчет по данным D.A.Graybill (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 23. Standard deviation of growth spinalis pine in Highlands Large swimming pool (California, USA) at the turn of 1432-year cycles in the period from 5221 BC at 630 (averaging 10 years). Source: calculations based on DAGraybill (The International Tree-Ring Data Bank)

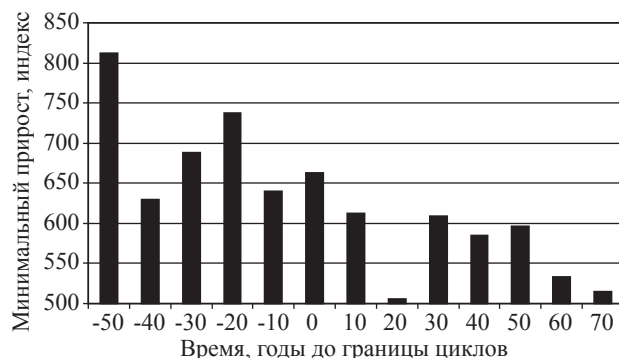


Рис. 24. Минимальный прирост сосны остистой в массиве Уайт-Маунтинс (США, Калифорния) в период с 5221 г. до н.э. по 630 г. (осреднение по 10 лет). Источник: расчет по данным С.W.Ferguson, E.Schulman, H.C.Fritts (The International Tree-Ring Data Bank)

Fig. 24. Minimal increase in the array of pine spinalis White Mountains (California, USA) in the period from 5221 BC at 630 (averaging 10 years). Source: calculations based on CWFerguson, E.Schulman, HCFritts (The International Tree-Ring Data Bank)

мущения в атмосфере Земли порождаются движением небесных тел. Непосредственными источниками энергии служат следующие три процесса:

- 1) передача импульса от вращающихся планет;
- 2) солнечная радиация и галактические космические лучи, контролируемые обращением планет;
- 3) передача импульса от вращающейся звезды.

Располагая сведениями о зависимостях солнечной активности и скорости вращения Земли от положения центра Солнца по отношению к барицентру Солнечной системы, можно оценить вероятность того или иного варианта развития событий. В установлении характера этих связей при неполноте инструментальной информации важную роль призвана играть дендрохронология.

В 1990 г., когда расстояние между центром Солнца и барицентром Солнечной системы сократилось до 70 тыс. км, с очередного базового (179-летнего) цикла начался новый 1432-летний макроцикл движения планет. Поскольку некоторые закономерности поведения лесов в последние и первые десятилетия соответствующих периодов уже выяснены, от-

крывается путь к предвидению климатической тенденции на обозримую перспективу.

Изучение самых длинных дендрохронологических рядов дает основание заключить, что конец и начало главных макроциклов – это время возникновения климатических аномалий (рис. 23 и 24).

Использование исторических аналогов для целей предвидения в настоящий момент несколько осложняется из-за необходимости принять во внимание эффект беспрецедентной (по крайней мере, в течение последних столетий) активизации процессов на Земле и на Солнце, одним из проявлений которой служит глобальное потепление. Фактор неопределенности заставляет с осторожностью подходить к оценке риска дальнейших изменений климата. Тем не менее, вероятность похолодания в ближайшие годы нужно считать высокой.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 11-05-01203).

Библиографический список

1. Ловелиус, Н.В. Радиальный прирост сосны в сфагновых сосняках лесной зоны России и глобальные факторы среды / Н.В. Ловелиус, К.Н. Дьяконов, С.Б. Пальчиков, А.Ю. Ретеюм, Д.Е. Румянцев, В.А. Липаткин, А.В. Черакшев // Общество. Среда. Развитие, 2013. – № 4(29) – С. 251–259.

2. Дьяконов, К.Н. Геофизические и астрофизические факторы биопродуктивности ландшафтов на северной и верхней границах лесах / К.Н. Дьяконов, Ю.Н. Бочкарев, А.Ю. Ретеюм // Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2012. – № 4 – С. 3–8.
3. Дьяконов, К.Н. Земной отклик на движение внешних планет по данным дендроиндикации / К.Н. Дьяконов, А.Ю. Ретеюм // Известия Русского географического общества, 2013. – Т. 145. – № 5. – С. 10–19.
4. Ретеюм, А.Ю. Новая парадигма в науках о Земле / А.Ю. Ретеюм // Известия РАН: серия географическая, 2006. – № 2 – С. 138–139.
5. Ретеюм, А.Ю. Шаги к глобальному синтезу / А.Ю. Ретеюм // Известия РАН: серия географическая, 2009. – № 6 – С. 123–129.
6. Ретеюм, А.Ю. Зависимость атмосферных осадков от метеорных потоков / А.Ю. Ретеюм, Т.М. Россинская // Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии, 2011. – № 4. – С. 7–12.
7. Ретеюм, А.Ю. Изменения климата на расширяющейся Земле / А.Ю. Ретеюм // Перспективы развития «зелёной» экономики: вызовы для России. Российский институт стратегических исследований. – М., 2011. – С. 100–119.
8. Сорохтин О.Г. Жизнь Земли / О.Г. Сорохтин. – М., Институт компьютерных исследований, 2007. – 452 с.
9. Jose P.D. Sun's Motion and Sunspots. The Astronomical Journal, vol. 70, № 3, 1965, p. 193-200
10. Landscheidt T. Sun - Earth - Man: A Mesh of Cosmic Oscillations. London, Urania, 1987, 112 p

DENDROCHRONOLOGY OF SOLAR SYSTEM MAJOR CYCLES

Retejum A.Ju., prof. Faculty of Geography, Lomonosov Moscow State University, Dr. geogr. Sciences

aretejum@yandex.ru

119991, Russian Federation, Moscow, GSP-1, Leninskie gory, Faculty of Geography, Faculty of Geography of Lomonosov Moscow State University

Socio-economic importance of climate changes is constantly growing, that determines the importance of developing of long-term forecasting reliable methods. Extrapolations by trends of surface air temperature, focused on the idea of the greenhouse effect are still the most famous ones. Leaving aside the physical nature of the hypothetical process it is necessary to specify facts pointing rather to natural and not anthropogenic origin of the current warming, in particular, evidences of increased tectonic activity of the Earth with recent decades. Detection of macrocycles having the dendrochronological information on simple communities (where space signal is well separated from the inner noise), let us pass to a wide study of natural processes periodicity phenomenon in four hemispheres with the aim of creating opportunities for long-term forecasting. Due to the huge amount of data the last 179 years macrocycle can be studied better than others. Before it start, dating back to 1811, in extreme continental climate of Central Asia the trees growth increased and then in a few years there was its typical fall. Having information about the dependencies of solar activity and the Earth's rotation velocity from the position of the Sun center relative to the baricentre of the Solar system, it is possible to estimate the probability of various scenarios. In determination of nature of these relations with the incompleteness of instrument information dendrochronology has to play an important role. The study of the longest dendrochronological rows gives grounds to conclude that the end and the beginning of the main macrocycles is the time of climatic anomalies occurrence. At the usage of historical analogues for the purposes of foresight is a little bit complicated because of the necessity to take into account the effect of the unprecedented (at least in the last centuries) activation of processes on the Earth and on the Sun, one instance of which is global warming. 5 Uncertainty factor makes us to risk of further climate change cautiously. However, probability of a cold spell in the next few years should be considered as high.

Key words: dendrochronology, space factors, global climate changes, solar activity

References

1. Lovelius, N.V., D'yakonov, K.N., Pal'chikov, S.B., Retejum, A.Yu., Rummyantsev, D.E., Lipatkin, V.A., Cherakshev, A.V. Radial'nyy prirost sosny v sfagnovykh sosnyakakh lesnoy zony Rossii i global'nye faktory sredey [Radial growth of pine trees in the pine forests of sphagnum forest zone of Russia and global environmental factors]. Obshchestvo. Sreda. Razvitie. 2013 № 4(29). pp. 251-259.
2. D'yakonov, K.N., Bochkarev, Yu.N., Retejum, A.Yu. Geofizicheskie i astrofizicheskie faktory bioproduktivnosti landshaftov na severnoy i verkhney granitsakh lesakh [Geophysical and astrophysical factors bioefficiency landscape on the northern and upper boundaries of the forests]. Vestnik Moskovskogo universiteta, seriya 5: Geografiya, 2012 № 4. pp. 3-8.
3. D'yakonov, K.N., Retejum, A.Yu. Zemnoy otklik na dvizhenie vneshnikh planet po dannym dendroindikatsii [Earth's response to the motion of the outer planets according Dendroindication]. Izvestiya Russkogo geograficheskogo obshchestva, 2013. T. 145 № 5. pp. 10-19.
4. Retejum, A.Yu. Novaya paradigma v nauках o Zemle [A new paradigm in the earth sciences]. Izvestiya RAN: seriya geograficheskaya, 2006 № 2. pp. 138-139.
5. Retejum, A.Yu. Shagi k global'nomu sintezu [Steps to Global Synthesis]. Izvestiya RAN: seriya geograficheskaya, 2009 № 6. pp. 123-129.
6. Retejum, A.Yu., Rossinskaya T.M. Zavisimost' atmosferykh osadkov ot meteornykh potokov [Dependence of precipitation from meteor showers]. Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii, 2011 № 4. pp. 7-12.
7. Retejum A.Yu. Izmeneniya klimata na rasshiryayushcheysya Zemle [Climate change in the expanding world]. Perspektivy razvitiya «zelenoy» ekonomiki: vyzovy dlya Rossii. Rossiyskiy institut strategicheskikh issledovaniy. Moscow, 2011, pp. 100-119.
8. Sorokhtin O.G. Zhizn' Zemli [Earthliving]. Moscow, Institut komp'yuternykh issledovaniy, 2007, 452 p.
9. Jose P.D. Sun's Motion and Sunspots. The Astronomical Journal, vol. 70, № 3, 1965, pp. 193-200.
10. Landscheidt T. Sun - Earth - Man: A Mesh of Cosmic Oscillations. London, Urania, 1987, 112 p.

ПОЛИТЕНИЯ КАМБИАЛЬНЫХ ИНИЦИАЛЕЙ

М.Г. РОМАНОВСКИЙ, *главн. научн. сотр. Института лесоведения РАН, д-р биол. наук*

michrom@mail.ru

Институт лесоведения РАН

Советская 21, п/о Успенское, Московская обл. 143030 Россия

В статье говорится о том, что автором были обнаружены свидетельства перехода делящихся в меристеме клеток, производных от инициальной, к синтезу новых молекул ДНК сразу же по завершении распределения политенных копий. Дочерние клетки переходят от распределительных редукционных делений к митозу. В результате дистальные клетки ряда производных политенной инициали делятся с образованием не двух, а четырех клеток, соответственно оценки исходного уровня политении камбиальной инициали уменьшились вдвое, по сравнению с данными, приведенными ранее. Выявлены работы, свидетельствующие об изменчивости уровней политении и схем редукции политении камбиальных инициалей в онтогенезе, а также у разных таксонов древесных растений. В 1940–1980-х гг. политения хромосом по прямым и косвенным признакам была обнаружена в клетках меристем и эмбрионов растений. Достоверно установлена политения яйцеклеток, эмбриональных структур хвойных, палисадной паренхимы мезофилла листовых древесных растений. Но чаще всего политения рассматривается как любопытный казус, а не как общий принцип строения хромосом в меристемах и эмбриональных структурах. Формирование политенных копий ДНК - основная статья дыхательных затрат ствола, в большинстве случаев превышающая затраты на утолщение вторичных оболочек трахеид, или клеток либриформа. У хвойных деревьев, из-за отсутствия синтеза новой ДНК в клеточных квантах флоэмы после завершения редукции политении, дыхательные затраты на формирование флоэмы вдвое ниже, чем ксилемы. У листовых, судя по примерному равенству дыхательных затрат на создание ксилемных и флоэмных квантов прироста, делящиеся клетки в квантах обоих типов перед началом дифференциации одинаково переходят к митозу и синтезу новой ДНК.

Ключевые слова: камбий, политения, редукционные деления в меристемах, митоз

Подготовка доклада для конференции «Дендро-12» привела меня к новым неожиданным выводам, существенно уточняющим сделанные ранее в публикации в Лесном Вестнике [8]. Теперь политения воспринимается мной как одно из основных свойств хромосом любых меристематических тканей. Обнаружены свидетельства перехода делящихся в меристеме клеток, производных от инициальной, к синтезу новых молекул ДНК сразу же по завершении распределения политенных копий. Дочерние клетки переходят от распределительных редукционных делений к митозу [15]. В результате дистальные клетки ряда производных политенной инициали делятся с образованием не двух, а четырех клеток, соответственно оценки исходного уровня политении камбиальной инициали уменьшились вдвое по сравнению с данными, приведенными ранее [8]. Выявлены работы, свидетельствующие об изменчивости уровней политении и схем редукции политении камбиальных инициалей в онтогенезе, а также у разных таксонов древесных растений. Все это заставляет еще раз вернуться к обсуждению эффектов политении делящихся камбиальных клеток. Кроме того, статья дает возможность исправить ошибку, допущенную [8] при оценке величины ксилемного кванта

рассеяннососудистых пород: он содержит не 8, а 64 клетки веретенновидных элементов.

Гигантские хромосомы двукрылых насекомых со специфическим штрих кодом из дифференциально окрашенных гетерохроматиновых и эухроматиновых поперечных полос, неповторимым узором маркирующих разные отрезки хромосом, широко использовались генетиками прошлого столетия [10, 14 и др.]. Исследования гигантских хромосом, впервые описанных Э. Бальбиани еще в 1881 г., во многом определили само становление современной генетики. Каждая политенная хромосома в клетках слюнных желез личинок двукрылых насекомых содержит по $2048 = 2^{11}$ копий молекулы ДНК. Благодаря политении, или полиемии, как предлагал называть ее И. Гершкович [2], события, происходящие на молекулярном уровне (транслокации, дупликации, делеции, инверсии), можно видеть в световом микроскопе и подсчитывать их частоты. Наблюдения за появлением и сменой утолщений, «пуфов» гигантских хромосом в процессе развития личинок двукрылых заложили основы современной генетики развития.

В 1940–1980-х гг. политения хромосом по прямым и косвенным признакам была обнаружена в клетках меристем и эмбрионов растений. Достоверно установлена полите-

ния яйцеклеток, эмбриональных структур хвойных, палисадной паренхимы мезофилла листовых древесных растений [3, 6, 11–13]. Но чаще всего политения рассматривается как любопытный казус, а не как общий принцип строения хромосом в меристемах и эмбриональных структурах.

Внешний признак политении меристематических инициалей – автоматизм делений производных клеток, редуцирующих число копий ДНК, заранее синтезированных во всех хромосомах политенной клетки-инициали [7]. Подобный автоматизм делений присущ также производным камбия у деревьев [1]. Это побудило меня при анализе работы камбия исходить из допущения политении камбиальных инициалей [8].

Производные камбиальных инициалей пополняют ксилемные радиальные ряды клеток порциями, квантами. Мониторинг газообмена ствола сосны [4, 5] обнаружил подъемы интенсивности эмиссии CO_2 , соответствующие неоднократному за сезон выходу радиальных ксилемных квантов из 8, 16 трахеид. В промежутках между ксилемными квантами у хвойных древесных пород формируются кванты, состоящие из вдвое меньшего числа элементов, флоэмные, по 4 или 8 клеток; они требуют примерно вдвое меньших дыхательных затрат. Годичные кольца (ГК) генеративно спелых, субсенильных (стадия онтогенеза g_3 [9]) хвойных строятся из n квантов по 16 трахеид. Ширина ГК g_3 -деревьев хвойных пород – $16n$ трахеид.

Камбиальная инициаль хвойного g_3 -дерева, имеющая уровень политении $16t$, делится, образуя две $8t$ клетки. Одна из них остается в составе инициалей и начинает восстанавливать $16t$ уровень политении хромосом. Вторая переходит к распределительным делениям с редуциацией уровня политении $8t \rightarrow 4t \rightarrow 2t$. Следующее деление дистальной клетки в ряду производных инициали $2t \rightarrow 1t$ совершается с переходом к синтезу ДНК, и из клетки, содержащей хромосомы с уровнем политении $2t$, вместо двух $1t$ клеток, получается тетрада $1t$ клеток. Тетрады выходят из камбиальной зоны. Четверки трахеид начинают практически одновременно расширять-

ся, в радиальном направлении, приобретая в ранней древесине изодиаметрическую форму (поздние трахеиды остаются радиально сплюснутыми), а затем «созреть». Четверки клеток, однородных по толщине оболочек, форме, по консистенции и окраске протоплазмы прекрасно читаются в зонах расширения и созревания трахеид.

Производные клетки камбиальной инициали делятся и дифференцируются последовательно. В то время как дистальные клетки ксилемного кванта уходят из камбиальной зоны в зоны растяжения и дифференциации, проксимальные – еще не завершают редукцию политении. В результате квант клеточного прироста разбивается на 2 полукванта.

Задержки последнего в сезоне полукванта или использование полукванта, задержанного в камбиальной зоне ранее, приводят к варьированию ширины ГК на число трахеид полукванта [8]: у генеративно спелых хвойных деревьев ГК – $16n \pm 8$ трахеид. Молодые, виргинильные v -сосны строят ГК из $32n \pm 16$ клеток. Радиальный поперечник трахеид d_r , который зависит от класса бонитета насаждения, возраста дерева и условий сезона, в среднем равен $d_r = 31\text{--}36$ мкм, соответственно радиальная протяженность ксилемного кванта g_3 -деревьев $\sim 500\text{--}550$ мкм.

У листовых кольцепоровых деревьев, так же как у хвойных, ГК построены из $16n \pm 8$ веретеновидных элементов на g -стадии онтогенеза и $32n \pm 16$ – на v -стадии. Веретеновидные элементы кольцепоровых пород имеют $d_r \sim 27$ мкм. Радиальная протяженность одного кванта g_3 деревьев – $\sim 400\text{--}450$ мкм. В ранней древесине крупные весенние сосуды раздуваются и деформируют радиальные ряды клеток. Ряд распределения ширины ГК начинается с полукванта ~ 250 мкм, образуемого деревьями в стрессовых условиях или на сенильной s -стадии онтогенеза, и соответствующего диаметру одного крупного сосуда [8].

У рассеяннососудистых пород ГК v -деревьев состоят из $64n \pm 32$ веретеновидных элементов с $d_r \sim 17$ мкм. По-видимому, ГК рассеяннососудистых пород строятся из пос-

тоянного числа ксилемных квантов на всех стадиях онтогенеза, от *im* до *s*. Камбиальная инициаль березы, например, регулярно, каждый сезон испускает 3 ксилемных и 3 флоэмных кванта. Целые кванты могут заменяться полуквантами. Радиальная протяженность кванта прироста ширины ГК варьирует от 1100 мкм до 550 мкм.

Ширина ГК определяется уровнем политении камбиальных инициалей, числом политенных копий ДНК, накапливаемых в хромосомах клеток-инициалей, и числом делений инициали за сезон (числом квантов, *n*). У хвойных и твердолиственных g_{2-3} -деревьев $n = 1$ и ГК на высоте 1.3 м формируются обычно из 16 ± 8 клеток, что определяет высокую стабильность ширины ГК и ее зависимость от условий года предыдущего, в котором были синтезированы политенные копии ДНК в хромосомах клеток-инициалей.

Формирование политенных копий ДНК – основная статья дыхательных затрат ствола, в большинстве случаев превышающая затраты на утолщение вторичных оболочек трахеид, или клеток либриформа. У хвойных деревьев, из-за отсутствия синтеза новой ДНК в клеточных квантах флоэмы после завершения редукции политении, дыхательные затраты на формирование флоэмы вдвое ниже, чем ксилемы. У лиственных, судя по примерному равенству дыхательных затрат на создание ксилемных и флоэмных квантов прироста, делящиеся клетки в квантах обоих типов перед началом дифференциации одинаково переходят к митозу и синтезу новой ДНК. При непрерывной регистрации дыхания у сенильного дуба черешчатого, последовательно формирующего один ксилемный и один флоэмный квант, в каждом случае наблюдаются два максимума дыхательных затрат. Первый соответствует формированию политенных копий ДНК в инициали, второй – синтезу ДНК в производных клетках. Величина наблюдаемых максимумов дыхательных затрат примерно одинакова, так же как и суммарное число копий молекул, создаваемых в инициалах и в дистальных производных клетках. Максимумы разделены интервалом в 7–8 суток. Для прохождения камбиальной

инициалью полного клеточного цикла требуются примерно 2 недели.

Работа выполнена при поддержке гранта НШ-2807.2012.4.

Библиографический список

1. Ваганов, Е.А. Механизмы и имитационная модель формирования структуры годичных колец у хвойных / Е.А. Ваганов // Лесоведение, 1996. – № 1. – С. 3–15.
2. Гершкович, И. Генетика, пер. с англ. / И. Гершкович. – М.: Наука, 1968. – 704 с.
3. Ермаков, И.П. Содержание ДНК в яйцеклетке *Pinus sibirica* Du Tour. на разных стадиях ее развития / И.П. Ермаков, Н.П. Матвеева, Л.М. Баранцева // Докл. АН СССР, 1980. – Т. 251. – № 1. – С. 254–256.
4. Забуга, Г.А. Дыхательный газообмен CO_2 растущего ствола сосны обыкновенной: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. 03.00.12. / Г.А. Забуга. – Иркутск: Сиб.ИФ и БР СО АН СССР, 1985. – 18 с.
5. Загирова, С.В. Камбиальная активность и углекислотный газообмен ствола *Pinus sylvestris* / С.В. Загирова, С.Н. Кузин // Физиология растений, 1998. – Т. 45. – № 5. – С. 778–783.
6. Мокроносов, А.Т. Фотосинтетическая функция и целостность растительного организма. (42-е Тимирязевское чтение) / А.Т. Мокроносов. – М.: Наука, 1983. – 64 с.
7. Мэзия, Д. Митоз и физиология клеточного деления, пер. с англ. / Д. Мэзия – М.: Изд-во Иностранной литературы, 1963. 430 с. (Приложение, 46 фотографий).
8. Романовский, М.Г. Политенная модель работы камбия / М.Г. Романовский // Лесной Вестник. Вестник МГУЛ, 2012. – № 7(90). – С. 72–77.
9. Смирнова, О.В. Онтогенез дерева / О.В. Смирнова, А.А. Чистякова, Л.Б. Заугольнова, О.И. Евстигнеев, Р.В. Попадюк, А.М. Романовский // Ботанический журнал, 1999. – Т. 84. – № 12. – С. 8–20.
10. Bridges C.B. The Bar Gene a Duplication // Science. 1933. N 83. P.210.
11. Maksymowich R. Analysis of leaf development. Cambridge: Univ. press, 1973. 109 p;
12. Nagl W. Ueber Endopolyploidie, Restitutions Kernbildung und Kernstrukturen im Suspensor von Angiospermen und einer Gymnosperme // Osterr. Bot. Zeitschrift. 1962. V. 109.
13. Nagl W. Banded polytene chromosomes in the legume *Phaseolus vulgaris* // Nature. 1969. V. 115. P. 322.
14. Sturtevant A.H. A gene in *Drosophila melanogaster* that transforms females into males // Genetics. 1945. N 30. P. 297.
15. Webster P.L., Davidson D. Evidence from thymidine H^3 -labeled meristems of *Vicia faba* of two cell populations // J. Cell Biol. 1968. V. 39. P. 332.

CAMBIAL INITIALSPOLYTENY

Romanowsky M.G., chief scientific collaborator, PhD in biology, main scientist of Federal State foundation Science Institution of Forest science of Russian Science Academy.

michrom@mail.ru

Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences (ILAN), Sovetskaya 21, Uspenskoe, Moscow region, 143030 Russia

The article reads that the author found out evidences of transfer of dividing cell in meristem derived from the initial, to the synthesis of new DNA molecules immediately after the completion of polytene copies distribution. Daughter cells are transferred from the distribution of the reduction divisions to mitosis. In the distal cells of a number of polytene initial derivatives divide forming not two, but four cells, respectively evaluation of baseline level of cambial initial polytrny grow twice less compared with the data given earlier. Works are detected showing the variability of polytene levels and schemes of cambial initials polyteny reduction in ontogeny, as well as with different taxons of woody plants. In 1940-1980's. chromosomes polytene by direct and indirect evidence was found in the meristem cells and plants embryos. Oocytes polytene, coniferous embryonic structures, palisade parenchyma mesophyll of deciduous woody plants is conclusively established. But more often polytene is regarded as an interesting incident and not as a general principle of chromosomes structure in meristems and embryonic structures. Formation of polytene DNA copies is the main point of stem breathing expenditures in most cases exceeding expenditures for secondary walls thickening of tracheids or libriform cells. For conifers due to the lack of new DNA synthesis in the cell quanta of phloem after completion of polyteny reduction, breathing expenditures on the formation of phloem are one half as high than of xylem. For deciduous judging by the approximate equality of the breathing expenditures for building of xylem and phloem growth quanta, dividing cells in the quanta of both types before starting of differentiation equally transfer to the mitosis and synthesis of new DNA.

Key words: cambium, polytene, reduction divisions in meristems, mitosis

References

1. Vaganov, E.A. Mehanizmy i imitacionnaja model' formirovanija struktury go-dichnyh kolec u hvojnyh [Mechanisms and simulation model of formation of structure of annual rings in conifers]. Lesovedenie (The forest science), 1996. № 1. pp. 3-15.
2. Gershkovich, I. Genetika, per. s angl. [Genetics, translation from English] M., Nauka, 1968. 704 p.
3. Ermakov, I.P., Matveeva N.P., Baranceva L.M. Soderzhanie DNK v jajceketke *Pinus sibirica* Du Tour. na raznyh stadijah ee razvitiija [The DNA content in egg *Pinus sibirica* Du Tour. at different stages of its development]. Dokl. AN SSSR (Reports of Academy of Sciences of the USSR), 1980, v. 251. № 1. pp. 254-256.
4. Zabuga, G.A. Dyhatel'nyj gazoobmen SO₂ rastushhego stvola sosny obyknoven-noj: avtoref. diss. ... k.b.n. 03.00.12. [Respiratory gas exchange CO₂ growing stem of *Pinus sylvestris*: abstract of thesis of candidate of biological Sciences 03.00.12]. Irkutsk, Institute SIPPB SB RAS, 1985. 18 p.
5. Zagirova, S.V., Kuzin S.N. Kambial'naja aktivnost' i uglekislotnyj gazoobmen stvola *Pinus sylvestris* [Cambial activity and carbon dioxide gas exchange stem of *Pinus sylvestris*]. Fiziologija rastenij (Physiology of plants), 1998. v. 45, № 5. pp. 778-783.
6. Mokronosov, A.T. Fotosinteticheskaja funkcija i celostnost' rastitel'nogo organizma (42-e Timirjazevskoe chtenie)[Photosynthetic function and integrity of plant organism (42 Timiryazev reading)]. M., Nauka, 1983. 64 p.
7. Mjezija, D. Mitoz i fiziologija kletchnogo delenija, per. s angl. [Mitosis and physiology of cell division, translation from English]. M., Publishing house of Foreign literature, 1963. 430 p.
8. Romanovskij, M.G. Politennaja model' raboty kambija [Polytene model cambium]. The Forest Bulletin. Vestnik at MSFU, 2012. № 7 (90). pp. 72-77.
9. Smirnova, O.V., Chistjakova A.A., Zaugol'nova L.B., Evstigneev O.I., Popadjuk R.V, Romanovskij A.M. Ontogenez dereva [Ontogeny of a tree]. Botanicheskij zhurnal (Botanical journal), 1999. v. 84. № 12. pp. 8-20.
10. Bridges C.B. The Bar Gene a Duplication // Science. 1933. N 83. P.210.
11. Maksymowich R. Analysis of leaf development. Cambridge: Univ. press, 1973. 109 p;
12. Nagl W. Ueber Endopolyploidie, Restitutions Kernbildung und Kernstrukturen im Suspensor von Angiospermen und einer Gymnosperme // Osterr. Bot. Zeitschrift. 1962. V. 109.
13. Nagl W. Banded polytene chromosomes in the legume *Phaseolus vulgaris* // Nature. 1969. V. 115. P. 322.
14. Sturtevant A.H. A gene in *Drosophila melanogaster* that transforms females into males // Genetics. 1945. N 30. P. 297.
15. Webster P.L., Davidson D. Evidence from thymidine H³-labeled meristems of *Vicia faba* of two cell populations // J. Cell Biol. 1968. V. 39. P. 332.

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕКРЕСТНОЙ ДАТИРОВКИ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ДРЕВЕСНО-КОЛЬЦЕВЫХ ХРОНОЛОГИЙ У ВИДОВ ИНТРОДУЦЕНТОВ (НА ПРИМЕРЕ ЕЛИ ВОСТОЧНОЙ И ЕЛИ ШРЕНКА В УСЛОВИЯХ г. МОСКВА)

Д.Е. РУМЯНЦЕВ, *проф. каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ, д-р биол. наук,*
А.А. ЕПИШКОВ, *асп. каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ*

landgraph@list.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Ель тянь-шаньская и ель восточная относятся к видам, чье состояние в условиях интродукции на территории Московской области является неудовлетворительным. В коллекции Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН выращивается 14 видов ели, в том числе ель тянь-шаньская и ель восточная. Это виды, чьи естественные ареалы лежат значительно южнее, и территория Московской области по существу представляет уже северную границу их возможной относительно успешной интродукции. Дендрохронологические исследования роста видов интродуцентов, произрастающих у крайней экологической границы своей возможной интродукции, сталкиваются с проблемой «выпадающих» годовичных колец. Высокая частота встречаемости «выпадающих» годовичных колец, разное число «выпавших» годовичных колец на разных образцах древесины, ограниченное число пригодных для исследования учетных деревьев затрудняют процедуру перекрестной датировки индивидуальных древесно-кольцевых хронологий. Тем самым затрудняется построение правильной обобщенной групповой хронологии, характеризующей рост вида в данных природно-климатических условиях, затрудняют выполнение дендроклиматического анализа. В статье на примере ели Шренка и ели восточной рассматриваются методические приемы, которые могут быть использованы для перекрестной датировки индивидуальных древесно-кольцевых хронологий видов интродуцентов:

А) использование в качестве эталонной хронологии индивидуальной хронологии дерева с наилучшим состоянием;

Б) выявление годовичных колец со специфичной анатомической структурой и проверка гипотезы о том, что характерные кольца формировались в один и тот же год, отличавшийся своеобразными характеристиками погодного режима;

В) привлечение к процедуре датировки хронологий по иным видам данного рода из числа успешно произрастающих в данном регионе в условиях интродукции, а также, если это возможно, то и автохтонных для региона.

Ключевые слова: дендрохронология, перекрестная датировка, интродукция древесных пород, Главный ботанический сад РАН, ель Шренка, ель восточная

Ель тянь-шаньская и ель восточная относятся к видам, чье состояние в условиях интродукции на территории Московской области является неудовлетворительным. В коллекции Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН выращивается 14 видов ели, в том числе ель тянь-шаньская и ель восточная. Это виды, чьи естественные ареалы лежат значительно южнее, и территория Московской области по существу представляет уже северную границу их возможной относительно успешной интродукции. Ретроспективный анализ изменения ширины годовичного кольца и иных его параметров в зависимости от изменения экологической обстановки может быть полезен для лучшего понимания закономерностей роста данных видов в условиях интродукции.

Ель тянь-шаньская, иначе ель Шренка (*Picea Schrenkiana* Fisch. et Mey.), в естественных условиях произрастает в горах Средней

Азии: от гор на северо-западе Китая до гор юго-востока Казахстана и Киргизстана (Тянь-Шань, Джунгарское Алатау) [1]. Она формирует чистые и смешанные леса, сосредоточенные, главным образом, на высотах 1500–3500 м. В ГБС РАН с 1939 г. произрастают экземпляры, полученные из семян, собранных в Ташкенте, Киеве и в природных местообитаниях Средней Азии. Согласно данным многолетних фенологических наблюдений [2], вегетация растений начинается с середины апреля; рост побегов – с середины апреля-начала мая и продолжается до конца июня, отдельные побеги растут до конца июля. Цветение данного вида не отмечалось. Зимостойкость в условиях интродукции сотрудниками ботанического сада была оценена баллами II–II, то есть при зимовке в зависимости от года, у деревьев ели Шренка может обмерзнуть либо не более 50 % длины однолетних побегов, либо



Рис. 1. Вид кроны ели Шренка в условиях ГБС РАН (август 2010 г., учетное дерево № 1)
Fig. 1. View of the crown spruce Schrenk under GBS Studies (August 2010, an accounting tree number 1)



Рис. 2. Рост ели Шренка в условиях отдела флоры ГБС РАН
Fig. 2. The growth of spruce Schrenk in terms of flora SBG RAS

от 50 % до 100 % длины однолетних побегов, но не наблюдается обмерзание более старых побегов. Особенности роста ели тьянь-шаньской в условиях ГБС РАН характеризуют фотографии на рис. 1 и рис. 2.

Ель восточная (*Picea orientalis* (L.) Link) произрастает горных лесах Кавказа, преимуще-



Рис. 3. Хвоя на побегах ели восточной в нижней части кроны не пострадала от мороза зимой 2009–2010 г (фото август 2010)
Fig. 3. Needles on the eastern spruce shoots in the lower part of the crown is not affected by frost in winter 2009-2010 (photo August 2010)



Рис. 4. Куртина ели восточной в дендрарии ГБС РАН (фото август 2010г.)
Fig. 4. Curtin eastern spruce in the arboretum SBG RAS (photo August 2010.)

ственно в Предкавказье и Западном Закавказье, а также в Малой Азии, в таких странах как Россия, Грузия, Армения и Турция [1]. Ель восточная формирует чистые и смешанные леса, расположенные главным образом на высотах 1000–2000 м. Произрастающие в дендрарии ГБС РАН экземпляры были получены из семян собранных от растений, интродуцированных на территории Чехословакии, Австралии, Бельгии, Польши. Согласно данным многолетних фенологических наблюдений [2], вегетация растений начинается с конца апреля-начала мая, а рост побегов – с начала мая до середины июня. Цветение ели восточной в ус-

Характеристика учетных деревьев ели восточной и ели Шренка в ноябре 2009 г.

Feature credentials trees and spruce fir eastern Schrenk in November 2009

Вид	Номер учетного дерева	Диаметр на высоте 1,3м	Высота, м	Категория состояния	Высота отбора керна, м	Примечания
Ель Шренка	1	24	12	2	1	Нет
Ель Шренка	2	18	13	2	1	Нет
Ель Шренка	3	16	13	2	1	Нет
Ель Шренка	4	12	13	4	1	Нет
Ель Шренка	5	14	12	2	1	Нет
Ель Шренка	6	10	10	3	1	Нет
Ель восточная	1	10	10	2	1	Нет
Ель восточная	2	10	9	2	0,70	Общая корневая система с деревом е. восточной № 1
Ель восточная	3	12	11	2	1	Нет
Ель восточная	4	12	11	2	1	Нет

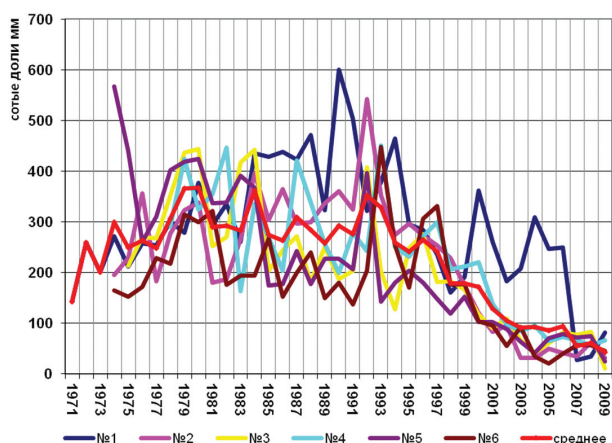


Рис. 5. Первичные результаты измерения ширины годичного кольца у учетных деревьев ели Шренка

Fig. 5. Preliminary results of measurements of the width of the annual ring in spruce trees account Schrenk

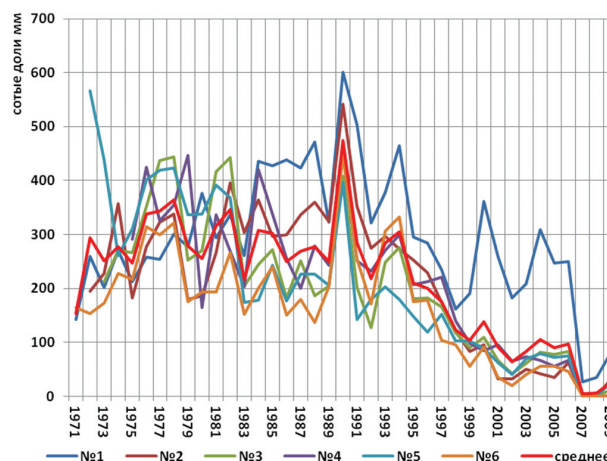


Рис. 6. Динамика радиального прироста у учетных деревьев ели Шренка по итогам перекрестной датировки

Fig. 6. Dynamics of radial growth in accounts Schrenk spruce trees on the basis of cross-dating

ловиях ГБС не наблюдалось. Ее зимостойкость сотрудники сада охарактеризовали баллом V, что означает обмерзание надземной части до высоты снегового покрова. Особенности роста ели восточной в условиях ГБС РАН характеризуют фотографии на рис. 3 и рис. 4.

В ноябре 2009 г. с учетных деревьев ели восточной и ели Шренка с помощью бурава Пресслера производился отбор образцов древесины для дендрохронологических исследований. Керна отбирались по произвольно взятому радиусу, по одному керну с каждого учетного дерева. Характеристика учетных деревьев, использованных для отбора образцов древесины, приведена в табл. 1.

Как видно из данных, приведенных в табл. 1, исследуемые учетные деревья характеризуются достаточно небольшими для своего более чем 60 летнего возраста размерами. Среди них отсутствуют деревья первой категории состояния. Уже на основании этих данных видно, что условия Подмоскovie недостаточно благоприятны для произрастания исследуемых видов.

Измерения ширины годичных колец на образцах древесины велись по стандартной методике [3] с помощью бинокулярного микроскопа МБС-10 с точностью до 0,05 мм. При измерениях фиксировалась аномальная анатомическая структура, характерная для отдельных годичных колец.

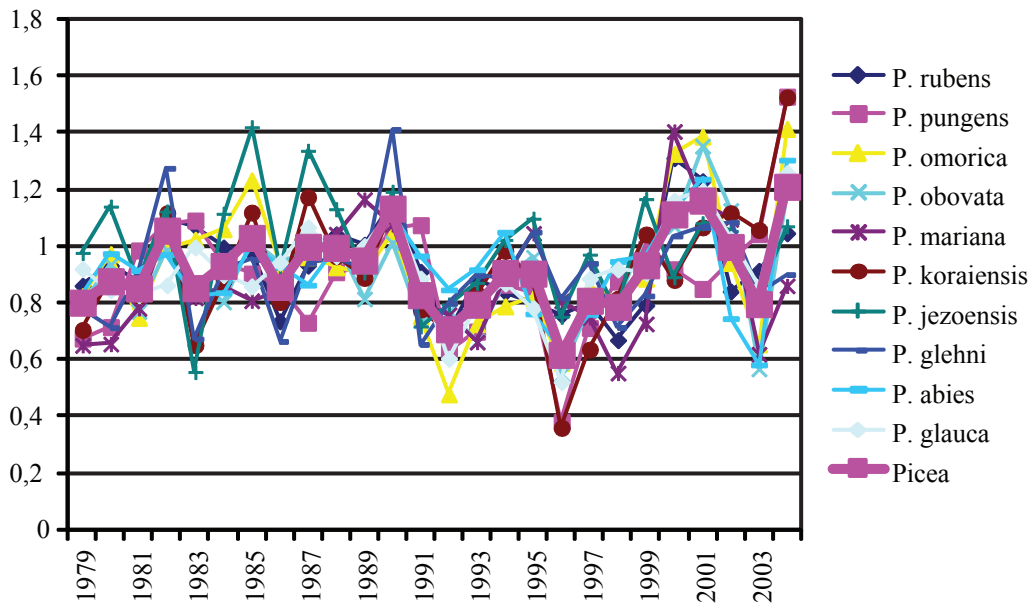


Рис. 7. Динамика индексов радиального прироста у разных видов ели (по Румянцев, Александрова, 2006)
 Fig. 7. Dynamics of indices of radial growth in different species of spruce (by Rumyantsev, Alexandrov, 2006)

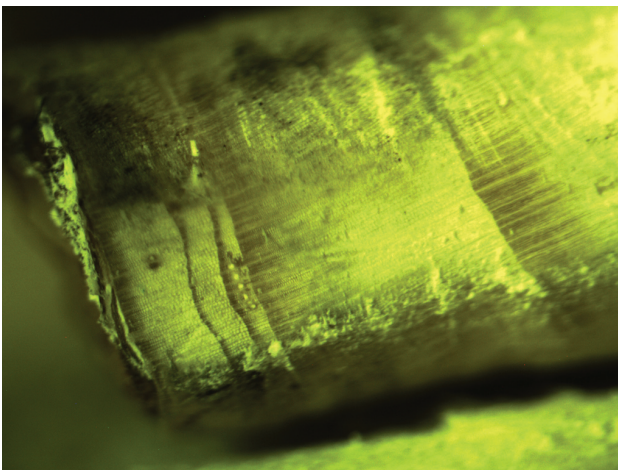


Рис. 8. Строение годичных колец у учетного дерева 1 (слева направо 2009, 2008, 2007, 2006)
 Fig. 8. The structure of growth rings in the wood accounting 1 (from left to right, 2009, 2008, 2007, 2006)

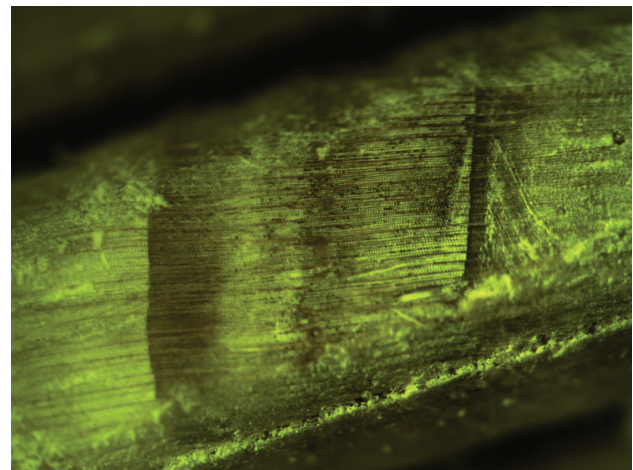


Рис. 9. Характерная патологическая структура годичного кольца 1979 г. у учетного дерева ели Шренка
 Fig. 9. The typical pathological structure tree-ring 1979, accounting Schrenk spruce tree

Сопоставление полученных в результате измерений временных рядов радиального прироста учетных деревьев ели Шренка между собой, а также с групповой средней хронологией показало наличие значительной асинхронности в колебаниях прироста.

Наблюдаемый на рис. 5 уровень гетерогенности колебаний прироста демонстрировал несовпадение во времени даже локальных минимумов прироста, что, как правило, наблюдается даже у разных древесных пород из одного насаждения (например у ели, со-

сны и березы) [4]. Такой уровень изменчивости однозначно свидетельствовал об ошибках датировки прироста, что, по всей видимости, было обусловлено наличием выпавших годичных колец. Выпавшие годичные кольца часто встречаются у деревьев, произрастающих в экстремальных условиях произрастания, в условиях Подмосквья наиболее частый случай формирования выпавших годичных колец – это насаждения сосны, подвергавшиеся подсочке.

Для ели Шренка условия Подмосквья – это экстремальные условия мес-

то произрастания, и то, что в этих условиях формируются выпавшие годичные кольца, совсем не удивительно. Уже более ста лет существует стандартная процедура поиска выпавших годичных колец – перекрестная датировка тестовой хронологии с эталонной [5]. Однако в нашем распоряжении не было ни эталонной хронологии, ни достаточного числа образцов, чтобы заменить эталонную хронологию приближающейся к ней средней групповой хронологией. Тогда в качестве эталонной была принята хронология с максимально широкими годичными кольцами, т.е. хронология дерева, для роста которого данная среда наиболее благоприятна (учетное дерево № 1).

Применение процедуры перекрестной датировки позволило датировать все остальные индивидуальные хронологии. Важную роль в процессе датировки играл характерный максимум 1990 г., повторяющийся во всех индивидуальных хронологиях, а также учитывалась анатомия кольца 1979 г. – в этом году у всех деревьев сформировалось кольцо с характерной патологической структурой, что было связано с действием зимних морозов.

Оказалось, что учетного дерева 4 и дерева 5 после 2007 г. выпало 3 годичных кольца. У учетных деревьев 2, 3, 6 и 5 выпало по два годичных кольца. У учетного дерева 1 не было выпавших годичных колец, что, в частности, подтверждается хронологически верным нахождением максимума 1990 г. Это максимум наблюдается в хронологиях всех исследованных нами видов рода ель, произрастающих в дендрарии ГБС РАН [6]. Подтверждающую роль играет также совпадение локальных минимумов прироста 1992 г и 1996 г., повторяющегося в хронологиях большинства видов древесных растений на всей территории Русской равнины [4, 6].

Характерно, что ель Шренка практически без стрессовых реакций пережила экстремально холодную зиму 2006 г., что демонстрирует такой индикатор, как изменчивость радиального прироста. Напомним, в эту зиму наблюдался температурный рекорд морозов, а вот экстремально теплый январь 2007 г. негативно сказался на зимостойкости

учетных деревьев. Хронологически формирование выпавших колец совпадает с эффектами последствия зимы 2007 г. Представляет интерес морфология годичных колец 2007 и 2008 гг., сформированных единственным из учетных деревьев – деревом № 1 (рис. 8).

Видно, что воздействие экстремально морозной зимы 2006 г. не оказало негативного воздействия на прирост, а вот воздействие экстремально теплой зимы 2007 резко его снизило (в 2007 наблюдалось максимальное значение за период 1949–2007 гг. максимальной температуры января равное +8,6 °С). Неблагоприятное воздействие зимы 2007 отразилось на состоянии деревьев и на следующий год, а для части деревьев и два года спустя. Так как все учетные деревья растут в сходных условиях, то отличие их по зимостойкости (критерием которого может служить длительность эффекта последствия, выражающаяся в числе выпавших годичных колец) имеет генетическую природу.

Помимо «выпавших» годичных колец на каждом из образцов древесины ели Шренка было обнаружено характерное годичное кольцо с патологической структурой (рис. 9). Однако у каждого керна это кольцо было разным по счету в ряду от кольца последнего прироста (табл. 2). Для рассматриваемого годичного кольца характерно наличие в ранней зоне слоя трахеид с морфологией, типичной для трахеид поздней древесины. Указанный слой с обеих сторон не имеет четко выраженной границы. Помимо выраженного слоя наблюдается неупорядоченные вкрапления морфологически поздних трахеид среди морфологически ранних трахеид. Ширина годичного кольца в 1979 уже, чем ширина соседних колец.

Таким образом, как видно из табл. 2, с учетом данных перекрестной датировки годичное кольцо с характерной патологической структурой сформировалось у всех учетных деревьев в 1979 г. Его формирование хронологически совпадает только с одним экстремальным погодным событием – морозами декабря 1978 г. (минимальная температура составила –38°С, что фактически равно аб-

Положение годичного кольца с патологической структурой на образцах древесины с разных учетных деревьев ели Шренка
The position of the annual rings with abnormal structure on wood samples from different accounts Schrenk spruce trees

Номер учетного дерева	Положение на керне кольца с характерной патологической структурой	Год формирования по данным отсчета числа годичных колец от года последнего прироста	Год формирования по данным перекрестной датировки
1	31-е кольцо	1979	1979
2	29-е кольцо	1981	1979
3	29-е кольцо	1981	1979
4	28-е кольцо	1982	1979
5	29-е кольцо	1981	1979
6	28-е кольцо	1982	1979

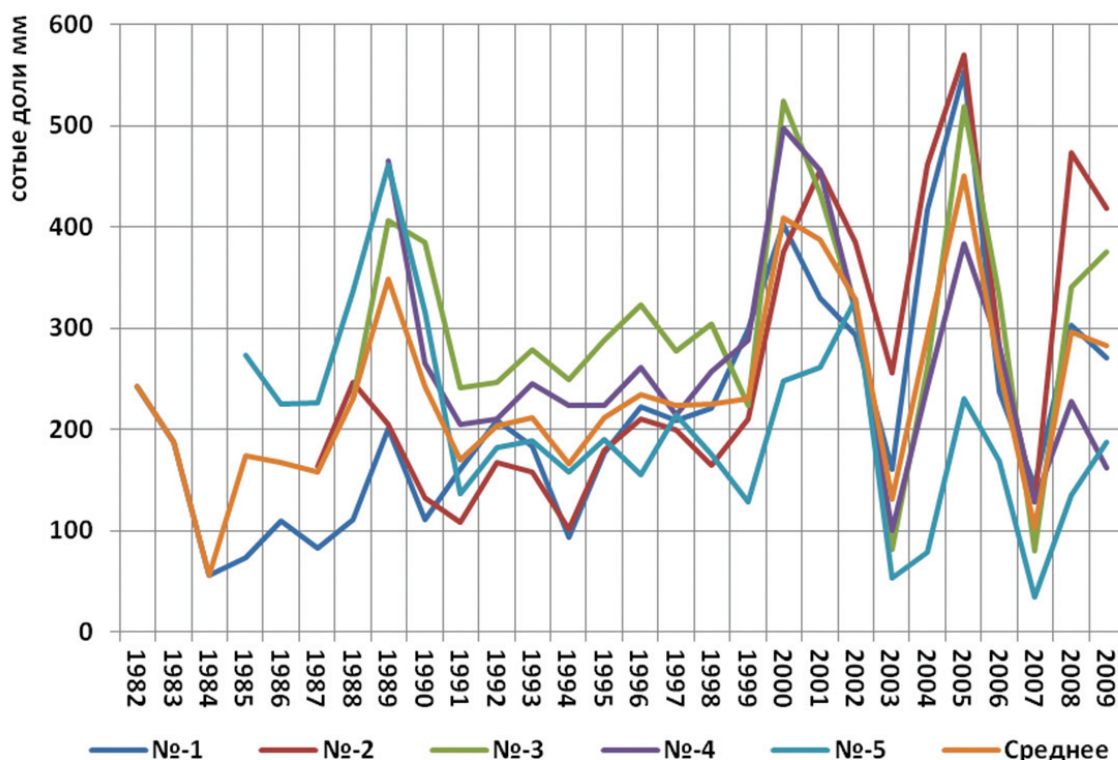


Рис. 10. Динамика ширины годичного кольца у учетных деревьев ели восточной по годам
 Fig. 10. The dynamics of tree-ring width in the eastern spruce trees accounting data

солотному минимуму температуры, наблюдавшемуся за период 1948 – 2007 гг. (январь 1956, $t = -38,1^{\circ}\text{C}$). Примечательно, что морозы в январе 2006 г. (минимальная $t = -30,8^{\circ}\text{C}$) образования подобной структуры не вызвали. Не вызвали они и резкого снижения ширины годичного кольца.

У ели восточной, как видно из данных, приведенных на рис. 10, не наблюдалось формирования «выпавших» колец. Также в ходе измерений на образцах древесины не было

отмечено формирование колец с патологической структурой.

Таким образом, можно говорить о том, что ель восточная не страдает от зимних оттепелей в той же мере, что и ель Шренка.

Подводя итоги данного этапа исследований, можно сформулировать следующие выводы.

1. Применение процедуры перекрестной датировки позволило обнаружить у учетных деревьев ели Шренка «выпавшие» го-

дичные кольца, которые часто встречаются у деревьев, произрастающих в экстремальных условиях. Формирование «выпавших» колец у ели Шренка было обусловлено экстремально теплой зимой 2006 г.

2. С применением данных перекрестной датировки у всех учетных елей Шренка было обнаружено годичное кольцо с характерной патологической структурой (сформировано в 1979 г.). Его формирование хронологически совпадает только с одним экстремальным погодным событием – морозами декабря 1978 г.

3. У ели восточной не наблюдалось формирования ни «выпавших» колец, ни колец с патологической структурой. Это говорит об иных физиологических механизмах зимостойкости данного вида в условиях Подмосковья. Несмотря на то, что ель Шренка и ель восточная являются интродуцентами из южных регионов, экофизиологические причины их неблагоприятного роста в условиях Москвы существенным образом отличаются.

4. При построении обобщенных хронологий видов интродуцентов, находящихся вблизи северного предела возможной интродукции в ходе контроля за правильностью измерений с помощью процедуры перекрестной датировки могут быть использованы следующие методические приемы:

А) использование в качестве эталонной хронологии индивидуальной хронологии дерева с наилучшим состоянием (наиболее высокий балл категории состояния, наибольшие таксационные показатели в выборке из одновозрастных экземпляров)

Б) выявление годичных колец со специфичной анатомической структурой и проверка гипотезы о том, что характерные кольца формировались в один и тот же год, отличающийся своеобразными характеристиками погодного режима

В) привлечение к процедуре датировки хронологий по иным видам данного рода из числа успешно произрастающих в данном регионе в условиях интродукции, а также, если это возможно, то и автохтонных для региона.

Работа поддержана грантом РНФ 14-17-00645.

Библиографический список

1. Eckenwalder J.E. Conifers of the world: the complete reference. Portland-London: Timber press, 2009 – 720 p.
2. Древесные растения Главного ботанического сада им Цицина РАН: 60 лет интродукции./ отв. ред. А.С. Демидов; Гл. ботан. Сад им Н.В. Цицина. – М.: Наука, 2005. – 586 с.
3. Румянцев, Д.Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии / Д.Е. Румянцев. – М.: МГУЛ, 2010. – 109 с.
4. Выявление климатической обусловленности в колебаниях радиального прироста методом корреляционного анализа: обсуждение адекватности подхода и причин возникающих затруднений / В.А. Липаткин, Д.Е. Румянцев, Л.В. Стоноженко, С.А. Коротков, А.М. Крылов // Дендрохронологическая информация в лесоводственных исследованиях. – М.: МГУЛ, 2007. – 113–125 с.
5. Матвеев, С.М. Дендрохронология / С.М. Матвеев, Д.Е. Румянцев. – Воронеж: ВГЛТА, 2013. – 140 с.
6. Румянцев, Д.Е. Дендрохронологическая диагностика отдельных экологических свойств у видов *Picea* / Д.Е. Румянцев, М.С. Александрова // Бюллетень Главного ботанического сада. – Вып. 190. – М.: Наука, 2006 – С. 87–93.
7. Румянцев, Д.Е. Методика дендрохронологической диагностики отдельных наследственных экологических свойств (на примере межвидовой и внутривидовой изменчивости ели) / Д.Е. Румянцев, П.Г. Мельник, М.С. Александрова, // Дендрохронологическая информация в лесоводственных исследованиях. – М.: МГУЛ, 2007. – 33–42 с.
8. Румянцев, Д.Е. Методика дендрохронологической диагностики отдельных наследственных экологических свойств (на примере разных видов елей) / Д.Е. Румянцев, М.С. Александрова // Дендрохронологическая информация в лесоводственных исследованиях. – М.: МГУЛ, 2007. – 42–51 с.
9. Епишков, А.А. Особенности формирования годичных колец у деревьев *Picea schrenkiana*, произрастающих в условиях ГБС РАН (г. Москвы) / А.А. Епишков // Тезисы докладов международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломосов-2014 секция «Биология». – М.: МГУ, 2014 – С. 73.
10. Rumyantsev D.E. Pinaceae collection dendrochronological investigation in the Main Botanical Garden of Russian Academy of sciences / Rumyantsev D.E. // Forests as a renewable source of vital values for changing world. Abstracts of 2009 IAWA plenary meeting and conference. Saint-Petersburg, Moscow, 2009. p. 98

**SPECIALTY OF CROSS DATING INDIVIDUAL CHRONOLOGIES
FOR INTRODUCED SPECIES (ON EXAMPLE BY IN MOSCOW CITY)**

Rumyantsev D.E., prof. Department. Botany and Plant Physiology MGUL Dr. biol. Science; **Epishkov A.A.**, pg. Department. Botany and Plant Physiology MGUL

landgraph@list.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

Schrenk spruce and Caucasian spruce are the species, which have not a good condition in introduction at the territory of Moscow region. At the collection of the Main Botanical garden of Russian Academy of science there are 14 spruce species including Schrenk spruce and Caucasian spruce. The natural areas of this species are situated more to the south than Moscow region territory, and here they growth at the northern line of they possible introduction. Dendrochronological investigations by introduced species, which have been growth near the ecological border of possible introduction, have a problem with "missing" rings. High frequency of "missing" rings, different number of "missing" rings for differ wood cores, the limit number of trees which can be used for investigation make difficult the cross date procedure for individual tree-rings chronologies. That's why there are difficulties with the general group chronology building, which characterized species growth in present natural-climatic conditions, there are difficulties with dendroclimatic analysis too. Methodical ways, which can help to cross date individual tree-ring chronologies for introduced species are discussed in the article on example by Schrenk spruce and Caucasian spruce:

A) The using as etalon chronology the individual radial growth curve of tree with the best health and greatest taxation parameters;

B) Identification tree rings with specifically anatomy features and testing the hypothesis, that specific rings were formed in one year with character weather regime;

C) The using in cross date for different species of the genus, which are successfully growth in this region.

Key words: dendrochronology, cross date, tree species introduction, The Main Botanical garden of Russia Academy of science, Schrenk spruce, Caucasian spruce

References

1. Eckenwalder J.E. Conifers of the world: the complete reference. Portland-London: Timber press, 2009. 720 p.
2. Drevesnye rasteniya Glavnogo botanicheskogo sada im Tsitsina RAN: 60 let introduktsii [Woody plants of the Main Botanical Garden of Academy of Sciences Tsitsin: 60 years Introductions]. Gl. botan. Sad im N.V. Tsitsina. Moscow. Nauka, 2005. - 586p.
3. Rumyantsev D.E. Istoriya i metodologiya lesovodstvennoy dendrokronologii [History and Methodology of silvicultural dendrochronology]. Moscow. MSFU, 2010-109p.
4. Lipatkin, V.A., Rumyantsev, D.E., Stonozhenko, L.V., Korotkov, S.A., Krylov, A.M. Vyyavlenie klimaticheskoy obuslovlennosti v kolebaniyakh radial'nogo prirosta metodom korrelyatsionnogo analiza: obsuzhdenie adekvatnosti podkhoda i prichin voznikayushchikh zatrudneniy [Identification of climate-driven fluctuations in radial growth by correlation analysis: discussion of the adequacy of the approach and the reasons for the difficulties arising]. Dendrokronologicheskaya informatsiya v lesovodstvennykh issledovaniyakh. Pod red. V.A. Lipatkina, D.E. Rumyantseva. – Moscow. MSFU, 2007. – pp. 113-125.
5. Matveev S.M., Rumyantsev D.E. Dendrokronologiya [Dendrochronology]. Voronezh: VGLTA, 2013 – 140p.
6. Rumyantsev D.E., Aleksandrova M.S. Dendrokronologicheskaya diagnostika otdel'nykh ekologicheskikh svoystv u vidov Picea [Dendrochronological diagnosis of selected environmental properties of the species Picea]. Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada. Vyp. 190. Moscow. Nauka, 2006 – pp. 87-93.
7. Rumyantsev, D.E., Mel'nik, P.G., Aleksandrova, M.S. Metodika dendrokronologicheskoy diagnostiki otdel'nykh nasledstvennykh ekologicheskikh svoystv (na primere mezhhvidovoy i vnutrividovoy izmenchivosti eli) [Dendrochronological technique of diagnosis of hereditary individual environmental characteristics (for example, interspecific and intraspecific variation of spruce)]. Dendrokronologicheskaya informatsiya v lesovodstvennykh issledovaniyakh. Pod red. V.A. Lipatkina, D.E. Rumyantseva. – Moscow. MSFU, 2007. – pp 33-42.
8. Rumyantsev, D.E., Aleksandrova, M.S. Metodika dendrokronologicheskoy diagnostiki otdel'nykh nasledstvennykh ekologicheskikh svoystv (na primere raznykh vidov eley) [Dendrochronological technique of diagnosis of hereditary individual environmental characteristics (for example, interspecific and intraspecific variation of spruce)]. Dendrokronologicheskaya informatsiya v lesovodstvennykh issledovaniyakh/ Pod red. V.A. Lipatkina, D.E. Rumyantseva. – Moscow. MSFU, 2007. – pp.42-51.
9. Epishkov, A.A. Osobennosti formirovaniya godichnykh kolets u derev'ev Picea schrenkiana, proizrastayushchikh v usloviyakh GBS RAN (Moskvy) [Features of formation of growth rings in trees Picea schrenkiana, growing under GBS RAS (Moscow)]. Tezisy dokladov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchennykh «Lomosov-2014 sektsiya «Biologiya». Moscow. MGU, 2014. p.73
10. Rumyantsev D.E. Pinaceae collection dendrochronological investigation in the Main Botanical Garden of Russian Academy of sciences / Rumyantsev D.E. // Forests as a renewable source of vital values for changing world. Abstracts of 2009 IAWS plenary meeting and conference. Saint-Petersburg. Moscow, 2009. p. 98

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ПРИРОСТА *PINUS SYLVESTRIS* L. ПРИ ПРОВЕДЕНИИ БИОИНДИКАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ СЕВЕРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Е.М. РУНОВА, проф. кафедры воспроизводства и переработки лесных ресурсов Братского ГУ, д-р с.-х. наук,
Л.В. АНОШКИНА, ст. преподаватель кафедры лесных машин и оборудования Братского ГУ, канд. биол. наук,
И.И. ГАВРИЛИН, зав. лабораториями кафедры и безопасности жизнедеятельности экологии и Братского ГУ, канд. биол. наук

runova@rambler.ru, i.gavrilin@list.ru
ФГБОУ ВПО «Братский государственный университет»
665709, Иркутская обл., г. Братск, ул. Макаренко 40

*Проведение экологического мониторинга в целях оценки качества урбанизированной среды, перенасыщенной разнообразными промышленными предприятиями и многокомпонентными источниками загрязнения атмосферного воздуха, наряду с теоретическим, имеет актуальное практическое значение. Особое значение экологический мониторинг имеет для урбоэкосистем северных территорий, где в результате климатических, орографических и других условий, использование методов инструментального контроля качества среды обитания, при их высокой точности не дает достаточно полного представления об экологической обстановке на данной территории. Поэтому необходимо применение именно биоиндикационных методов, которые позволяют произвести экспресс-оценку качества объектов окружающей среды. При этом получение достоверной информации о кратковременном и хроническом воздействии загрязняющих веществ, как в течение определенного времени, так и в прошлом, необходимо использование природных объектов урбоэкосистем, и, в первую очередь древесных растений. В последнее время развитие получили биоиндикационные исследования техногенного загрязнения промышленных и селитебных зон с использованием интегрированных во времени и пространстве ответных реакций древесных растений (биоиндикаторов), входящих в состав зеленых насаждений. В статье рассматриваются особенности использования дендрохронологической оценки прироста сосны обыкновенной при проведении биоиндикационных исследований в урбанизированной среде северных территорий. Приведены показатели радиального прироста сосны обыкновенной с учетом климатических и антропогенных факторов урбоэкосистемы Братска. Установлено, что техногенная нагрузка в большей степени влияет на радиальный прирост: длительное воздействие загрязнителей приводит к его снижению и, как следствие, к ослаблению деревьев и последующей возможности их оценки с помощью методов биоиндикации, что подтверждает обоснованность использования дендрохронологических исследований. Дифференциация *Pinus sylvestris* L. по показателям радиального прироста, по классам сквозистости и степени дефолиации являются одними из критериев при оценке ее экологического состояния на территории урбоэкосистем.*

Ключевые слова: урбоэкосистема, древесные растения, экологический мониторинг, биоиндикационные исследования, радиальный прирост

В настоящее время получение достоверной информации о качестве окружающей среды невозможно без проведения мониторинговых исследований, которые зачастую растянуты во времени и пространстве и не могут полностью отражать всю картину экологического состояния природных компонентов на определенной территории [1]. Проведение экологического мониторинга в целях оценки качества урбанизированной среды, перенасыщенной разнообразными промышленными предприятиями и многокомпонентными источниками загрязнения атмосферного воздуха, наряду с теоретическим, имеет актуальное практическое значение [1–3]. Особое значение

экологический мониторинг имеет для урбоэкосистем северных территорий, где в результате климатических, орографических и других условий зачастую использование методов инструментального контроля качества среды обитания, при их высокой точности не дает достаточно полного представления об экологической обстановке на данной территории. Поэтому необходимо применение именно биоиндикационных методов, которые позволяют произвести экспресс-оценку качества объектов окружающей среды [1]. При этом для получения достоверной информации о кратковременном и хроническом воздействии загрязняющих веществ, как в течение определенного време-

Показатели радиального прироста *Pinus sylvestris* L. с учетом климатических и антропогенных факторов урбоэкосистемы Братска

Indicators of radial growth *Pinus sylvestris* L. with the climatic and anthropogenic factors urboehkosistemy Bratsk

Год	Средний годичный индекс, %*		Среднегодовая температура, °С	Среднегодовое кол-во осадков, мм/мес	Среднегодовое кол-во выбросов промышленных предприятий, тыс.т/год
	зона сильного техногенного воздействия	зона умеренного техногенного воздействия			
1993	85,00	96,92	0,6	24	153,80
1994	75,01	86,65	0,0	32	131,40
1995	81,20	103,51	1,3	30	118,00
1996	92,00	96,97	-1,6	38	109,40
1997	96,00	120,05	0,5	30	104,30
1998	83,04	107,56	-0,6	22	107,60
1999	96,02	116,86	-0,9	28	85,60
2000	81,10	95,70	-1,7	30	120,70
2001	80,22	115,01	-0,9	29	101,20
2002	101,00	114,42	1,1	23	90,80
2003	84,06	120,96	0,5	33	101,70
2004	102,00	104,47	0,3	26	82,70
2005	93,43	120,96	0,5	38	92,90
2006	90,20	114,42	0,4	30	114,27
2007	104,00	120,64	1,9	34	124,40
2008	93,50	106,05	2,1	34	123,60
2009	97,00	104,05	-0,5	30	116,30
2010	98,75	105,80	-0,9	34	114,30
2011	99,60	108,41	0,5	34	109,00
2012	95,40	109,00	0,3	38	116,70

ни, так и в прошлом, необходимо использование природных объектов урбоэкосистем и, в первую очередь, древесных растений [2–4]. В последнее время развитие получили биоиндикационные исследования техногенного загрязнения промышленных и селитебных зон с использованием интегрированных во времени и пространстве ответных реакций древесных растений (биоиндикаторов), входящих в состав зеленых насаждений [3].

Биоиндикационные исследования проводились на постоянных и временных пробных площадях в зеленых насаждениях г. Братска, находящихся под влиянием выбросов алюминиевого производства, лесопромышленного комплекса и предприятий теплоэнергетики. В качестве биоиндикатора по комплексу признаков хвои, коры и ствола [3] использовалась сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.) [2, 4]. Подтверждение и интерпретация полученных результатов биоиндикационных исследований, нахождение взаимосвязей климатических и антропогенных факторов с ответной реакцией

Pinus sylvestris L. невозможно без проведения дендрохронологических и дендроклиматических исследований [2, 4, 5]. Необходимо отметить, что годичный прирост древесины зависит от индивидуальных биологических особенностей дерева, а также внешней среды: условий местопроизрастания, положения в древостое, климатических, экологических факторов. При этом ни индивидуальные генетические особенности, ни отдельные экологические факторы, исключая катастрофические события, не определяют полностью реально наблюдаемую изменчивость радиального прироста [4, 5, 7]. При обработке результатов исследований применялся метод индексов радиального текущего прироста, разработанный В.Е. Рудаковым [8], который четко выражает изменчивость определенных природных явлений в относительных безразмерных величинах. Индекс радиального прироста определяется по формуле

$$I = (i / i_{cp}) \cdot 100, \quad (1)$$

где i – ширина годичного кольца;

i_{cp} – средняя ширина годичного слоя.

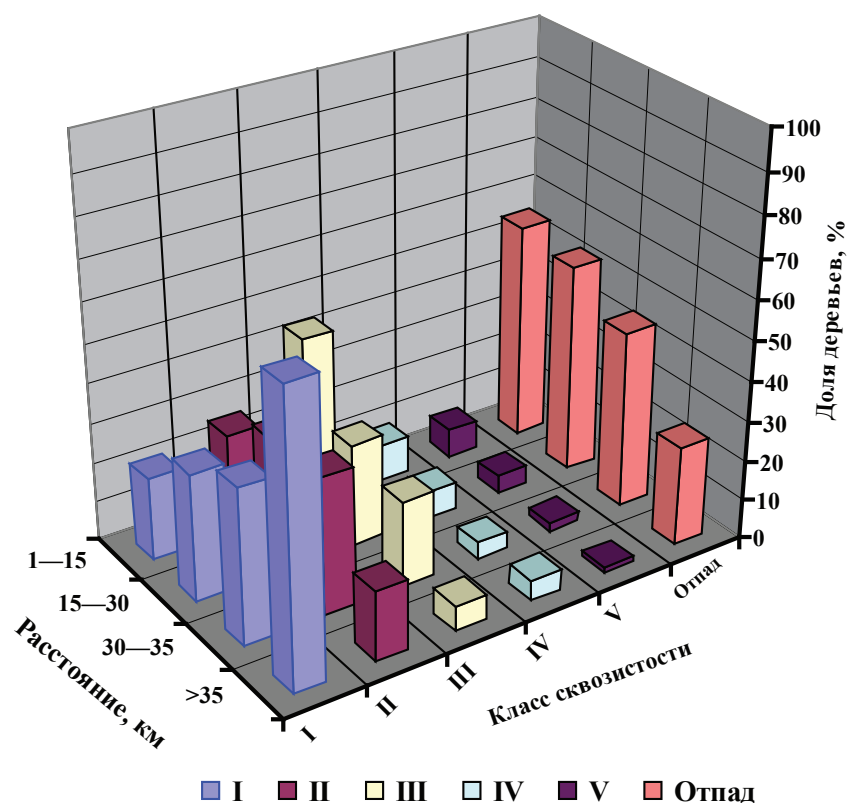


Рисунок. Распределение показателей состояния *Pinus sylvestris* L. по классам сквозистости (в %) и удаленности от промышленных предприятий
 Fig. Distribution of indicators of *Pinus sylvestris* L. by classes skvozistosti (in%) and distance from the industrial enterprises

В рамках биоиндикационных исследований была проведена дендрохронологическая оценка [6, 7] динамики радиального прироста *Pinus sylvestris* L., произрастающей в зонах с различной антропогенной нагрузкой (таблица).

Прослеживается закономерность между техногенной нагрузкой и рассматриваемыми факторами. В зоне сильного антропогенного воздействия зависимость прироста от климатических и антропогенных факторов более ощутима.

Сопоставив динамику радиального прироста (табл. 1) на участках с разным уровнем загрязнения, установили, что в сосновых древостоях, произрастающих изначально в схожих условиях, при длительном техногенном воздействии наблюдается снижение радиального прироста древесины. Следует также отметить, что при длительном техногенном воздействии на сосновые насаждения уменьшается количество поздней древесины. Из рассматриваемых выше

факторов техногенная нагрузка в большей степени влияет на радиальный прирост: длительное воздействие загрязнителей приводит к его снижению и, как следствие, к ослаблению деревьев.

Для определения связи радиального годичного прироста с комплексом биоиндикационных признаков хвои, коры и ствола был проведен корреляционный анализ, который показал наиболее тесную связь с таким показателем, как сквозистость [9, 10]. Под сквозистостью следует понимать густоту кроны дерева и равномерность ее облиственности по окружности. Дефолиацию следует рассматривать как признак поражения древесных растений, приводящий к преждевременному опадению хвои и прекращению процессов ассимиляции [10]. Сравнение указанных критериев позволило не только использовать их как индикаторы состояния древесных растений урбоэкосистемы Братска при проведении биоиндикационных исследований, но и ранжировать состояние *Pinus sylvestris* L. по классам сквозистости и

удаленности от промышленных предприятий (рисунок).

При определении сквозистости кроны выделялось пять классов: первый – наилучший, со сквозистостью до 20 %, при котором просветы неба видны лишь сквозь естественную мозаику листьев, крона равномерно развитая, пышная; второй, третий и четвертый классы характеризуются соответственно сквозистостью 21 – 40, 41 – 60, 61 – 80 %; пятый – наихудший, просветы большие, сквозистостью 81–100 %, крона плохо развита, часто однобокая. Дополнительно учитывалась суховершинность (число деревьев с сухими вершинами) [10].

Из рис. 1 видно, что на долю первых трех классов сквозистости крон приходится наибольшее количество деревьев от общего числа. Следует отметить, что на расстоянии более 20 км от промышленных предприятий происходит уменьшение сквозистости крон: в число преобладающих входит третий класс (41–60 %). Кроме этого, на значительном протяжении в северо-восточном направлении от промышленных предприятий наблюдается наличие деревьев, соответствующих четвертому и пятому классу сквозистости (61–80, 81–100 %), что обусловлено продолжительностью и интенсивностью техногенной нагрузки.

Снижение радиального прироста приводит к снижению устойчивости древесных растений и, как следствие, к суховершинности или полной дефолиации ассимиляционных органов. Корреляционный анализ показал наличие тесной связи между классами сквозистости и радиальным приростом ($r = 0,84$). Чем ниже радиальный прирост, тем хуже класс сквозистости *Pinus sylvestris* L.

Кроме того, существует достаточно тесная зависимость между расстоянием от источников выбросов и степенью дефолиации. Чем ближе к источникам выбросов, тем более высокий процент дефолиации деревьев. Даже на расстоянии более 20 км в северо-восточном направлении от промышленных предприятий степень дефолиации остается на высоком уровне. Наряду с этим прослеживается

тенденция: по мере удаления от источников загрязнения происходит увеличение доли деревьев первого и второго класса сквозистости (≤ 20 и 21–40 %).

В целом техногенная нагрузка в большей степени влияет на радиальный прирост: длительное воздействие загрязнителей приводит к его снижению и, как следствие, к ослаблению деревьев и последующей возможности их оценки с помощью методов биоиндикации, что подтверждает обоснованность использования дендрохронологических исследований. Дифференциация *Pinus sylvestris* L. по показателям радиального прироста, по классам сквозистости и степени дефолиации являются одними из критериев при оценке экологического состояния на территории урбозкосистем.

Библиографический список

1. Гаврилин, И.И. Оценка влияния железной дороги на состояние растительности по показателям фитотоксичности почв с использованием тест-объекта «*Avena Sativa* L.» / И.И. Гаврилин, М.А. Губарь // Международный научно-исследовательский журнал [Research Journal of International Studies]. – 2012. – № 7-1. – С. 27–29.
2. Рунова, Е.М. Влияние рекреационной нагрузки на радиальный прирост сосны / Е.М. Рунова, Л.В. Аношкина, Т.А. Михайлова // Системы Методы Технологии. – 2011. – № 2 (10). – С. 142–144.
3. Мелехова, О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова, Т.И. Евсеева и др.; под редакцией О.П. Мелеховой и Е.И. Егоровой. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 288 с.
4. Рунова, Е.М. Зависимость радиального прироста сосны от климатических и антропогенных факторов / Е.М. Рунова, Л.В. Аношкина // Актуальные проблемы лесного комплекса; под ред. Е.А. Памфилова. Сборник научных трудов по итогам международной научно – технической конференции. Выпуск 28. – Брянск: БГИТА, 2011. – 199 с.
5. Шиятов, С.Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале / С.Г. Шиятов. – М.: Наука, 1986. – 136 с.
6. Битвинкас, Т.Т. Дендроклиматические исследования. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 170 с.
7. Ваганов, Е.А. Погодные условия и структура годичного кольца деревьев: имитационная модель трахеидограммы / Е.А. Ваганов, И.В. Свищерская,

- Е.Н. Кондратьева // Лесоведение. – 1990. – № 2. – С. 37–45.
8. Рудаков, В.Е. Методы изучения колебаний климата на толщину годовых колец // Доклады АН АрмССР, 1981. – С. 75–79.
9. Уфимцева, М.Д. Фитоиндикация экологического состояния урбоэкоистем Санкт-Петербурга / М.Д. Уфимцева, Н.В. Терехина.– СПб.: Наука, 2005.– 339 с.
10. Гаврилин, И.И. Устойчивость древесных растений в урбоэкоистемах северных территорий (на примере г. Братска Иркутской области): дисс. ... канд. биол. наук: 03.02.08 / Гаврилин Игорь Игоревич. – Ульяновск, 2012. – 191 с.

SOME PECULIARITIES OF APPLICATION OF DENDROCHRONOLOGICAL ESTIMATION OF PINUS SYLVESTRIS L. AT CONDUCTING BIOINDICATIVE RESEARCHES IN URBAN ENVIRONMENT OF NORTHERN TERRITORIES

Runova E.M., professor of reproduction and processing of forest resources Bratsk State University, Dr. agricultural Science; **Anoshkina L.V.**, senior lecturer in forest machinery and equipment Bratsk State University, PhD. biol. Science; **Gavrilin I.I.**, head of the laboratory of the department of ecology and life safety and Bratsk State University, PhD. biol. Sciences

runova@rambler.ru, i.gavrilin@list.ru

Bratsk State University, 665709, Irkutsk region., Bratsk, st. Makarenko, 40

Ecological monitoring in order to assess the quality of the urban environment, containing a variety of industrial enterprises and multi-component sources of air pollution, along with theoretical, has actual practical value. Ecological monitoring is of particular importance for urban ecosystems of the Northern territories, where as a result of climatic, orographic and other conditions, the use of instrumental methods of environmental conditions quality control, with their high precision does not give an overall view about the ecological situation on the territory. That is why it is necessary to use bioindicative methods which allow rapid estimation of the quality of the environment objects. For obtaining reliable information about short-term and chronic impacts of pollutants within a certain time, and in the past, it is necessary to use natural objects of urban ecosystems, and, first of all woody plants. Recently biological research of technogenic pollution of industrial and residential zones using integrated in time and space responses of woody plants (bioindicators), forming part of green planting were developed. The article discusses the features of the use of dendrochronological estimation of growth of Scotch pine when conducting biological research in the urban environment of the Northern territories. Parameters of Scotch pine radial growth are given with regard to climatic and anthropogenic factors of Bratsk urban ecosystem. It is found out that the technogenic load has a greater impact on the radial growth: long-term exposure to pollutants leads to its decline and as a consequence to weakening of trees and subsequent possibility of their evaluation using the methods of bioindication, that confirms reasonability of dendrochronological research application. Differentiation of Pinus sylvestris L. on indicators radial growth, by grades of transparency and degree of defoliation are among the criteria for the ecological conditions estimation on the territory of urban ecosystems.

Key words: urban ecosystem, arboreal plants, ecological monitoring, bioindicative studies, radial growth

References

1. Gavrilin I.I., Gubar' M.A. Otsenka vliyaniya zheleznoy dorogi na sostoyanie rastitel'nosti po pokazatelyam fitotoksichnosti pochv s ispol'zovaniem test-ob'ekta «Avena Sativa L.» [Impact assessment of the railway in the state of vegetation in terms of phytotoxicity of soil with the use of the test-object «Avena Sativa L.». International research journal = Research Journal of International Studies. 2012. № 7-1. pp. 27-29.
2. Runova E.M., Anoshkina L.V., Mikhaylova T.A. Vliyanie rekreatsionnoy nagruzki na radial'nyy prirost sosny [The influence of recreational load on radial increment of pine. System Technology Methods]. System Technology Methods. 2011. № 2 (10). pp. 142-144.
3. Melehova O.P., Egorova E.I., Evseeva T.I., i dr Biologicheskij kontrol' okruzhayushchey sredy: bioindikatsiya i biotestirovanie [Biological control environment: bioindication and biotesting]. Moscow, Publishing center «Academy», 2007. 288 p.
4. Runova E.M., Anoshkina L.V. Zavisimost' radial'nogo prirosta sosny ot klimaticheskikh i antropogennykh faktorov [The dependence of the radial increment of pine from climatic and anthropogenic factors. Actual problems of the forest sector. Proceedings of the international scientific – technical conference. Issue 28]. Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa; pod red. E.A. Pamfilova. Sbornik nauchnykh trudov po itogam mezhdunarodnoy nauchno – tekhnicheskoy konferentsii. Vypusk 28. Bryansk, Bryansk state engineering and technological Academy, 2011. 199 p.
5. Shiyatov S.G. Dendrokronologiya verkhney granitsy lesa na Urale [The dendrochronology the upper border of forests in the Urals]. Moscow, Nauka, 1986. 136 p.
6. Bitvinkas T.T. Dendroklimaticheskie issledovaniya [Dendroclimatic research]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1974. 170 p.
7. Vaganov E.A., Sviderskaya I.V., Kondrat'eva E.N. Pogodnye usloviya i struktura godichnogo kol'tsa derev'ev: imitatsionnaya model' trakheidogrammy [Weather conditions and structure of the annual rings of the trees: a simulation model tracheotomy]. Lesovedenie [The forest science]. 1990, № 2. pp. 37–45.
8. Rudakov V.E. Metody izucheniya kolebaniy klimata na tolshchinu godichnykh kolets [Methods of study of climate fluctuations on the thickness of annual rings]. Doklady AN ArmSSR [Reports of Academy of Sciences of the ArmSSR], 1981. pp.75-79.
9. Ufimtseva M.D., Terexhina N.V. Fitoindikatsiya ekologicheskogo sostoyaniya urbogeosistem Sankt-Peterburga [Phytoindication ecological state of arbogastes of Saint Petersburg]. SPb., Nauka, 2005. 339 p.
10. Gavrilin I.I. Ustoychivost' drevesnykh rasteniy v urboekosistemakh severnykh territoriy (na primere g. Bratska Irkutskoy oblasti): diss. ... kand. biol. nauk: 03.02.08 [The stability of woody plants in urban ecosystems of the Northern territories (for example, Bratsk, Irkutsk region): dissertation of candidate of biological Sciences: 03.02.08]. Ul'yanovsk, 2012. 191 p.

ИНВЕНТАРИЗАЦИЯ ТИПОВ ЛЕСНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ КАК НАЧАЛЬНЫЙ ЭТАП СОХРАНЕНИЯ ИХ РАЗНООБРАЗИЯ НА ЭКОСИСТЕМНОМ УРОВНЕ

Л.П. РЫСИН, член-корр. РАН, Институт лесоведения РАН,
С.Л. РЫСИН, Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина, канд. биол. наук

ser-rysin@yandex.ru

Институт лесоведения РАН, Советская 21, п/о Успенское, Московская обл. 143030 Россия
ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276 г. Москва, Ботаническая ул., дом 4

Более двух десятилетий прошло после Конференции ООН в Рио-де-Жанейро, на которой особое внимание было уделено сохранению биологического разнообразия биосферы. Понимание важности этой проблемы существовало и прежде: в XIX–XX веках было организовано большое количество заповедников, национальных парков, заказников. Решения конференции имели целью стимулировать усилия в области охраны природы. Во многих странах, в том числе и в России, они получили официальную поддержку, но для их реализации необходима согласованная программа действий и взаимопонимание среди исполнителей. Для сохранения биоразнообразия на экосистемном уровне, прежде всего, нужна инвентаризация типов экосистем. Поскольку экосистема – понятие, не имеющее определенного объема и границ, мы предлагаем принимать экосистему в объеме биогеоценоза (в трактовке В.Н. Сукачева), а тип экосистемы – как тип биогеоценоза. Практически невозможно систематизировать все многообразие экосистем, тем более что оно обусловлено не только природными, но и антропогенными факторами. Поэтому нужно выделять только те природные образования, в которых растительность и условия обитания тесно связаны в устойчивые и достаточно часто встречающиеся комплексы – так называемые природные эталоны. Значительная часть современных лесов имеет искусственное происхождение. В основе систематизации их разнообразия должны быть состав и структура древостоев и условия обитания. Приводятся примеры классификации естественных и искусственных лесов.

Ключевые слова: конференция ООН в Рио-де-Жанейро, биосфера, инвентаризация типов экосистем, природные эталоны.

Более двух десятилетий прошло со времени проведения в Рио-де-Жанейро (1992) Конференции ООН, на которой особое внимание было уделено необходимости сохранения биологического разнообразия на видовом, популяционном и экосистемном уровнях. Эта проблема не является новой, понимание ее важности существовало и прежде. Достаточно напомнить об организации в XIX–XX столетиях в различных регионах мира многочисленных заповедников, заказников и национальных парков. В конце прошлого века наиболее ценным охраняемым территориям и объектам начали присваивать статус памятников Всемирного природного наследия. Решения конференции были призваны стимулировать дальнейший прогресс в области охраны природы. Во многих странах мира, в том числе и в России, они получили официальную поддержку.

Для того чтобы эти решения были реализованы, нужна четкая и согласованная программа действий. Во-первых, необходимо ответить на вопрос: что следует понимать под «экосистемным уровнем биоразнообразия». Экосистема в традиционном толковании этого термина не имеет четких границ. А. Тэнсли (А. Tansley), предложивший этот термин, пи-

сал: «Эти экосистемы, так мы можем их называть, имеют различный вид и размеры. Они образуют одну категорию из множества физических систем мироздания, которые ранжированы от Вселенной в целом до отдельного атома. Целое направление науки... направлено на то, чтобы мысленно изолировать системы с целью их изучения, так «разорвать» ранжированный ряд, чтобы сделать их фактическими объектами наших исследований: могут быть изолированы солнечная система, планета, климатическая область, сообщество растений или животных, индивидуальный организм, органическая молекула или атом. Фактически, системы, которые мы мысленно изолируем, не только включены как части в более крупные [системы], но они также накладываются, переплетаются и взаимодействуют друг с другом. Такого рода изоляция – искусственный прием, но это единственно возможный путь познания мира» [1]. Полагаем, что многие авторы, которые пользуются термином «экосистема», не всегда осведомлены о том содержании, которое вкладывал в него Тэнсли. Еще В.Н. Сукачев писал о неопределенности понятия «экосистема», противопоставляя ему конкретность другого понятия – биогеоценоз, который имеет

пространственные границы как участок земной поверхности. Очевидно, что под «экосистемным уровнем» мы должны понимать «уровень биогеоценотический» [2]. Тип биогеоценоза является единицей выражения экосистемного разнообразия подобно тому, как вид является элементарным таксоном в системе разнообразия на видовом уровне.

Проблему сохранения биологического разнообразия нельзя решать, не располагая информацией об объектах, которые предполагается сохранять. Поэтому первым этапом этой большой и важной работы должна быть инвентаризация типов биоразнообразия, а также оценка их биосферного и научного значения. Природа исключительно разнообразна – это бесконечное множество переходов (эктонов), причем естественное многообразие усложняется многовековым хозяйственным природопользованием. Например, в европейской части России практически не осталось лесов, не испытывавших в той или иной степени влияния человека. Подавляющее большинство лесных сообществ представляет собой стадии восстановления леса или, напротив, стадии его деградации (если такое вмешательство еще осуществляется). К сказанному следует добавить, что многие ныне существующие лесные сообщества являются искусственными – это посадки леса разного возраста и различной структуры. Зачастую они уже настолько трансформировались, что их трудно отличить от лесов естественного происхождения.

В области лесоведения идея инвентаризации типов лесных сообществ и осознания их лесоводственно-биологических свойств оформилась еще в XIX в. В отечественной лесной науке она получила дальнейшее развитие в работах Г.Ф. Морозова, В.Н. Сукачева, а также их многочисленных учеников и единомышленников. В самом начале XX в. Г.Ф. Морозов [3,4] видел в перспективе «план типов насаждений России». Появились и стали развиваться различные направления лесной типологии. Позднее была накоплена обширная информация о типах лесных сообществ России и сопредельных территорий. Препятствием для ее обработки и использования была и остается методологическая и методическая разобщен-

ность работ разных авторов. Общими усилиями членов Секции лесной типологии Научного совета по лесу АН СССР, активно работавшей в 70–80-х гг. прошлого столетия, позиции лесотипологов разных школ и направлений стали сближаться, однако распад СССР прекратил их сотрудничество.

И в настоящее время проблема сохранения разнообразия лесов на экосистемном (биогеоценотическом) уровне не потеряла свою актуальность. По-прежнему на повестке дня стоит задача разделения всего многообразия лесов на типы, а также создания системы подобной той, которая разработана для мира растений, животных, грибов и микроорганизмов. Какой должна быть система, представляющая многообразие лесного покрова? С нашей точки зрения, для ее создания наиболее приемлема концепция, сформулированная В.Н. Сукачевым и сохраняющая свою популярность. Она основывается, с одной стороны, на видах, играющих основную роль в жизни леса (эдификаторах и доминантах), а с другой – на специфике условий местообитания.

Такой подход относительно прост и широко доступен. В его основе лежат маршрутные исследования, их дополняют многолетние стационарные наблюдения и эксперименты. На этих принципах построены многочисленные лесотипологические разработки, в том числе и опубликованная в 2002–2012 гг. серия монографий «Хвойные леса России» [5–9].

Как уже отмечалось, мы исходим из того, что единицей измерения разнообразия лесного покрова следует считать тип лесного биогеоценоза (в трактовке В.Н. Сукачева). В книге «Основы лесной биогеоценологии» В.Н. Сукачев писал: «Под лесным биогеоценозом мы будем понимать всякий участок леса, однородный на известном протяжении по составу, структуре и свойствам слагающих его компонентов и по взаимоотношениям между ними, т. е. однородный по растительному покрову, по населяющим его животному миру и миру микроорганизмов, по поверхностной горной породе и по гидрологическим, микроклиматическим (атмосферным) и почвенным условиям и по взаимоотношениям между ними, и по типу обмена веществом и

энергией между его компонентами и другими явлениями природы» [10].

В.Н. Сукачев ставил знак равенства между типом лесных биогеоценозов и типом леса, предложил не отождествлять эти понятия и рассматривать тип лесных биогеоценозов как субэлементарный таксон лесной типологии, объединяющий лесные биогеоценозы, сходные по составу и сложению растительности и формирующиеся в аналогичных условиях местобитания [11]. Типы лесных биогеоценозов, существующие в пределах одного и того же типа лесорастительных условий, относятся к одному типу леса. Последний объединяет коренной (или условно коренной) тип лесных биогеоценозов и неопределенное множество производных типов, которые могут отличаться друг от друга породным составом древостоев, их структурой и рядом других признаков, представляя собой различные стадии восстановительных или деградиационных процессов. Каждый тип лесных биогеоценозов занимает определенное место в многомерной матрице типа леса, являясь одной из возможных форм его существования в природе. Для того чтобы охарактеризовать тип леса, надо выявить типы лесных биогеоценозов, встречающиеся в рамках определенного типа лесорастительных условий, а затем установить их генетические связи.

Коренной тип лесного биогеоценоза в нашем понимании не означает «первичного», девственного леса; этот термин применим к лесам, где существует очевидное полное соответствие растительности и условиям обитания. Например, для Верхневолжской низменности (Московская область) таковыми являются [12]:

– сосняк лишайниково-зеленомошный (на дюнных всхолмлениях со слабо оподзоленными песчаными хорошо дренированными почвами);

– сосняк зеленомошный (на выровненных участках со слабоподзолистыми песчаными хорошо дренированными почвами);

– сосняк бруснично-зеленомошный (на грядовых образованиях со слабоподзолистыми хорошо дренированными почвами);

– сосняк чернично-долгомошный (по замкнутым слабопроточным понижениям на подзолисто-глеевых супесчаных почвах, под-

стилаемых моренными суглинками, с уровнем грунтовых вод в пределах 1–2 м);

– сосняк сфагново-черничный (по междюнным непроточным понижениям на торфянисто-подзолистых глеевых супесчаных и песчаных почвах);

– сосняк морошково-сфагновый (по западинам с кочковатым микрорельфом на торфяных почвах с уровнем грунтовых вод не глубже 1 м);

– сосняк пушицево-сфагновый (по западинам на торфяных почвах);

– ельник долгомошный (по небольшим повышениям среди болот и заболоченных лесов на торфянисто-подзолистых суглинистых почвах с уровнем грунтовых вод в пределах 1–2 м);

– ельник сфагново-черничный (по западинам с кочковатым микрорельфом с торфянисто-подзолистыми суглинистыми глеевыми почвами при уровне грунтовых вод менее 1 м);

– черноольшатник травяно-болотный (на низинных заболоченных участках с выходом грунтовых вод на поверхность);

Термин «**условно-коренной тип лесных биогеоценозов**» используется в тех случаях, когда лес близок к коренному, но не имеет признаков безусловной устойчивости. В указанном выше регионе к этой категории относятся:

– сосняк чернично-зеленомошный (на склоновых частях грядовых образований со среднеподзолистыми песчаными дренированными почвами);

– сосняк черничный (на пониженных частях грядовых образований с подзолисто-контактно-глеевыми супесчаными почвами);

– сосняк орляково-черничный (на выровненных участках грядовых образований со слабодерново-подзолистыми супесчаными почвами с уровнем грунтовых вод в пределах 2–4 м);

– ельник чернично-зеленомошный (на верхних частях моренных останцов со среднеподзолистыми легкосуглинистыми относительно хорошо дренированными почвами с уровнем грунтовых вод более 4 м);

– ельник кисличный (на склоновых частях моренных останцов со слабодерново-сред-

неподзолистыми легкосуглинистыми почвами с уровнем грунтовых вод в пределах 2–4 м);

– ельник зеленчуково-кисличный (на склоновых частях моренных останцов со среднедерново-среднеподзолистыми супесчано-суглинистыми почвами при уровне грунтовых вод более 2 м).

Для описания лесного биогеоценоза необходимо использовать приведенный ниже перечень показателей, которые в общих чертах характеризуют как условия местообитания, так и существующую растительность:

- 1) генетический тип рельефа;
- 2) форма мезорельефа;
- 3) гранулометрический состав почвы и подстилающих пород;
- 4) тип почвы;
- 5) степень ее оглеения (если есть);
- 6) уровень грунтовых вод (после ухода верховодки);
- 7) карбонатность (если есть);
- 8) господствующая лесообразующая порода;
- 9) основная сопутствующая порода;
- 10) возрастная стадия древостоя;
- 11) основная порода подлеска;
- 12) основные виды-доминанты или эколого-фитоценотические группы видов травяно-кустарничкового покрова;
- 13) сопутствующие виды-доминанты или эколого-фитоценотические группы видов травяно-кустарничкового покрова;
- 14) основные виды-доминанты или эколого-фитоценотические группы видов напочвенного покрова;
- 15) сопутствующие виды-доминанты или эколого-фитоценотические группы видов напочвенного покрова.

Очевидно, что практически невозможно классифицировать все огромное разнообразие лесных сообществ, обусловленное, как уже упоминалось, не только природными, но и антропогенными факторами. Поэтому следует выделять только типичные природные образования, в которых растительность и условия местообитания тесно связаны друг с другом, образуя устойчивые и достаточно часто встречающиеся комплексы, так называемые **природные эталоны**. Относительно этого термина в лесоводственной литературе

нет единомыслия. Например, К.Б. Лосицкий и В.С. Чуенков [13] применяли его к лесам, которые по своей продуктивности, породному составу и качеству «наилучшим образом отвечают целям хозяйства», дают наивысший прирост древесины, эффективно выполняют защитные функции, наиболее полно используют плодородие почвы. По нашему мнению, природный эталон – это не «знак качества» насаждения, а показатель максимального соответствия лесной растительности и условий обитания. С этой точки зрения, эталонами могут считаться как высокобонитетный сосняк с липой на древней речной террасе, так и среднебонитетный сосняк зеленомошный на флювиогляциальной равнине или низкобонитетный сосняк сфагновый на верховом торфянике.

Приведем фрагмент перечня типов биогеоценозов сосновых лесов, произрастающих на территории европейской части России [6].

1. Сосняки каменистые.
 - 1.1. Сосняк лишайниковый каменистый.
 - 1.2. Сосняк вороничный каменистый.
 - 1.3. Сосняк брусничный каменистый.
 - 1.4. Сосняк черничный каменистый.
 - 1.5. Сосняк вересковый каменистый.
 - 1.6. Сосняк травянисто-брусничный каменистый.
2. Сосняки лишайниковые.
 - 2.1. Сосняк лишайниковый.
 - 2.2. Сосняк бруснично-лишайниковый.
 - 2.3. Сосняк чернично-лишайниковый.
 - 2.4. Сосняк воронично-лишайниковый.
 - 2.5. Сосняк толокнянково-лишайниковый.
 - 2.6. Сосняк вересково-лишайниковый.
 - 2.7. Сосняк редкотравно-лишайниковый.
 - 2.8. Сосняк овсяницево-лишайниковый.
 - 2.9. Сосняк дубняково-лишайниковый.

Перечисленные типы сосновых биогеоценозов многократно описаны разными авторами, достаточно четко выделяются в природе по своим структурным особенностям и условиям местообитания, а потому имеют все основания считаться «эталонными». Полный перечень типов сосновых биогеоценозов может служить основой их формационного кадастра – системы стандартизированных характеристик. Такого рода кадастры должны стать фактологической базой для решения проблемы выявления

и сохранения биологического разнообразия на экосистемном (биогеоценотическом) уровне. Новые исследования могут дополнять кадастры подобно тому, как открытие и описание нового вида расширяет наши представления о биологическом разнообразии на видовом уровне. Объединяющим началом формационного кадастра является основная лесообразующая порода (например, сосна обыкновенная) или близкие породы, между которыми возможна интрогрессивная гибридизация (например, ели европейская и сибирская). Первые формационные сводки по типам леса, опубликованные В.А. Поварницыным в 1941–1960 гг., до сих пор сохраняют научную ценность, но нуждаются в существенных дополнениях.

В том случае, если формация имеет обширный ареал, целесообразно дифференцировать ее типологический спектр по крупным природным регионам, к числу которых относятся: европейская часть России, Урал с Предуральем и Зауральем, Западная Сибирь, Центральная Сибирь, Восточная Сибирь, Южная (горная) Сибирь, включая Алтай, Предбайкалье и Забайкалье, Российский Дальний Восток. Например, на территории европейской части России выделены следующие группы типов биогеоценозов сосны обыкновенной [6]: сосняки каменистые (6 типов), сосняки лишайниковые (9 типов), сосняки зеленомошные (8 типов), сосняки плауновые (1 тип), сосняки вересковые (6 типов), сосняки вороничные (1 тип), сосняки брусничные (6 типов), сосняки черничные (13 типов), сосняки орляковые (3 типа), сосняки багульниковые (2 типа), сосняки голубичные (2 типа), сосняки долгомошные (7 типов), сосняки сфагновые (8 типов), сосняки травяно-сфагновые (7 типов), сосняки сложные (9 типов), сосняки меловые (классификация не разработана).

Несколько иначе выглядит перечень основных групп типов сосновых биогеоценозов, характерных для Южной Сибири: сосняки каменистые (3 типа), сосняки лишайниковые (3 типа), сосняки зеленомошные (6 типов), сосняки брусничные (7 типов), сосняки осочковые (4 типа), сосняки разнотравные (10 типов), сосняки злаковые (8 типов), сосняки карагановые (5 типов), сосняки таволговые (3 типа), сосняки рододендроновые (8 типов), сосняки

ольховниковые (3 типа), сосняки бадановые (1 тип), сосняки багульниковые (1 тип), сосняки толокнянковые (1 тип), сосняки черничные (1 тип), сосняки долгомошные (1 тип), сосняки сфагновые (1 тип). Сопоставление этих перечней обнаруживает большую разницу, которая усугубляется тем, что даже в одноименных группах типов биогеоценозов последние имеют существенные региональные различия.

Многие существующие ныне леса имеют искусственное происхождение. В основе систематизации их биологического разнообразия должно лежать понятие **типа лесных культур**, которое в данном случае следует определить **как тип искусственных лесных экосистем с определенным породным составом древостоя в одном и том же типе условий местопроизрастания** [14]. Необходимо различать исходные и производные типы лесных культур. Исходные типы искусственных насаждений складываются в момент их создания и могут существовать в течение более или менее продолжительного времени. Под воздействием различных факторов (взаимовлияние пород, болезни и вредители, хозяйственная деятельность человека, рекреация и др.), в первую очередь за счет изменения породного состава, происходят превращения их исходных типов в типы производные. Такие трансформации продолжаются до стабилизации состояния искусственного насаждения.

В качестве примера приведем перечень типов лесных культур с участием сосны обыкновенной, выявленных и описанных нами на территории города Москвы и ближнего Подмосковья.

1. Тип лесорастительных условий (ТЛУ) «Выровненные участки речных террас со среднеподзолистыми песчаными хорошо дренированными почвами на речном аллювии»

1.1. Чистые культуры сосны обыкновенной.

1.2. Культуры сосны обыкновенной с желтой акацией.

1.3. Культуры сосны обыкновенной с дубом черешчатым.

1.4. Культуры сосны обыкновенной с бересклетом европейским

1.5. Культуры сосны обыкновенной с кленом остролистным и бересклетом европейским.

2. ТЛУ «Дюнные всхолмления речных террас со слабоподзолистыми песчаными хорошо дренированными почвами на речном аллювии».

2.1. Чистые культуры сосны обыкновенной.

2.2. Культуры сосны обыкновенной с березой повислой.

2.3. Культуры березы повислой с сосной обыкновенной (доля участия березы в составе насаждения выше, чем у сосны).

3. ТЛУ «Повышенные выровненные участки моренных равнин со среднеподзолистыми супесчаными почвами с временным избыточным увлажнением на суглинке».

3.1. Чистые культуры сосны обыкновенной.

4. ТЛУ «Склоновые участки водораздельных моренных всхолмлений со среднеподзолистыми легкосуглинистыми хорошо дренированными почвами на валунном суглинке».

4.1. Чистые культуры сосны обыкновенной.

4.2. Культуры сосны обыкновенной с лиственницей сибирской.

4.3. Культуры сосны обыкновенной с елью европейской и вязом гладким.

5. ТЛУ «Склоновые участки водораздельных моренных равнин со среднеподзолистыми супесчаными хорошо дренированными почвами на суглинке».

5.1. Чистые культуры сосны обыкновенной.

5.2. Культуры сосны обыкновенной с елью европейской.

6. ТЛУ «Повышенные выровненные участки водораздельных моренных равнин со среднеподзолистыми легкосуглинистыми хорошо дренированными почвами на песке».

6.1. Культуры ели европейской с сосной обыкновенной и ясенем обыкновенным.

7. ТЛУ «Контактные участки водораздельных склонов и речных террас со слабоподзолистыми легкосуглинистыми хорошо дренированными почвами на песке».

7.1. Культуры сосны обыкновенной с ясенем обыкновенным.

8. ТЛУ «Повышенные выровненные участки водораздельных моренных равнин со среднеподзолистыми легкосуглинистыми почвами с временным избыточным увлажнением на валунном суглинке».

8.1. Чистые культуры сосны обыкновенной.

8.2. Культуры сосны обыкновенной с ясенем обыкновенным.

8.3. Культуры сосны обыкновенной с ясенем обыкновенным и желтой акацией.

8.4. Культуры лиственницы сибирской с сосной обыкновенной и желтой акацией.

8.5. Культуры сосны обыкновенной с лиственницей сибирской и пузыреплодником казинолистным.

8.6. Культуры сосны обыкновенной с лиственницей сибирской и ясенем обыкновенным.

8.7. Культуры ели европейской с сосной обыкновенной и ясенем обыкновенным.

8.8. Культуры сосны обыкновенной с елью европейской, ясенем обыкновенным и кленом остролистным.

8.9. Культуры сосны обыкновенной с елью европейской и дубом черешчатым.

8.10. Культуры сосны обыкновенной с елью европейской, березой повислой и липой мелколистной

Весьма важно не только зафиксировать типы эталонных лесных биогеоценозов, но и в ряде случаев организовать наблюдения на участках лесов, их представляющих. Леса находятся в состоянии постоянного изменения. Действующими факторами могут быть как внешние (экзоэкогенез), так и внутренние (эндоэкогенез) причины. Например, многие сосняки сформировались на месте вырубленных или сгоревших ельников. Ель постепенно восстанавливает свои позиции, о чем свидетельствует присутствие ее многочисленного подроста или уже сложившегося полога, который постепенно по высоте догоняет сосну. Возобновление сосны в таких лесах отсутствует.

Другой пример – сложные сосняки, в которых сосне сопутствуют широколиственные породы – липа, дуб, лещина. Эти породы постепенно подселяются под пологом сосны и в течение длительного времени являются ее спутниками. Опад широколиственных пород, богатый азотом и элементами зольного питания, повышает почвенное плодородие и продуктивность сосновых древостоев. Однако эти же породы создают столь сильное затенение (относительная освещенность в летние месяцы составляет всего лишь 4–6%), что всходы сосны, испыты-

вая недостаток света, очень скоро погибают; жизнеспособный подрост сосны здесь полностью отсутствует. В дальнейшем, по мере распада сосновой части древостоя, появляющиеся прогалины зарастают широколиственными породами – в пределах одного и того же типа леса (эдафотоп остается прежним) происходит смена типов лесных биогеоценозов.

Мониторинг лесов должен быть важным направлением исследований при сохранении их биоразнообразия. Но начальный и важнейший этап этой работы – типологическая инвентаризация лесов.

Библиографический список

1. Антология экологии. – Тольятти, 2004. – 354 с.
2. Рысин, Л.П. Тип экосистемы как элементарная единица в оценке биоразнообразия на экосистемном уровне / Л.П. Рысин // Экология. –1995. –№ 4. – С. 259–262.
3. Морозов, Г.Ф. Лесокультурные заметки. II. К вопросу о типах насаждений / Г.Ф. Морозов // Лесопромышленный вестник. –1903. –№ 21. –С. 389–391.
4. Морозов, Г.Ф. Лесокультурные заметки. III. К вопросу о типах насаждений / Г.Ф. Морозов // Лесопромышленный вестник. – 1903. –№ 22. –С. 405–407.
5. Рысин, Л.П. Еловые леса России / Л.П. Рысин, Л.И. Савельева. – М.: Наука, 2002. – 336 с.
6. Рысин, Л.П. Сосновые леса России / Л.П. Рысин, Л.И. Савельева. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 289 с.
7. Рысин, Л.П. Лиственничные леса России / Л.П. Рысин. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 343 с.
8. Рысин, Л.П. Кедровые леса России / Л.П. Рысин. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2011. – 240 с.
9. Рысин, Л.П. Пихтовые леса России / Л.П. Рысин, Ю.И. Манько, С.М. Бебия. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 200 с.
10. Сукачев, В.Н. Основные понятия лесной биогеоценологии / В.Н. Сукачев // Основы лесной биогеоценологии. – М.: Наука, 1964. – С. 5–49.
11. Рысин, Л.П. Современные проблемы лесной типологии / Л.П. Рысин // Современные проблемы лесной типологии. – М.: Наука, 1985. – С. 11–14.
12. Рысин, Л.П. Кадастры типов леса и типов лесных биогеоценозов / Л.П. Рысин, Л.И. Савельева. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 144 с.
13. Лосицкий, К.Б. Эталонные леса / К.Б. Лосицкий, В.С. Чуенков. – М.: Лесная пром-сть, 1980. –192 с.
14. Рысин, Л.П. Типология лесных культур / Л.П. Рысин, С.Л. Рысин // Изв. высш. учеб. заведений. Лесной журнал. –1993. – № 2–3. – С. 10–13.

INVENTORY TYPES FOREST ECOSYSTEMS AS AN INITIAL STAGE TO PRESERVE THEIR DIVERSITY AT THE ECOSYSTEM LEVEL

Rysin L.P., Corresponding Member. Russian Academy of Sciences, Institute of Forest Science; Rysin, S.L., Main Botanical Garden. NV Tsitsin, PhD. biol. Sciences

ser-rysin@yandex.ru

Institute of Forest Science, Russian Academy of Sciences (ILAN), Sovetskaya 21, Uspenskoe, Moscow region, 143030 Russia, Main Botanical Garden. N.V. Tsitsin RAS, 127276 Moscow Botanical st., Building 4

Two decades have elapsed since the UN Conference in Rio de Janeiro, where special attention has been given to the conservation of biodiversity of the biosphere. The importance of the problem was realized already earlier: during the 19th-20th centuries, a number of national parks and reservations have been created. The Resolutions of the Conference were aimed at stimulating the efforts directed towards environmental conservation. In many countries, including Russia, such efforts were officially sanctioned, but their realization requires a plan of action and common understanding. In order to preserve biodiversity at the ecosystem level, one first of all needs an inventory of the ecosystem types. Because ecosystem is a dimensionless concept, we propose to consider the ecosystem within the limits of biocenosis (see V.N. Sukachev), and the type of ecosystem as a type of biocenosis. It is practically impossible to systematize the variety of ecosystems, more so since it arises not only due to natural factors, but also due to anthropogenic ones. Therefore it is necessary to consider only those natural systems where fauna and habitat conditions are closely linked into stable and frequently encountered complexes – the so called natural templates. A significant proportion of modern forests has artificial antecedents. Classification of their diversity should be based on the content and structure of stands as well as their habitats. We give examples of classification of natural and artificial forests.

Key words: UN Conference in Rio de Janeiro, biosphere, inventory of the ecosystem types, natural templates.

References

1. *Antologiya ekologii* [Anthology of ecology]. Tol'yatti, 2004. 354 p.
2. Rysin, L.P. *Tip ekosistemy kak elementarnaya edinita v otsenke bioraznoobraziya na ekosistemnom urovne* [Ecosystem type as the basic unit in the assessment of biodiversity at the ecosystem level]. *Ekologiya* [Ecology]. 1995. № 4. pp. 259-262.
3. Morozov, G.F. *Lesokul'turnye zametki. II. K voprosu o tipakh nasazhdeniy* [Silvicultural notes. II To the question about the types of plantations]. *Lesopromyshlennyy vestnik* [Timber Bulletin]. 1903. № 21. pp. 389-391.
4. Morozov, G.F. *Lesokul'turnye zametki. III. K voprosu o tipakh nasazhdeniy* [Silvicultural notes. III. To the question about the types of plantations]. *Lesopromyshlennyy vestnik* [Timber Bulletin]. 1903. № 22. pp. 405-407.
5. Rysin, L.P., Savel'eva L.I. *Elovye lesa Rossii* [The spruce forests of Russia]. Moscow, Nauka, 2002. 336 p.
6. Rysin, L.P., Savel'eva L.I. *Sosnovye lesa Rossii* [Pine forests of Russia] Moscow, Partnership of scientific publications KMK, 2008. 289 p.

7. Rysin, L.P. *Listvennichnye lesa Rossii* [Larch forests of Russia]. Moscow, Partnership of scientific publications KMK, 2010. 343 p.
8. Rysin, L.P. *Kedrovye lesa Rossii* [The cedar forests of Russia]. Moscow, Partnership of scientific publications KMK, 2011. 240 p.
9. Rysin, L.P., Man'ko Ju.I., Bebiya S.M. *Pihtovye lesa Rossii* [Fir forests of Russia]. Moscow, Partnership of scientific publications KMK, 2012. 200 p.
10. Sukachev, V.N. *Osnovnye ponyatiya lesnoy biogeotsenologii* [Basic concepts of forest biogeocenotic. Fundamentals of forest biogeocenotic]. *Osnovy lesnoy biogeotsenologii*. Moscow, Nauka, 1964. pp. 5-49.
11. Rysin L.P. *Sovremennye problemy lesnoy tipologii* [Modern problems of forest typology. Modern problems of forest typology] *Sovremennye problemy lesnoy tipologii*. M., Nauka, 1985. pp. 11-14.
12. Rysin, L.P., Savel'eva L.I. *Kadastry tipov lesa i tipov lesnykh biogeotsenozov* [Inventories of forest types and types of forest biogeocenoses]. Moscow, Partnership of scientific publications KMK, 2007. 144 p.
13. Lositskiy, K.B., Chuenkov V.S. *Etalonnnye lesa* [Reference forests]. Moscow, Lesnaja prom-st' [Forest industry], 1980. 192 p.
14. Rysin, L.P., Rysin S.L. *Tipologiya lesnykh kul'tur* [Typology of forest cultures]. *News of higher education institutions. Forestry magazine*. 1993. № 2-3. pp. 10-13.

ЗОНИРОВАНИЕ КУРСКОЙ ОБЛАСТИ ПО УСЛОВИЯМ ПРОИЗРАСТАНИЯ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА

В.М. СИДОРЕНКОВ, зав. отд. лесоводства и ухода за лесами ФБУ ВНИИЛМ, канд. с.-х. наук,
Н.И. ЛЯМЦЕВ, зав. отд. защиты леса ФБУ ВНИИЛМ, канд. биол. наук,
Е.П. МАТАФОНОВ, ген. директор ООО НИЦ МПС, канд. геол.-минер. наук,
Е.М. СИДОРЕНКОВА, науч. сотрудник ФБУ ВНИИЛМ

lesvn@yandex.ru

ФБУ ВНИИЛМ, 141202, Московская обл., г. Пушкино, ул. Институтская, 15

В аридных зонах, к которым относится территория Курской области, эффективность мероприятий по лесовосстановлению и выращиванию дубрав в значительной степени зависит от сочетания природных факторов, которыми определяется потенциал лесорастительных условий. При проектировании лесохозяйственных мероприятий на определённом участке определить условия произрастания не всегда возможно из-за недостаточной информации по рельефу, ландшафтной структуре, гидрологии, почвенному плодородию. Ошибки могут привести к значительным потерям продуктивности дубрав, а в ряде случаев (во время засух) при глубоком залегании уровня грунтовых вод и их деградации. Применение современных методов геоинформационного анализа с учетом зонирования исследуемой территории по перечисленным факторам дает возможность получения комплексной оценки потенциала лесорастительных условий. Решению данных вопросов и посвящена статья, в которой с использованием методов геоинформационного анализа, данных пробных площадей определяется степень влияние почвенного плодородия, уровня грунтовых вод, рельефа местности на произрастание дубрав. По результатам исследований проводится зонирование территории Курской области по условиям произрастания насаждений дуба черешчатого. В ходе проведенных исследований предпринята попытка на базе современных технологий с использованием геоинформационного анализа осуществить зонирование по лимитирующим факторам произрастания дуба черешчатого. В разработанной модели зонирования территории не учитывалось изменение лесного фонда в течение длительного времени, происхождение дубрав, колебание уровня воды на основных гидрологических объектах, уровень вод аэрации (поверхностные воды, первый водоносный горизонт). Анализ перечисленных факторов позволил бы скорректировать зонирование территории по условиям произрастания и определить приемлемые варианты как по лесовосстановлению, так и по осуществлению дальнейших лесохозяйственных мероприятий с учетом степени соответствия условий произрастания экологическим требованиям дуба. Полученные результаты от ранее проведенных работ отличаются тем, что позволяют осуществить территориальное зонирование Курской области по условиям произрастания дуба черешчатого. Эти исследования являются основой для проведения дальнейших полевых работ по изучению насаждений дуба черешчатого, их состояния и устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов.

Ключевые слова: дубравы, условия произрастания, устойчивость лесных экосистем

Изменение природно-климатических факторов за последние годы и интенсификация антропогенного воздействия негативно влияют на лесные массивы дуба на территории европейской части России. Многими исследователями [1, 3, 7, 14] отмечается усиление в последние годы деградации дубовых насаждений до массового усыхания.

Относительно причин деградации высказывается много предположений о взаимосвязи с природно-климатическими факторами и с антропогенным влиянием на насаждения дуба в прошлом и настоящем. Определение комплекса проблем в ранее проведенных исследованиях по усыханию дубрав не решает главный вопрос о том, как осуществлять лесовосстанов-

ление и ведение лесного хозяйства для территорий, различных по гидрологическому режиму и типу почв. В результате при планировании и проведении лесохозяйственных мероприятий в дубравах принимаются субъективные решения, которые, в лучшем случае, согласованы с условиями произрастания, а в худшем – являются отражением шаблонного подхода без учета особенностей экосистем. Такое состояние дел приводит к многочисленным ошибкам, которые впоследствии не позволяют достичь оптимального состава насаждений и выполнения ими целевых функций.

Несмотря на многочисленные публикации по состоянию дубрав, в практике лесного хозяйства наблюдается недостаточное использование современных достижений для обобщения экологической информации о состоянии дубрав. Эту тенденцию можно объяснить неоднозначностью научных результатов, которые, в большинстве случаев, отражают особенности исследований по узкому направлению или небольшой территории.

По результатам ранее проведенных исследований [2, 7, 15, 16], усыхание дубрав обусловлено комплексом взаимосвязанных факторов от неправильного ведения хозяйства до изменения климата. На протяжении длительного периода бессистемные приисковые и широколесосечные рубки стали причиной ослабления, сокращения площадей дубовых лесов в различных географических условиях. Значительные объемы уничтожения дубрав выборочными и сплошными рубками относятся к годам коллективизации, индустриализации и послевоенным годам [2].

Анализ литературных источников [7, 15, 16] по естественному восстановлению дубрав показывает, что семенное возобновление не обеспечивает естественного воспроизводства древостоев дуба. Ситуация ухудшается преобладанием среди средневозрастных и спелых насаждений порослевых дубрав. При многократном порослевом возобновлении устойчивость древостоев к воздействию неблагоприятных природных факторов существенно снижается. Они в большей степени, чем высокоствольные дубравы, повреждаются насекомыми и возбудителями болезней леса. При сохранении

сложившейся динамики отпада теоретические расчеты показывают, что дубравы могут полностью исчезнуть в лесостепной зоне к концу XXI в., а в зоне широколиственных лесов – значительно раньше [3–5]. Приведенные примеры предсказывают ситуацию, которая в будущем может привести к экологической катастрофе с деградацией целых экосистем.

Исследованиями Яковлева А.С. [18] доказано, что основным фактором, влияющим на устойчивость дубрав лесостепи и степи, является изменение гидрологического режима поверхностных вод, что приводит к ослаблению деревьев дуба и развитию суховершинности. По результатам работ А. М. Невидимова [5], именно изменение гидрологического режима привело к массовому усыханию дуба по всему Волжскому бассейну. Процесс усыхания приводит к изменению возрастной структуры насаждений и снижению естественного потенциала восстановления дубрав, а также к смене пород, и в ряде случаев, к исчезновению леса.

По исследованиям Золотухина А.И. [5], усыхание дуба черешчатого в Саратовской области связано с морозными зимами (1968–1969, 1978–1979 гг.) и с сильной летней засухой (1975 г.). Процессы усыхания привели к замещению дубрав другими растительными сообществами, в которых доминируют клены остролистный и татарский, липа мелколистная и другие породы, или даже остепнение лесных территорий.

Анализ литературных источников и ранее проведенных исследований [1, 3, 5, 7, 14 и др.] показывает, что деградация дубрав вызвана, в основном, причинами, связанными с изменением климата, падением уровня грунтовых вод, почвенным плодородием, хозяйственной деятельностью. Учитывая требовательность дуба к плодородию почв и изменению уровня грунтовых вод, эти два фактора при проведении исследований мы выделили в отдельную группу. Их природа непосредственно связана с определенной территорией, и, как следствие, их оценка должна осуществляться на базе геопространственного анализа рельефа, уровня грунтовых вод, вод зоны аэрации и ландшафтных особенностей территории.

Для оценки состояния древостоев разработано много критериев, в основе которых заложены признаки ухудшения состояния (повреждения) деревьев. Наиболее простая классификация изложена в Правилах санитарной безопасности в лесах (2007). Выделяется шесть категорий деревьев: без признаков ослабления, ослабленные, сильно ослабленные, усыхающие, свежий сухостой, старый сухостой. Оценка осуществляется по комплексу визуальных признаков: густоте и цвету кроны, доле усохших ветвей, состоянию коры, наличию и степени повреждения насекомыми и болезнями. Состояние насаждений определяется по соотношению деревьев разных категорий, доле усыхающих и сухостойных деревьев, средней категории состояния деревьев.

Более сложная оценка учитывает пространственный анализ состояния древостоев через особенности ландшафтов. Деградация дубрав рассматривается как экологический процесс [5]. В основе методики оценки состояния дубовых насаждений, по А. М. Невидимову, заложена устойчивость биологических систем, где большое внимание уделяется понятию «критическое состояние системы». Диагностика критического состояния системы предполагает изучение пространственной структуры и динамики ценопопуляций с выявлением элементарных демографических единиц (ЭДЕ). Анализ критического состояния популяционных систем у растений позволяет выделить ряд диагностических признаков: неполночленность онтогенетического спектра, сокращение площади ценопопуляций, значительный разрыв между размером ЭДЕ и площадью базового спектра вида, отрицательная скорость роста в течение времени, соразмерного с длительностью оборота поколений у данного вида. Данный подход позволяет перейти к алгоритмам пространственного анализа по спектру факторов, влияющих на устойчивость насаждений дуба. Особенность использования геоинформационных методов оценки деградации систем позволяет перейти от методики точечной оценки к пространственному анализу устойчивости насаждений дуба и, как следствие, определению системы лесохозяйственных мероприятий в зависимости от условий произрастания.

Учитывая ранее проведенные исследования, оценка условий произрастания дуба и устойчивости его насаждений осуществлялась на основе анализа факторов:

1. Глубины залегания водоносного горизонта (уровень вод бассейнов рек);
2. Особенности почвенных условий;
3. Особенности рельефа.

Уровень грунтовых вод или глубина залегания водоносного горизонта бассейнов рек всегда представляла интерес. Так, на протяжении длительного периода, до технологического прогресса, эти воды являлись основным источником питьевой воды. Первые исследования гидрологического режима по Курской области можно отнести концу XVIII в., времени проведения крупномасштабных экспедиций акад. В. Зуева, И.П. Фалька, И.А. Гильденштедта. В середине XIX в. территория была охвачена экспедицией р. Мурчина и последующими исследованиями Н. Кулибина, Г. Романовского и др. [6, 10–12].

Проведенные исследования показали, что основные закономерности условий произрастания дуба для определенной территории области зависят от комплекса лимитирующих факторов, к основным из которых можно отнести почвенное питание (типы почв) и доступность грунтовых вод. При проведении работ осуществлялось моделирование влияния этих факторов на насаждение дуба. В процессе исследований удалось осуществить зонирование территории области по уровню водоносных горизонтов бассейнов рек и почвенному плодородию. Классификация факторов осуществлялась по 5-балльной системе, соответствующей классам бонитета или продуктивности насаждений. Оценка проводилась отдельно как по плодородию почв, так и по гидрологической классификации.

Зонирование по плодородию почв реализовывалось с использованием типологической классификации дубрав центральной и южной степи, разработанной Н.П. Калиниченко [7]. Оценка потенциальной возможности формируемых насаждений на определенном виде почв осуществлялась по классам бонитета. Показатель влажности для всех типов почв считался оптимальным для произрастания дубрав.

Классификация почв по потенциальной продуктивности формируемых насаждений
Soil classification for the potential productivity of plantations formed

Наименование почв	Потенциальная продуктивность насаждений (бонитеты) при оптимальной влажности
Черноземы типичные	1
Черноземы выщелоченные	2
Черноземы оподзоленные	2
Черноземы слабовыщелоченные	1
Черноземы остаточно-карбонатные	1
Черноземы солонцеватые	3
Лугово-черноземные	1
Комплекс черноземных и серых лесных почв	1
Пойменные луговые	3
Пойменные болотные	Непригодные для произрастания
Дерново-слабоподзолистые	4
Темно-серые лесные	2
Серые лесные	2
Светло-серые лесные	3
Пески сыпучие	Непригодные для произрастания

Зонирование территории области по потенциальной продуктивности дубрав показала, что большинство почв на территории Курской области позволяют формировать высокопродуктивные насаждения дуба черешчатого (рис. 1). Неприемлемыми почвами, на которых не удастся получить древостой дуба или его участия в составе пород, являются пойменные болотные почвы и сыпучие пески. Низкой продуктивностью также отличаются типы подзолистых почв, которые приурочены к лесным ландшафтам, где ранее преобладали или преобладают в составе насаждений хвойные породы. На этих видах почв участие дуба в составе насаждений возможно только на начальных этапах развития. В последующем он выпадает из состава из-за низкой освещенности и неспособности конкурировать в этих условиях с хвойными и мягколиственными породами.

Зонирование по гидрологическим факторам условий произрастания дуба черешчатого является более сложной задачей. Устойчивость при засухе связана с особенностями корневой системы и уровнем залегания грунтовых вод. По результатам ранее проведенных исследований [7–9, 14] развитие корневой системы дуба к возрасту 20 лет может достигать 14 м, к возрасту 100 лет – 20–35 м.

Сложность работ по определению оптимального гидрологического цикла для

лесных растений позволяет провести только примерно градацию по этому признаку, которую, возможно, придется корректировать в будущем по результатам дальнейших исследований. За оптимальные условия произрастания дубрав взят уровень грунтовых вод, находящихся в пределах от 5 до 15 метров от поверхности, относительно оптимальным – от 15.1 до 20 м, слабые риски усыхания – от 20.1 до 35 м, высокие риски усыхания – от 35 м и глубже. При уровне водоносного горизонта бассейнов рек, основного горизонта аккумуляции подземных вод, превышающем 40 м, основное питание лесных экосистем происходит преимущественно от вод аэрации (осадков) и в значительной степени зависит от природно-климатических условий и устойчивости растений к воздействию засух.

Совокупный анализ почвенно-гидрологических условий позволил осуществить зонирование территории Курской области по условиям произрастания дуба черешчатого (рис. 2, 3).

Результаты исследований показывают, что оптимальные условия произрастания дубрав тяготеют к участкам, располагающимся вдоль рек и обеспеченным достаточным питанием грунтовых вод. Неблагоприятные для условий произрастания дуба участки, как правило, находятся на границе бассейнов, тяго-

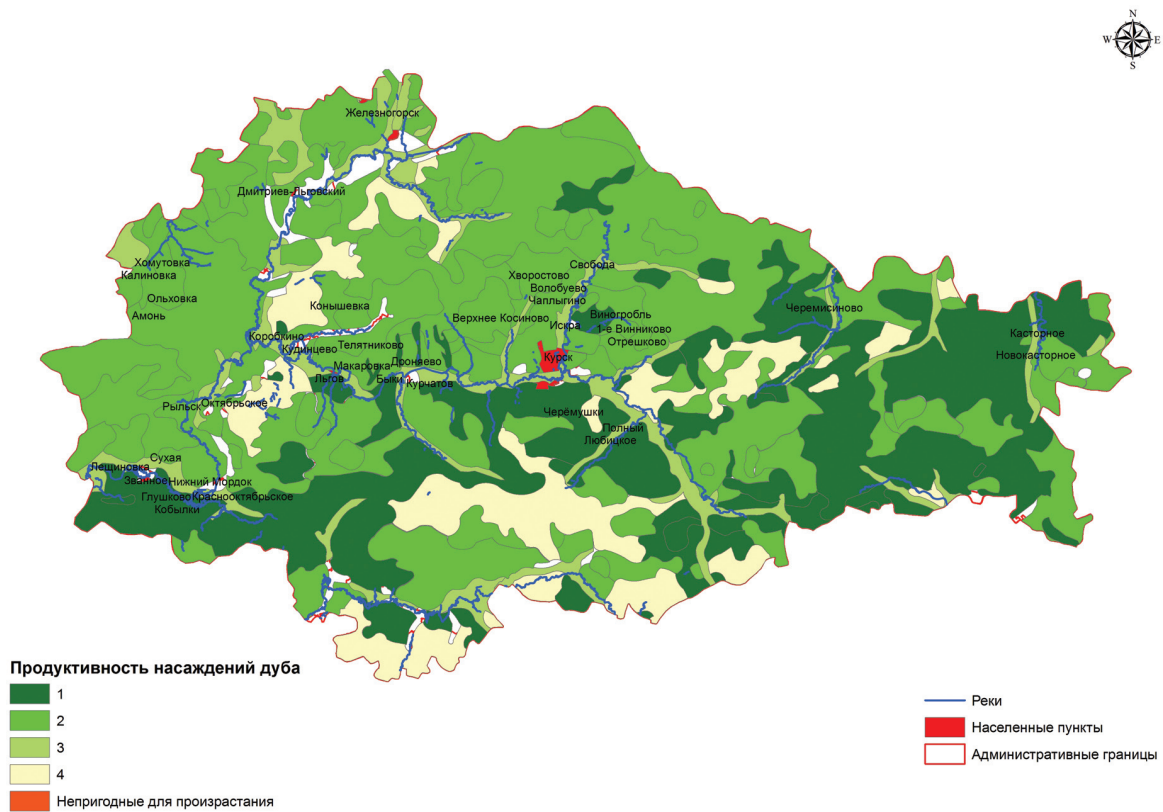


Рис. 1. Продуктивность насаждений дуба (классы бонитета) в зависимости от типа почв при оптимальной влажности

Fig. 1 Productivity of oak (yield class) depending on the type of soil at the optimum moisture

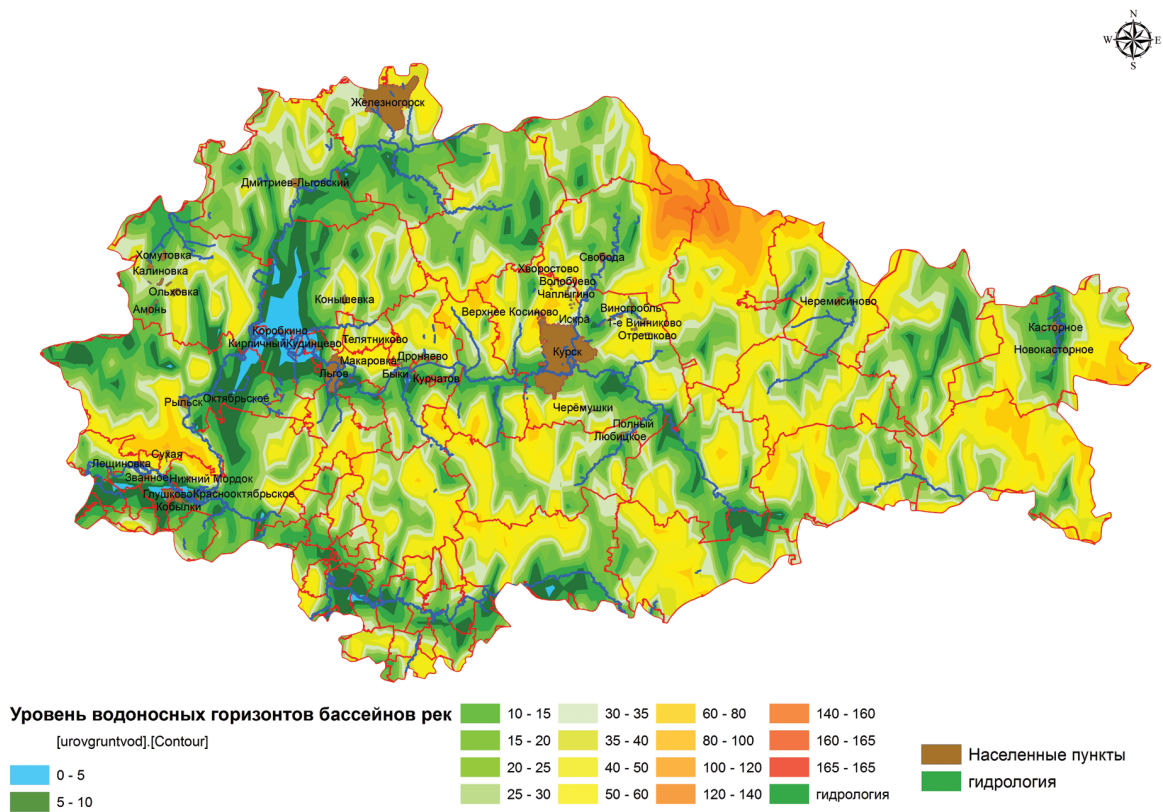


Рис. 2. Уровень водоносных горизонтов бассейнов рек, м

Fig. 2. Level aquifer basins, m

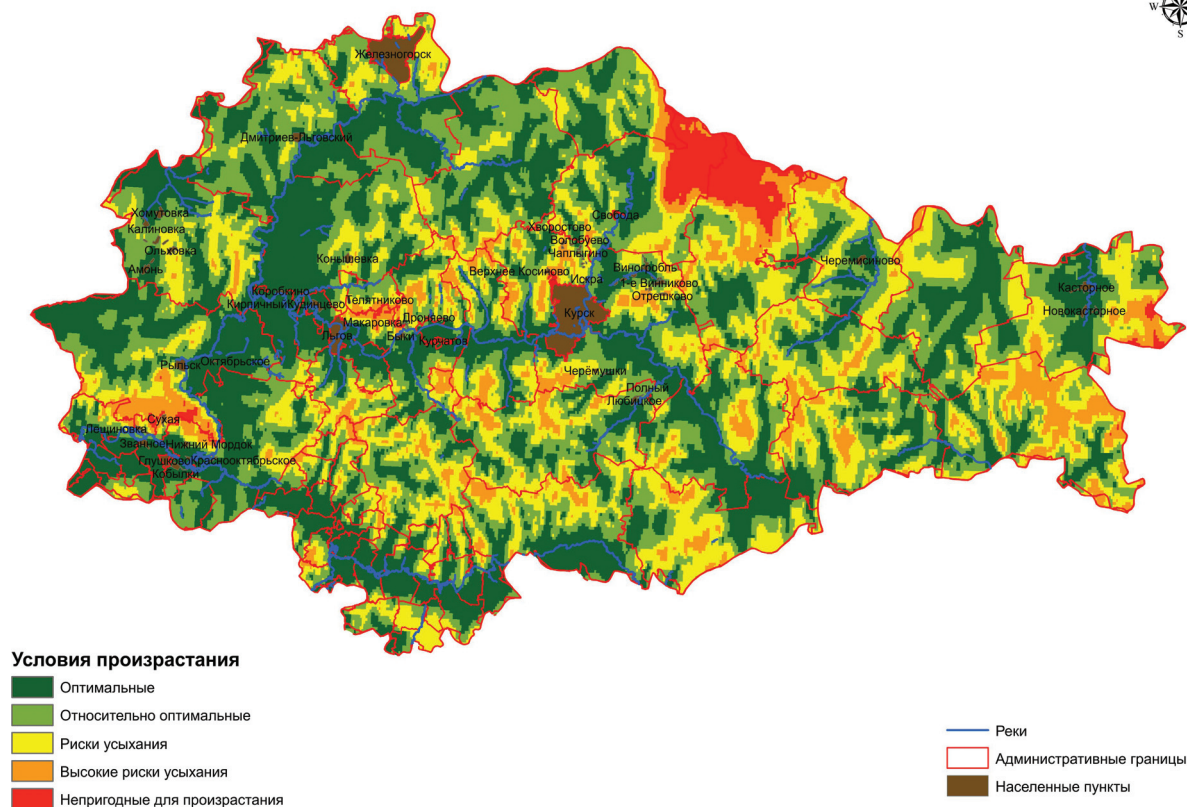


Рис. 3. Зонирование территории Курской области по условиям произрастания дуба черешчатого
Fig. 3 Zoning in Kursk region in terms of growth of English oak

теющих к возвышенным местам, где уровень основной аккумуляции поверхностных вод превышает 25 м от поверхности. Преобладание на таких участках черноземов и серых лесных почв создает еще большую зависимость роста насаждений от вод аэрации (осадков), так как для данного вида почв наблюдается низкая инфильтрация, из-за которой при выпадении осадков формируется преимущественно поверхностный сток. Проникновение влаги в более глубокие горизонты почвы в данных условиях возможно только при достаточно длительном выпадении осадков, что в условиях лесостепи и степи наблюдается нечасто.

В ходе проведенных исследований предпринята попытка на базе современных технологий с использованием геоинформационного анализа осуществить зонирование по лимитирующим факторам произрастания дуба черешчатого. В разработанной модели зонирования территории не учитывалось изменение лесфонда в течение длительного времени, происхождение дубрав, колебание уровня воды на основных гидрологических

объектах, уровень вод аэрации (поверхностные воды, первый водоносный горизонт). Анализ перечисленных факторов позволил бы скорректировать зонирование территории по условиям произрастания и определить приемлемые варианты как по лесовосстановлению, так и по осуществлению дальнейших лесохозяйственных мероприятий с учетом степени соответствия условий произрастания экологическим требованиям дуба. Полученные результаты от ранее проведенных работ отличаются тем, что позволяют осуществить территориальное зонирование Курской области по условиям произрастания дуба черешчатого. Эти исследования являются основой для проведения дальнейших полевых работ по изучению насаждений дуба черешчатого, их состояния и устойчивости к воздействию неблагоприятных факторов.

Библиографический список

1. Бугаев, В.А. Долговечность и устойчивость дубрав Шилова леса / В.А. Бугаев, А.Л. Мусиевский, Н.В. Есипов // Проблемы деградации дубрав и совре-

- менные системы ведения лесного хозяйства в них. Материалы научно-практич. семинара 28–30 марта 2007. – Воронеж: ВГЛТА, 2007. – С 50–52.
- Енькова, Е.И. Теллермановский лес и его восстановление/ Е.И. Енькова// Воронеж: Воронежский ун-т, 1976. – 216 с.
 - Ерусалимский, В.И. Лесоводственно-экологические основы выращивания насаждений дуба черешчатого в засушливой степи/ В.И. Ерусалимский: дисс. ... д-ра с.-х. наук. – М., 1992. – 45 с.
 - Ерусалимский, В.И. Лесоразведение в степи / В.И. Ерусалимский. – М.: ВНИИЛМ, 2004.
 - Золотухин, А.И. Антропогенная динамика структуры и биоразнообразия пойменных дубрав Среднего Прихоперья / А.И. Золотухин, А.А. Шаповалова, А.А. Овчаренко. – Балашов, Николаев, 2010. – 164 с.
 - Кабанова, Р.В. Рельеф. Природа Курской области и ее охрана / Р.В. Кабанова. – Воронеж: Центр.-Черноземное кн. изд-во, 1985 – Вып. 1. – С. 30–42.
 - Калиниченко, Н.П. Дубравы России / Н.П. Калиниченко. – М.: ВНИИЦлесресурс, 2000. – 536 с.
 - Попа, Ю.Н. Антропогенная трансформация лесных биогеоценозов Кодр Молдавии: дисс. ... канд. биол. наук : 03.00.16. / Ю.Н. Попа. – Красноярск: Институт леса и древесины СО АН СССР, 1981. – 25 с.
 - Присяжнюк, А.С. Динамика баланса влаги в зоне аэрации и ее влияние на состояние лесов / А.С. Присяжнюк // Проблемы усыхания дубрав в Молдавии. – Кишинев: Штиинца, 1980. – С. 40–50.
 - Смолянинов, В.М. Опыт районирования по условиям искусственного восполнения подземных вод за счет остаточного стока (на примере Центрально-Черноземных областей) / В.М. Смолянинов // Геология и разведка. – 1972. – № 2. – С. 17–22.
 - Смолянинов, В.М. Подземные воды Центрально-Черноземного региона: условия их формирования, использование / В.М. Смолянинов. – Воронеж: Воронежский гос. агро. университет, 2003. – 250 с.
 - Смолянинов, В.М. Бассейновый подход при изучении экологического состояния водных ресурсов Центрально-Черноземного региона / В.М. Смолянинов, В.И. Шмыков // Тр. междунар. науч. конф. «Высокие технологии в экологии». – Воронеж, 1998. – С. 34–39.
 - Спиридонов, А.И. Основные черты рельефа черноземного центра / А.И. Спиридонов // Вопросы географии. – М.: Географгиз, 1953. – Вып. 32. – С. 134–156.
 - Стойко, С.М. Дубовые леса Карпатской горной системы: дисс. ... д-ра биол. наук / С.М. Стойко. – Киев, 1969. – 56 с.
 - Турчин, Т.Я. Естественные степные дубравы Донского бассейна и их восстановление / Т.Я. Турчин. – М., ВНИИЛМ, 2004. – 312 с.
 - Турчин Т.Я. Оценка и прогноз успешности порослевого возобновления дуба в пойменных лесах Дона / Т.Я. Турчин // Лесной журнал, 1994. – № 2. – 32 с.
 - Яковлев, А.С. Биологические и технологические основы искусственного восстановления насаждений дуба в Среднем Поволжье: дисс. ... д-ра с.-х. наук / А.С. Яковлев. – Л.: ЛТА, 1990. – 40 с.
 - Яковлев, А.С. Дубравы Среднего Поволжья / А.С. Яковлев, Н.А. Яковлев // Научное издание. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – 352 с.

ZONING OF THE KURSK REGION PEDUNCULATE OAK UNDER THE TERMS OF THE GROWTH OF OAK USING GIS ANALYSIS TECHNIQUES.

Sidorenkov V.M., Head of the Department of Forestry and forest tending FBU VNIILM, PhD. agricultural Science; **Lyamtsev N.I.**, Head of Department of Forest Protection FBU VNIILM, PhD. biol. Science; **Matafonov E.P.**, CEO SIC MEAs, cand. geol.-miner. Science; **Sidorenkova E.M.**, researcher FBU VNIILM

lesvn@yandex.ru

FBU VNIILM, 141202, Moscow region., Pushkin str. The institute, 15

In arid zones where the Kurskaya region belongs efficiency of regeneration and oak wood production operations greatly depends on a combination of natural factors that specify forest growing condition potential. Due to poor information on terrain, landscape structure, hydrology, soil fertility it is difficult to identify growing conditions in a certain area. Mistakes may result in sufficient losses in oak wood productivity and in some cases (during droughts) with deep ground water level in their degradation. Application of updated GIS analysis approaches with zoning of the studied area by the above factors enables integrated assessment of forest growing condition capacity. This paper addresses these issues with application of GIS analysis approaches and sample plot data determines impacts of soil fertility, ground water level, loxcal terrain on oak wood growth. Research findings result in the Kurskaya region zoning by common oak wood growing conditions. During the studies attempted on the basis of modern technologies using GIS to implement zoning limiting factors of growth of English oak. In the developed model zoning change was not considered forest resources for a long time, the origin of the oak, the oscillation of the water level in the main hydrological features, the level of water aeration (surface water, the first aquifer). Analysis of these factors would allow the correct zoning for growing conditions and to determine the appropriate options as reforestation, as well as for the implementation of future forest management activities to the extent that compliance with the conditions of growth with environmental requirements oak. The results obtained from prior work are different in that they allow to carry out territorial zoning Kursk region in terms of growth of English oak. This is researches are the basis for further field studies of English oak trees, their condition and resistance to adverse factors.

Key words: oak, growing conditions, the stability of forest ecosystems.

References

1. Bugaev V.A., Musievskiy A.L., Esipov N.V. *Dolgovechnost' i ustoychivost' dubrav Shilova lesa* [Durability and stability of oak forest Shilov. Problems of degradation of forests and modern system of forest management in them. Materials of the scientific-practical seminar 28-30 March 2007]. Problemy degradatsii dubrav i sovremennye sistemy vedeniya lesnogo khozyaystva v nikh / Materialy nauchno-praktich. seminar 28-30 marta 2007. Voronezh: Voronezh Academy of forestry engineering, 2007. pp 50-52.
2. En'kova E.I. *Tellermanovskiy les i ego vosstanovlenie* [Tellermanovskii forest and its restoration]. Voronezh: Publishing house of Voronezh University, 1976. 216 p.
3. Erusalimskiy V.I. *Lesovodstvenno-ekologicheskie osnovy vyrashchivaniya nasazhdeniy duba chereschatogo v zasushlivoy stepi* [Lesovodstvennye-ecological bases of growing plantations of English oak in arid steppes. Dissertation of doctor of agricultural Sciences]. Moscow, 1992. 45 p.
4. Erusalimskiy V.I. *Lesorazvedenie v stepi* [Afforestation in the desert] Moscow, VNIILM (all-Russian research Institute of forestry mechanization), 2004.
5. Zolotuhin A.I., Shapovalova A.A., Ovcharenko A.A. *Antropogennaya dinamika struktury i bioraznoobraziya poymennykh dubrav Srednego Prikhoper'ya* [Anthropogenic dynamics of structure and biodiversity floodplain oak forests in the Middle of the Khopyor region]. Balashov, Nikolaev, 2010. 164 p.
6. Kabanova R.V. *Rel'ef. Priroda Kurskoy oblasti i ee okhrana* [The relief. The nature of the Kursk region and its protection]. Voronezh: Central Chernozem publishing house, 1985 v. 1. pp. 30-42.
7. Kalinichenko N.P. *Dubravyye Rossii* [The Oaks Of Russia]. Moscow, VNIIClesresurs (Research and information centre for forest resources), 2000. 536 p.
8. Popa Ju.N. *Antropogennaya transformatsiya lesnykh biogeotsenozov Kodr Moldavii* [Anthropogenic transformation of forest biogeocenoses of the Codri Moldova, the dissertation of the candidate of biological Sciences]. Institut lesa i drevesiny SO AN SSSR [Institute of forest and wood of the Siberian branch of the USSR Academy of Sciences]. Krasnoyarsk, 1981. 25 p.
9. Prisyazhnyuk A.S. *Dinamika balansa vlagi v zone aeratsii i ee vliyanie na sostoyanie lesov* [Dynamics of moisture balance in the aeration zone and its impact on the state of forests]. Problemy usykhaniya dubrav v Moldavii [The problem of drying of oak forests in Moldova] Kishinev. Shtiinca, 1980. pp. 40-50.
10. Smol'yaninov V.M. *Opyt rayonirovaniya po usloviyam iskusstvennogo vospolneniya podzemnykh vod za schet ostatochnogo stoka (na primere Tsentral'no-Chernozemnykh oblastey)* [Experience zoning according to conditions of artificial replenishment of groundwater due to residual flow (on the example of Central-Chernozem regions)]. Geologiya i razvedka [Geology and exploration]. 1972. № 2. pp. 17-22.
11. Smol'yaninov V.M. *Podzemnyye vody Tsentral'no-Chernozemnogo regiona: usloviya ikh formirovaniya, ispol'zovanie* [Underground water of the Central black earth region: conditions of their formation, usage]. Voronezh, Publishing house of Voronezh state agricultural University, 2003. 250 p.
12. Smol'yaninov V.M., Shmykov V.I., Shmykov V.I. *Basseynovyy podkhod pri izuchenii ekologicheskogo sostoyaniya vodnykh resursov Tsentral'no-Chernozemnogo regiona* [The basin approach in the study of the ecological state of water resources of the Central-Chernozem region]. Tr. mezhdunar. nauch. konf. «Vysokie tekhnologii v ekologii» [Proceedings of international scientific conference «High technologies in ecology»]. Voronezh, 1998. pp. 34-39.
13. Spiridonov A.I. *Osnovnye cherty rel'efa Chernozemnogo centra* [The main features of relief Chernozem center. Questions of geography]. Voprosy geografii. Moscow, Geografgiz, 1953. V. 32. pp. 134-156.
14. Stoyko S.M. *Dubovyye lesa Karpatskoy gornoy sistemy* [Oak forests of the Carpathian mountain system. Dissertation of doctor of Biol. Sciences]. Kiev, 1969. 56 p.
15. Turchin T.Ya. *Estestvennyye stepnye dubravyye Donskogo basseyna i ikh vosstanovlenie* [Natural steppe oak forests of the don basin and their recovery]. Moscow, VNIILM (all-Russian research Institute of forestry mechanization). 2004, 312 p.
16. Turchin T.Ya. *Otsenka i prognoz uspekhov poroslevogo vozobnovleniya duba v poymennykh lesakh Dona* [Assessment and prediction of the success of regrowth in floodplain oak forests of the Don]. Lesnoy zhurnal [Forestry magazine], 1994, № 2, 32 p.
17. Yakovlev A.C. *Biologicheskie i tekhnologicheskie osnovy iskusstvennogo vosstanovleniya nasazhdeniy duba v Srednem Povolzh'e* [Biological and technological foundations of artificial restoration of stands of oak in the Middle Volga region. Dissertation of doctor of agricultural Sciences]. L., Forest technical Academy, 1990. 40 p.
18. Yakovlev A.C., Yakovlev H.A. *Dubravyye Srednego Povolzh'ya* [Oak Forests Of The Middle Volga Region]. Scientific publication. Joshkar-Ola. Mari state technical University, 1999. 352 p.

ДЕНДРОХРОНОЛОГИЯ В СУДЕБНОЙ ЭКСПЕРТИЗЕ: ОГРАНИЧЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

С.М. СИНЬКЕВИЧ, доц., Институт леса Карельского НЦ РАН, канд. с.-х. наук,

sergei.sinkevich@krc.karelia.ru

Институт леса Карельского научного центра РАН (ИЛ КарНЦ РАН)
Пушкинская 11, 185910 г. Петрозаводск, Республика Карелия,

Сложившаяся в лесном секторе экономики сложная ситуация и затянувшееся реформирование лесной отрасли создают в последние годы условия для роста количества лесонарушений, выяснение обстоятельств которых занимает значительную часть рабочего времени следственных органов. Возможность существования значительных различий в росте деревьев в прошлом при сходстве динамики прироста в последние десятилетия накладывает существенные ограничения на достоверность выводов в тех случаях, когда на экспертизу представляются пиломатериалы, изготовленные из незаконно срубленных деревьев. Сезонность роста деревьев естественным образом значительно ограничивает разрешающую способность оценки времени событий, вычеркивая период покоя, хотя такие обстоятельства, как смоловыделение, которое зависит от температуры в момент рубки или изменение окраски, заселение насекомыми, развитие грибов, а также некоторые другие внешние факторы, позволяют делать важные уточнения. В статье рассматриваются трудности, с которыми сталкиваются следственные органы при выяснении обстоятельств незаконных рубок. Сформулированы возможные ограничения и перспективы использования методов дендрохронологии в ходе судебных экспертиз. Предложены варианты, позволяющие решать задачи повышения эффективности экспертиз и результативности борьбы с незаконными рубками. В перспективе для повышения эффективности экспертизы в расследовании лесонарушений насуточно необходимы пространственная и породная детализация региональных дендрохронологических шкал и их регулярная актуализация. Другим направлением должно быть обучение персонала следственных органов и обеспечение их методическими пособиями и необходимым инструментарием. Бесспорно, актуальными являются предварительные консультации следственных органов с экспертом-дендрохронологом, которые позволяют сгладить эффект значительной части перечисленных выше ограничений. Однако на ближайшую перспективу наилучшим вариантом с точки зрения результативности работы является выезд на место эксперта, обладающего комплексом лесоводственных знаний, поскольку формализованное описание с необходимой полнотой всего перечня возможных и необходимых действий на сегодняшний день представляется малоперспективным.

Ключевые слова: дендрохронология, незаконные рубки, судебные экспертизы.

Сложившаяся в лесном секторе экономики сложная ситуация и затянувшееся реформирование лесной отрасли создают в последние годы условия для роста количества лесонарушений [1,2], выяснение обстоятельств которых занимает значительную часть рабочего времени следственных органов.

Встречающееся при этом разнообразие условий, объектов и ситуаций, как правило, представляет затруднения в процессе расследования и делает все более востребованной необходимость применения специальных познаний в области целого комплекса наук [3,4], непосредственно связанных с лесоводством, которые, согласно принятой классификации, относятся к ботанической экспертизе [1]. В первом приближении среди них можно выделить три области знаний – о естественных природных особенностях роста деревьев (ботаника, физиология, почвоведение), об экзогенных повреждениях природного характера (энтомология, пирология, микология) и об антропогенных воздействиях (лесоводство, гидролесомелиорация, дорожное строительство).

Фактически сложившаяся практика, используемые техники и понятийный аппарат

подразумевают проведение комплексной [3,10] дендрохронологической экспертизы, направленной в большинстве случаев на выяснение обстоятельств места и времени происшедших событий. Попутно в той или иной форме может возникать вопрос о личности подозреваемого.

Факторы места и времени в ходе экспертизы могут быть оценены с различной точностью, зависящей как от условий, в которых произошло расследуемое событие, так и от сил и средств, направляемых на расследование. Основную сложность в решении вопросов идентификации представляет разнообразие связанных между собой условий произрастания деревьев и климатических колебаний [5], которое одновременно может являться ключевым фактором в поиске ответов на поставленные вопросы [6,7]. При этом простое разделение мест произрастания по их плодородию оказывается недостаточным, поскольку существенно различающиеся по условиям произрастания местообитания могут давать сходный интегральный лесорастительный эффект за время жизни дерева, а результаты детального исследования динамики прироста будут резко различаться.

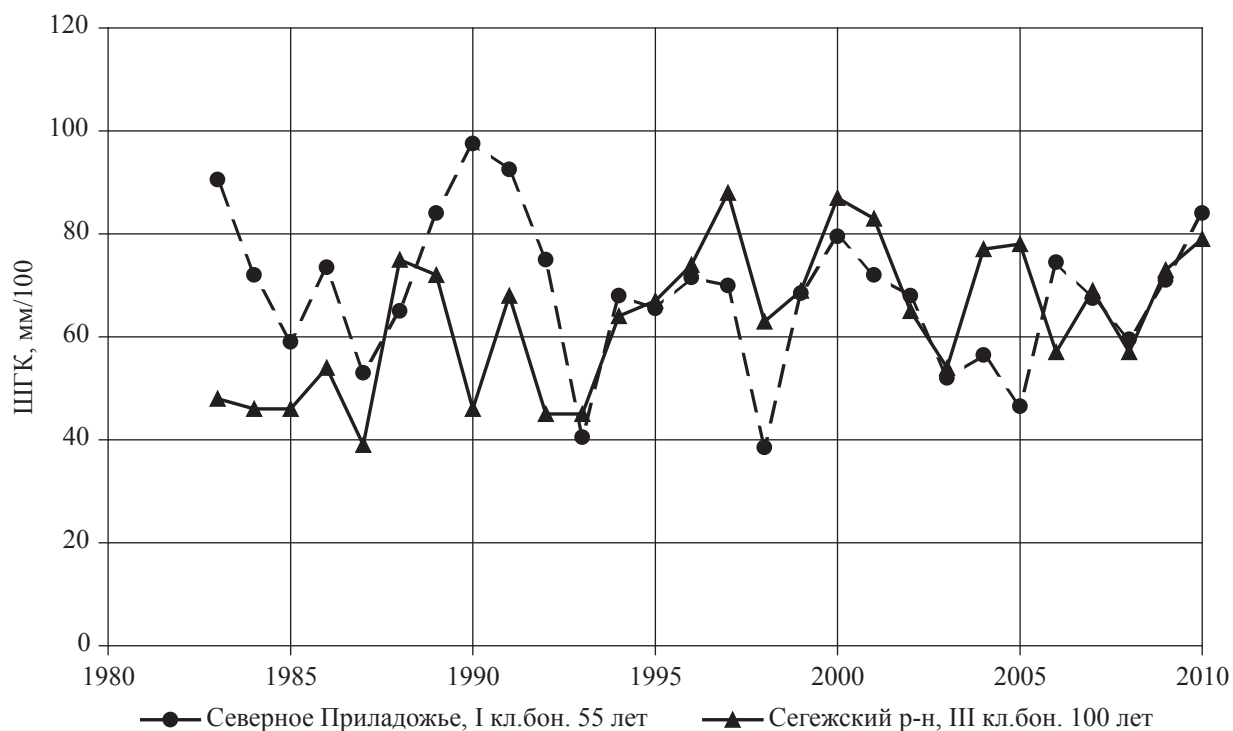


Рис. 1. Динамика радиального прироста в древостоях сосны разного возраста и бонитета, произрастающих в среднетаежной и северотаежной подзонах Карелии

Fig. 1. Dynamics of radial growth in pine stands of different age and site quality, growing in the middle- and north Karelia subzones

Следует также с большой осторожностью относиться к непосредственному сравнению данных о ширине годичных колец (ШГК), которые могут оказываться весьма схожими в древостоях разного возраста, находящихся в абсолютно различных условиях произрастания и лесорастительных зонах (рис. 1)

При мелкоконтурности условий произрастания, характерной для водно-ледниковых ландшафтов разной степени заболоченности, привязка древесины неизвестного происхождения к конкретному месту, как правило, возможна только в случаях экзогенных воздействий на биогеоценоз, выявление которых является предметом отдельного исследования, требующего, с одной стороны, специальных познаний, а с другой – однозначных, желательных документальных, подтверждений.

Пространственное разрешение методики [8,11] оказывается существенно разным в зависимости от информированности эксперта о предполагаемом районе событий, организации действий, подлежащих расследованию, количества и качества представленного на экспертизу материала.

Существенную роль играют сведения, содержащиеся в постановлении следователя. Как правило, среди них отсутствует лесотаксационная информация, характеризующая место происхождения. В то же время, фотографии, сделанные во время изъятия образцов, могут находиться в противоречии с материалами таксации. Аналогично, доводимые до эксперта свидетельские показания могут не соответствовать результатам дендрохронологического исследования, что усложняет поиск ответов на поставленные следствием вопросы и требует принимать во внимание все потенциально доступные для оценки факторы. Одним из них является история формирования насаждения, в которой можно выделить периоды угнетения, позволяющие достоверно отличать древесину, заготовленную на разных участках (рис. 2).

Возможность существования значительных различий в росте деревьев в прошлом при сходстве динамики прироста в последние десятилетия накладывает существенные ограничения на достоверность выводов в тех случаях, когда на экспертизу представляются пиломатериалы, изготовленные из незаконно

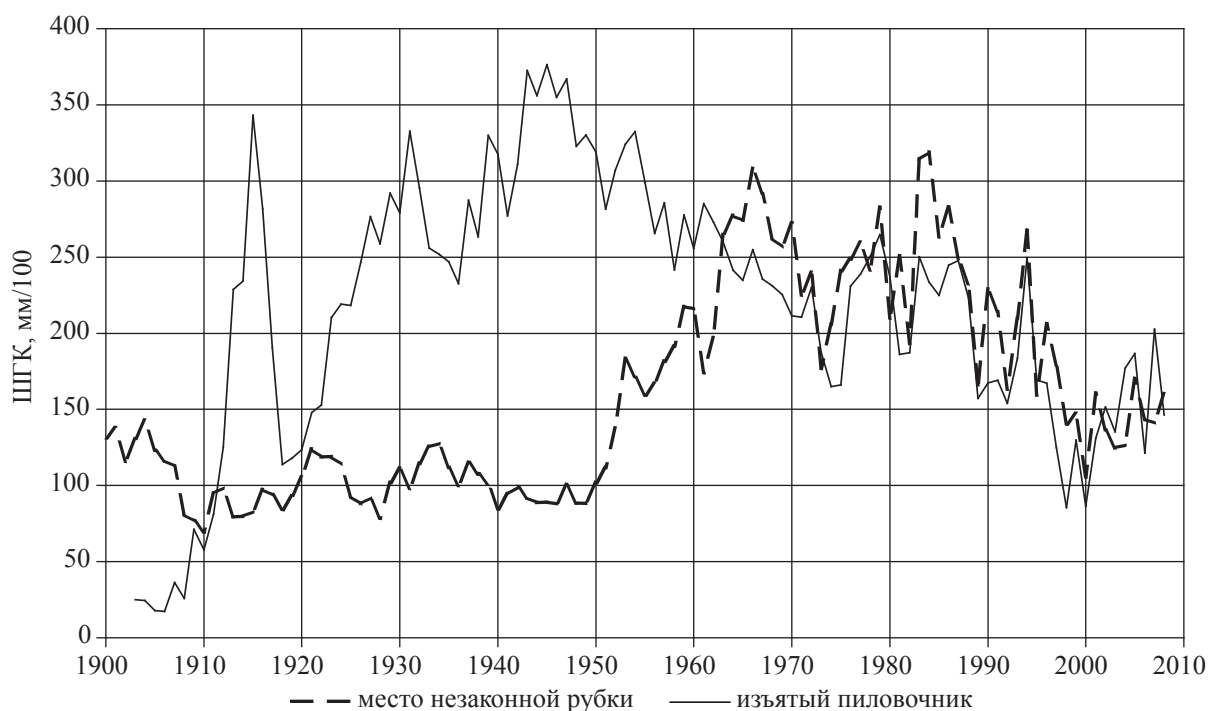


Рис. 2. Сходство динамики прироста последних десятилетий и различия в ее истории
Fig. 2. The similarity of the dynamics of growth in recent decades, and the differences in its history

срубленных деревьев [1,6]. Как правило, это оказываются периферийные части ствола с ограниченным количеством годовых колец, редко охватывающем период более трех десятков лет, в связи с чем выходом из положения может являться выстраивание совмещенного ряда из нескольких образцов.

Сезонность роста деревьев естественным образом значительно ограничивает разрешающую способность оценки времени событий, вычеркивая период покоя, хотя такие обстоятельства, как смолывыделение, которое зависит от температуры в момент рубки или изменение окраски, заселение насекомыми, развитие грибов, а также некоторые другие внешние факторы, позволяют делать важные уточнения.

Особенно информативными могут оказаться результаты исследования повреждений, наносимых насекомыми, знание биологии которых в совокупности с данными о погодной динамике становятся зачастую поводом для радикального изменения представлений о времени события.

Экспертиза лесонарушений в насаждениях сложного породного состава [3] требует понимания того факта, что разные древесные породы могут неодинаково реагировать на по-

годные условия одного года (рис. 3). В этих случаях датировка событий, особенно происшедших на одной территории в разное время, может быть затруднена; то же относится и к определению происхождения лесоматериалов. В отсутствие детальных дендрохронологических шкал [8] решать эту задачу удастся только за счет увеличения количества отбираемых образцов соответственно числу пород на лесосеке.

В случае необходимости временной привязки в рамках вегетационного периода возможно исследование микроструктуры годовых слоев, для которого нужна совершенно иная техника отбора образцов, требующая отдельных навыков и значительного увеличения объема работы. Тем не менее, информация о количестве рядов трахеид в годовом слое и доле поздней древесины может дать основания для существенного уточнения сроков расследуемых событий (таблица), когда исходный материал и данные о макроструктуре разнородны.

Существенными факторами, как правило, осложняющими организацию работы, являются транспортная доступность места происшествия, квалификация персонала, осуществляющего его осмотр и изъятие образцов, а также необходимость соблюдения

Оценка срока рубки по микроструктуре последнего годичного слоя
Estimation of the cutting on the microstructure of the last of the annual ring

Параметры сосновых спилов	Группы образцов, образцы													
	Стволы сосны (возраст 160лет)								Пни 165лет			Пни 220лет		
	с1	с2	с3	с4	с5	с6	с7	среднее	пс1	пс3	среднее	пс2	пс4	среднее
Возраст, лет	163	165	153	167	161	155	165	161	167	162	164	223	220	221
Диаметр, см	26	24	23	23	23	20	25	23	24	31	27	30	35	32
Ширина слоя, мм	0,32	1,00	0,13	0,70	0,30	0,90	0,12	0,49	1,38	1,85	1,61	0,30	0,50	0,40
Всего рядов трахеид, шт.	26	26	16	17	14	26	11	19	33	39	36	14	16	15
В т.ч. поздних, шт.	11	12	8	6	6	13	4	8	13	16	14	7	7	7
доля поздних, %	41	46	47	33	39	49	36	42	42	40	41	50	45	47

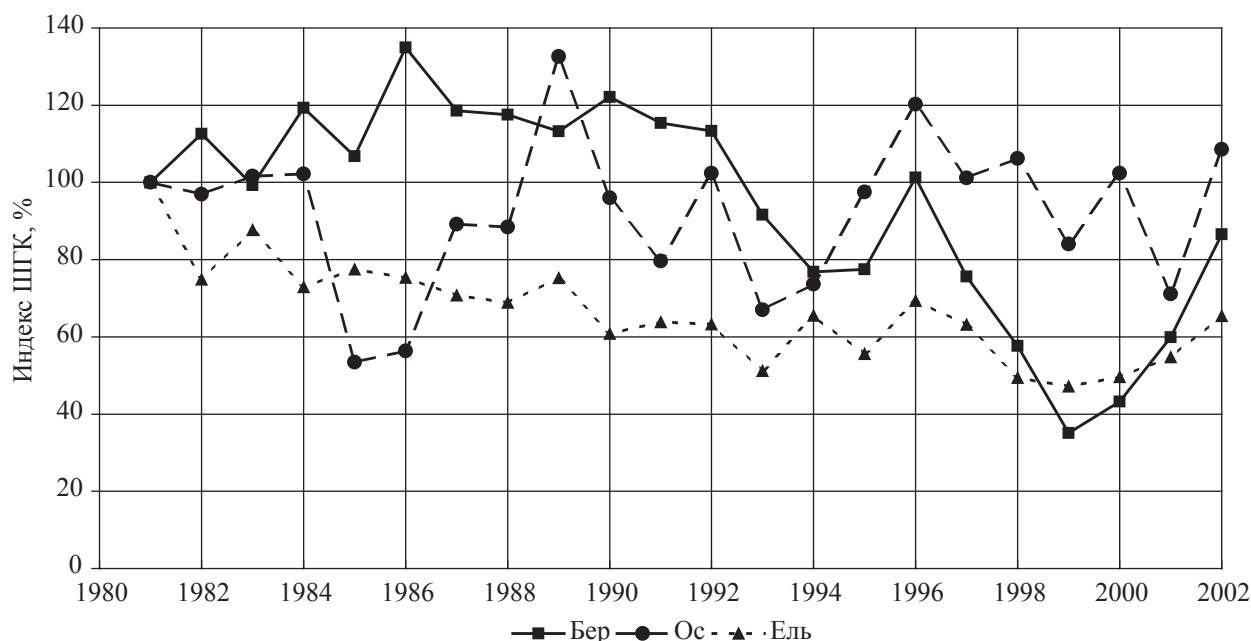


Рис. 3. Различия в реакции древесных пород в одном выделе на климатические изменения
 Fig. 3. Differences in response of trees in one stand out on climate change

процессуальных норм [4, 9]. Совокупность этих условий зачастую значительно ограничивает возможности эксперта в принятии однозначных решений.

Как правило, затрудняют последующее проведение экспертизы транспортировка и хранение изъятых образцов, существенное изменение их первоначального внешнего вида, фрагментация и недостаточное количество. Особенно распространенной причиной является развитие плесневых грибов, в результате которого утрачиваются вторичные признаки, важные для датировки событий, но не имеющие прямого отношения к дендрохронологии в чистом виде.

В последние годы в практике расследования лесонарушений становится распростра-

ненной еще одна ситуация, зачастую требующая применения дендрохронологического метода – при оценке лесопользования дистанционными методами необходимо разделять вопросы соблюдения отведенных в натуре границ и точности их отражения в картографических материалах. Неспособность разрешающей способности современных данных дистанционного зондирования с масштабом применяемых в практике картографических материалов зачастую порождает противоречия, разрешить которые удастся только дендрохронологической датировкой отметок на граничных деревьях, наносимых при отводе делянок.

В перспективе для повышения эффективности экспертизы в расследовании лесонарушений насущно необходимы про-

странственная [5,8] и породная детализация региональных дендрохронологических шкал и их регулярная актуализация. Другим направлением должно быть обучение персонала следственных органов и обеспечение их методическими пособиями и необходимым инструментарием. Бесспорно, актуальными являются предварительные консультации следственных органов с экспертом-дендрохронологом, которые позволяют сгладить эффект значительной части перечисленных ограничений. Однако в ближайшей перспективе наилучшим вариантом с точки зрения результативности работы является выезд на место эксперта, обладающего комплексом лесоводственных знаний, поскольку формализованное описание с необходимой полнотой всего перечня возможных и необходимых действий на сегодняшний день представляется малоперспективным.

Библиографический список

1. Жаворонков, Ю.М. Назначение судебных экспертиз при раскрытии и расследовании преступлений, связанных с незаконными рубками леса: методические рекомендации / Ю.М. Жаворонков. – Вологда: Экспертно-криминалистический центр, 2011. – 90 с.
2. Птичников, А.В. Системы отслеживания происхождения древесины в России: аналитический отчет / А.В. Птичников, А.К. Курицын; – М.: WWF России, 2011. – 116 с.
3. Дендрохронологическая информация в лесоводственных исследованиях / Александрова М.С. [и др.] – М.: МГУЛ, 2007. – 137 с.
4. Федеральный закон от 31 мая 2001 г. N 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации» // «Российская газета» № 2718 5 июня 2001 г.
5. Синькевич, С.М. Природная пространственно-временная изменчивость прироста сосновых древостоев Карелии / С.М. Синькевич // Проблемы антропогенной трансформации лесных биогеоценозов Карелии. Карельский научный центр РАН, под ред. В.И. Крутова, С.М. Синькевича, Н.Г. Федорца. – Петрозаводск, 1996. – С. 23–40
6. Розанов, М.И. Дендрохронологические методы экспертизы древесины. // Экспертная техника. Вып.34. – М.: ВНИИСЭ, 1971 – С. 45–65
7. Воронин, В.И. Практика применения дендрохронологической экспертизы в ходе следственных мероприятий / В.И. Воронин, М.М. Наурызбаев, В.А. Осолков // Эксперт-криминалист. – 2009. – № 3. – С. 9–12
8. Методы дендрохронологии. Ч. I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации / Шиятов С.Г. [и др.] – Красноярск, 2000. – 80 с.
9. Уголовно-процессуальный кодекс Российской Федерации: [Федеральный закон : принят Гос. Думой 22.11.2001 : по состоянию на 20.06.2011]. – Новосибирск, 2011. – 223 с.
10. Schweingruber, F.H. Jahrringe und Umwelt. Dendroökologie / F.H. Schweingruber; – Birmensdorf, 1993. – 474 p.
11. Sinkevich, S.M. Short- and long-term natural trends of Scots Pine (*Pinus silvestris*, L.) radial growth in north- and mid-taiga forests in Karelia / S.M. Sinkevich, M. Lindholm // Growth trends in European forests; studies from 12 countries. – Berlin: Springer-Verlag, 1996. – pp. 29-40

DENDROCHRONOLOGY IN FORENSIC EXAMINATION: RESTRICTIONS AND PROSPECTS

Sinkevich S.M., Cand. (PhD) of Agriculture (Forestry), Assistant Professor, Forest Research Institute of Karelian Research Center of Russian Academy of Science

sergei.sinkevich@krc.karelia.ru

Forest Research Institute of Karelian Research Center of Russian Academy of Science,
11 Pushkinskaya St., 185910 Petrozavodsk, Karelia, Russia

Complex situation in the forest sector of the economy and drawn-out reforming in the forest sector create conditions for the growth of violation of forest law in recent years, clarification of the circumstances of which occupies a significant part of the investigative authorities working hours. Possibility of existence of significant differences in trees growth in the past with the similarity of the growth dynamics in recent decades imposes meaningful constraints on the conclusions reliability in those cases when the sawn wood products made from illegally felled trees shall be provided for examination. Seasonality of tree growth in a natural way significantly limits the resolution possibility of time and events evaluation, erasing the rest period, although such circumstances as gum exudation which depends on the temperature in the period of felling or color change, colonization by insects, fungi development as well as some other external factors allow to make important clarifications. The article describes the difficulties the investigating authorities face while investigating illegal felling. Possible restrictions and prospects for dendrochronological methods usage during forensic examinations are defined. Variants, allowing to solve problems of improvement of the examinations effectiveness and effectiveness of illegal logging prevention were suggested. In prospect improvement of the examination efficiency in the investigation of forest law destruction violation spatial and species detailization of regional dendrochronological scales and their regular updating are essentially necessary. The other direction should be the training of investigative bodies and ensure their manuals and the necessary tools. Undoubtedly preliminary consultations of the investigating authorities with expert dendrochronologist which allow to smooth out the effect of a significant part of the restrictions

mentioned above, are currently important. However, for the short-term the best variant in regard to the work effectiveness is on-site visit of the expert field trip, possessing complex of silvicultural knowledge, as formalized description with the necessary of completeness of the list of possible and necessary actions seems to be of little promise for the moment.

Key words: dendrochronology, illegal felling, forensic examination.

References

1. Zhavoronkov Yu.M. *Naznachenie sudebnykh ekspertiz pri raskrytii i rassledovanii prestupleniy, svyazannykh s nezakonnymi rubkami lesa: metodicheskie rekomendatsii* [Purpose of judicial examinations at disclosure and investigation of the crimes connected with illegal cuttings: methodical recommendations] Vologda, 2011. 90 p.
2. Ptichnikov A.V. Kuritsyn A.K. *Sistemy otslezhivaniya proiskhozhdeniya drevesiny v Rossii: analiticheskiy otchet* [Systems of tracking of wood origin in Russia: analytical report] WWF-Russia. Moscow, 2011. 116 p.
3. *Dendrokronologicheskaya informatsiya v lesovodstvennykh issledovaniyakh* [Dendrochronological information in the forestry researches] Aleksandrova M.S. et al. Moscow: MGUL Publ., 2007. 137 p.
4. *Federal'nyy zakon ot 31 maya 2001 g. N 73-FZ «O gosudarstvennoy sudebno-ekspertnoy deyatel'-nosti v Rossiyskoy Federatsii»* [Russian federal law «About the state judicial – expert activity in the Russian Federation»] [Russian newspaper] 05.06.2001 no.2718.
5. Sin'kevich S.M. *Prirodnaya prostranstvenno-vremennaya izmenchivost' prirosta osnovnykh dre-vostoev Karelii* [Natural spatial-temporary variability of pine stands growth in Karelia], *Problemy antropogennoy transformatsii lesnykh biogeotsenozov Karelii* [Problems of anthropogenous transformation of forest biogeocenoses of Karelia]. Karelian Research Centre of RAS Publ. [ed.: Krutov V.I., Sin'kevich S.M., Fedorets N.G.] Petrozavodsk, 1996. p. 23-40
6. Rozanov M.I. *Dendrokronologicheskie metody ekspertizy drevesiny* [Dendrochronological methods of wood examination], *Ekspertnaya tekhnika* [Examination equipment] v.34. Moscow. 1971 p. 45-65
7. Voronin V.I. Naurzbaev M.M. Oskolkov V.A. *Praktika primeneniya dendrokronologicheskoy ekspertizy v khode sledstvennykh meropriyatii* [Practice of application of dendrochronological examination during investigative actions], *Ekspert-kriminalist* [Forensic expert] 2009 no.3 p.9-12
8. *Metody dendrokronologii. Ch.I. Osnovy dendrokronologii. Sbor i poluchenie drevesno-kol'tsevoy informatsii* [Dendrochronology methods. Chapt.I. Ground of Dendrochronology. Collecting and obtaining tree-ring information] Shiyatov S.G. et al. Krasnoyarsk, 2000. 80 p.
9. *Ugolovno-protsessual'nyy kodeks Rossiyskoy Federatsii*: [federal'nyy zakon: prinyat Gos. Dumoy 22.11.2001: po sostoyaniyu na 20.06.2011] [Code of criminal procedure of the Russian Federation as of 20.06.2011] Novosibirsk. 2011. 223 p.
10. Schweingruber F.H. *Jahrringe und Umwelt. Denrozkologie*. Birmensdorf, 1993. 474 s.
11. Sinkevich S.M. Lindholm M. Short- and long-term natural trends of Scots Pine (*Pinus silvestris*, L.) radial growth in north- and mid-taiga forests in Karelia. Growth trends in European forests; studies from 12 countries. Berlin: Springer-Verlag. 1996. p.29-40

ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕНДРАРИЯ В г. ПУШКИНЕ (САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

Г.А. ФИРСОВ, *ст. научн. сотрудник Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН,*
канд. биол. наук,

Н.В. ТЕРЕХИНА, *доц. кафедры биогеографии и охраны природы Института науки о Земле*
Санкт-Петербургского государственного университета, канд. геогр. наук

gennady_firsov@mail.ru, natalia_terekhin@mail.ru

ФГБУН Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 197376, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 2
ФГБОУ ВПО Санкт-Петербургский государственный университет, Россия, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб. д.7-9.

В дендрарии Центра комплексного благоустройства в г. Пушкине, по состоянию на осень 70,9712 унции., выявлено 187 видов и форм древесных растений 69 родов 32 семейств. 14 видов входят в Красную книгу Российской Федерации. Дендрарий имеет историческое значение, является не только центром разнообразия растений, но и может служить плантацией для размножения местного семенного и вегетативного материала; перспективен для научной, производственной и просветительской деятельности. Имеются резервы по расширению видового состава и по внедрению успешно адаптировавшихся экзотов в урбанифитоценозы Санкт-Петербурга.

Ключевые слова: дендрарий, интродукция древесных растений, озеленение.

Для реализации идей по изучению богатства культурных растений России в октябре 1894 г. при Ученом комитете Министерства земледелия и государственных имуществ Российской Империи было учреждено Бюро по прикладной ботанике [1]. В 1917 г. оно было преобразовано в Отдел прикладной ботаники и селекции Сельскохозяйственного

ученого комитета. После смерти Р.Э. Регеля в 1920 г. временно исполняющим обязанности на должность заведующего отделом был избран помощник заведующего Н.И. Вавилов. Окончательно в Петроград из Саратова он переехал в марте 1921 г. Возможности для улучшения исследований и для широкой постановки опытных работ Николай Ивано-

вич нашел в Царском Селе (г. Пушкин) на бывшей селекционной станции Альтгаузена. «Вместе с хлопотами по устройству сотрудников в Петрограде в новых помещениях и организационными работами по устройству экспериментальной станции в Царском Селе Н.И. Вавилов готовится к первой заграничной поездке в качестве заведующего Отдела прикладной ботаники и селекции» (Лоскутов, 2009). После образования в 1922 г. Советского Союза перед отделом были поставлены задачи всесоюзного масштаба, и поэтому в 1924 г. на его базе был создан Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур. Институт был утвержден по постановлению Совета Народных Комиссаров СССР 5 августа 1924 г. как первое звено Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук имени Ленина, а 16 июня 1925 г. утверждено Положение об институте. Первое расширенное заседание состоялось в Москве, в Кремле, 20 июля 1925 г. На нем с докладом об очередных задачах сельскохозяйственного растениеводства выступил директор института проф. Н.И. Вавилов [2].

В том же 1925 г. была опубликована важная статья Е.А. Данилова и В.М. Борткевича «К истории акклиматизации и натурализации древесных пород в России» [3]. Авторы, представители Всесоюзного института прикладной ботаники и новых культур, объяснили, как они понимают акклиматизацию и натурализацию, составили предварительный список из 47 дендрологических и ботанических садов в пределах европейской части СССР. Авторы полагали, что только организующий центр сможет углубить и расширить научную и прикладную части вопросов интродукции древесных растений. И в качестве такого центра предлагался Всесоюзный институт прикладной ботаники и новых культур. В программу его деятельности предполагалось включить получение благонадежного первичного материала с мест естественного произрастания и точное выявление условий местопроизрастания; выбор места культуры, отвечающего условиям прежнего отечества новых растений; изучение биологии; установление методов выведения устойчивых рас

и скрещивание с туземными породами; обследование и изучение интродуцированных растений.

В 1924–1926 гг. Н.И. Вавиловым была развернута сеть государственного сортоиспытания и в широком масштабе проводились географические опыты с различными культурами, был создан отдел сортоиспытания [1]. На таком фоне, для выполнения таких работ и таких больших задач сотрудниками отдела натурализации растений института в г. Пушкине была заложена станция интродукции древесных растений. Она также была создана в 1926 г. по инициативе и при личном участии академика Н.И. Вавилова. Задачей станции стал отбор наиболее перспективных видов и форм древесных растений, устойчивых и пригодных для озеленения северо-западного региона. Был заложен дендрарий, спланированный в ландшафтном стиле. И тогда же был организован питомник для размножения этих растений. Вероятно, в планах Николая Ивановича станции была отведена своя роль. Е.А. Данилов и В.М. Борткевич отметили в конце статьи, что «наука акклиматизации нуждалась и нуждается, быть может, в признании и подведении под нее каких-то основ. Когда эти основы будут разработаны, то и дело практического достижения пойдет лучше и может быть по иным путям, более широким». Для разработки таких основ и нужна сеть научно-опытных станций. В более поздние годы теоретические основы интродукции и акклиматизации растений стали разрабатываться под эгидой Совета ботанических садов СССР.

В 1931 г. в Ленинграде организуется Трест зеленых насаждений Ленсовета, переименованный в 1933 г. в Трест зеленого строительства. Тогда же Всесоюзный институт растениеводства (ВИР, как стал называться с 1930 г. бывший Институт прикладной ботаники и новых культур) передал дендрарий тресту. Чуть позже на его базе была организована Контрольно-семенная опытная станция (КСОС). Задачи станции были обширными: развитие декоративного садоводства северо-запада, включая сортоиспытания, семеноводство, содержание маточников, при-

влечение нового посадочного материала, его испытание и внедрение в производство и озеленение [4–6].

Во время Великой Отечественной войны зеленым насаждениям блокированного Ленинграда и пригородов, занятых фашистскими войсками, был нанесен огромный урон. К 1944 г. не было ни одного сквера, сада, парка или бульвара, который не нужно было бы восстанавливать или ремонтировать [7]. Из машинописного отчета бригадира проф. С.Я. Соколова «Зеленое строительство в Ленинграде», по результатам работ бригады горкома ВКП(б) 12–27 августа 1947 г. можно увидеть, что ленинградские сады и парки во время Великой Отечественной войны пострадали на 40 %, пригородные – на 60 %, а нередко на 90 %. Траншеи и блиндажи вредили корневым системам. Сильно вредило нахождение в парках воинских частей. Это привело многие газоны к полной гибели. Езда по паркам губила кустарники и деревья. Огромное число деревьев было изранено осколками, обезглавлено снарядами и вырвано взрывами бомб. У многих деревьев была оборвана или надорвана корневая система под влиянием воздушной волны. В течение четырех лет войны охрана в садах и парках отсутствовала. Большинство их оказались разгороженными, в них велось огородное хозяйство. Частично городские парки повреждались пасущимся скотом.

В восстановлении сильно пострадавшего зеленого фонда Ленинграда, в подъеме питомнического хозяйства Контрольно-семенная опытная станция сыграла очень большую роль. Лучшие объекты озеленения Ленинграда получали посадочный материал из КСОС. Сады, скверы и парки Пушкина и Павловска пополнили растения, выращенные сотрудниками станции. Сортовые сирени украсили Марсово поле и сквер у Исаакиевского собора.

В течение многих послевоенных лет осуществлялось тесное сотрудничество между КСОС и Ботаническим садом БИН РАН. Оттуда в КСОС поступали новые и перспективные виды и формы декоративных кустарников и деревьев-интродуцентов из многих

стран умеренных широт земного шара. Здесь их испытывали, размножали, и самые перспективные потом поступали в Пулковский и другие питомники для более массового размножения и пополнения ассортимента зеленых насаждений Санкт-Петербурга.

Трудные времена для станции наступили в 1990-х гг., с падением «железного занавеса» и открытием границ, когда в Россию и, в частности, в Санкт-Петербург хлынул поток растений из западноевропейских питомников. При этом зачастую учитывалась лишь возможность приобрести растения по низкой цене и получить быструю прибыль. И не принималось во внимание районирование и адаптированность растений к местному климату. Многие из таких южных культиваров были созданы в Западной Европе, в наших условиях никогда не испытывались и совсем не приспособлены к климатическим условиям северо-запада России. Сейчас дендрарий находится в структуре Санкт-Петербургского государственного казенного учреждения «Центр комплексного благоустройства» (ЦКБ) Комитета по благоустройству Правительства Санкт-Петербурга. Научно-производственные работы здесь не ведутся.

Собственно дендрарий занимает площадь 2,2 га из общей территории в 7 га. По состоянию на 2001 г., в нем было отмечено 225 видов и форм древесных растений-интродуцентов из 60 родов и 30 семейств голосеменных и покрытосеменных [4]. Это позволяло считать его четвертой дендроколлекцией Санкт-Петербурга после трех известных ботанических садов города – БИН РАН, Лесотехнического университета и Санкт-Петербургского государственного университета.

В 2011 и 2012 гг. авторами статьи проведено поэкземплярное обследование всех древесных растений, произрастающих на территории ЦКБ, с определением их видовой принадлежности, оценкой жизненных форм и состояния, с измерениями размеров наиболее крупных особей. По сравнению с каталогом Н.Е. Булыгина и А.П. Векшина [5] произошло много изменений. Ряд экземпляров были переопределены, многие выпали по разным причинам. Кроме того, в список Н.Е. Булы-

гина и А.П. Векшина были включены только растения-интродуценты, без представителей местной флоры. Для расширения видового состава дендрария по инициативе Г.А. Фирсова в октябре 2011 г. из питомника ботанического сада БИН РАН сюда были переданы и высажены 24 экземпляра 19 видов – все новые для коллекции. В октябре 2012 г. отсюда же поступили новые растения 24 видов (32 экземпляра). Осенью 2012 г. на территории дендрария частной компанией были высажены отдельные кусты новых для коллекции видов *Berberis thunbergii* DC. и *Spiraea japonica* L.f.

В современной коллекции насчитывается 38 видов и форм хвойных, относящихся к 11 родам (*Abies*, *Chamaecyparis*, *Juniperus* и др.) трех семейств (Cupressaceae, Pinaceae, Taxaceae). Лиственные насчитывают 149 таксонов 58 родов 29 семейств. Всего таксонов – 187, родов – 69, семейств – 32. Из хвойных самое большое семейство – Pinaceae: 29 таксонов 6 родов, самый крупный род – *Picea* (9 видов и форм). К сем. Cupressaceae относится 8 таксонов 4 родов. Сем. Taxaceae представлено одним видом – *Taxus baccata*. Из покрытосеменных самым крупным родом является *Acer* (10 видов). Четыре рода (*Lonicera*, *Populus*, *Salix*, *Syringa*) представлены каждый по 7 таксонов. Самое большое семейство среди покрытосеменных – Rosaceae (35 таксонов 14 родов). С другой стороны, такие рода, как *Acanthopanax*, *Carpinus*, *Rhamnus* представлены одним видом.

Насчитывается 14 видов, которые входят в Красную книгу РФ [8] (включая виды из списка Приложения, на которые нужно обратить внимание с точки зрения их охраны): *Abies gracilis* Kom., *Juniperus rigida* Siebold et Zucc., *Microbiota decussata* Kom., *Pinus densiflora* Siebold et Zucc., *Taxus baccata* L., *Aristolochia manshuriensis* Kom., *Cotoneaster lucidus* Schlecht., *Euonymus nanus* Bieb., *Hydrangea paniculata* Siebold et Zucc., *Juglans ailanthifolia* Carr., *Lonicera tolmachevii* Pojark., *Parthenocissus tricuspidata* (Siebold et Zucc.) Planch, *Populus balsamifera* L., *Rhododendron fauriei* Franch. При этом *Aristolochia manshuriensis* и *Euonymus nanus* входят в

Красную книгу Российской Федерации со статусом 1, то есть в природных условиях находятся под угрозой исчезновения. Появились представители мало распространенных в культуре родов и семейств. Это, например, *Akebia quinata* (Houtt.) Desne., представляет жизненную формы лианы и относится к редкому для дендрофлоры северо-запада России сем. Lardizabalaceae, из Восточной Азии. Однако следует иметь в виду, что виды, появившиеся в коллекции в последние годы, очень небольших размеров и возраста и пока что не имеют ландшафтообразующего значения.

Интересные с ботанической точки зрения экземпляры, имеющие научную и историческую ценность, есть среди представителей разных родов и семейств. *Picea meyeri* Rehder et E.H. Wilson отличается характерной хвоей голубоватого оттенка и крупными шишками – очень редкий вид в культуре, родом из Китая. *Tsuga canadensis* (L.) Carrigete – один из самых высоких экземпляров в Санкт-Петербурге, достигает 13,5 м выс. *Acanthopanax sessiliflorus* (Rupr. et Maxim.) Seem. – оригинальное колючее растение из сем. аралиевых, редко встречающееся в культуре. Может использоваться как маточник для разведения из собственных семян. *Betula davurica* Pall. представлена двумя хорошо развитыми экземплярами, обильно плодоносит, отсутствует в озеленении Санкт-Петербурга. *Cotoneaster multiflorus* Bunge var. *calocarpus* Rehd. et Wils. – очень редкий вид в культуре из Западного Китая. *Phellodendron amurense* Rupr. – очень декоративное дерево из сем. рутовых с ароматическими листьями, которые осенью окрашиваются в яркие желтые тона, обильно плодоносит, на северо-западе России в культуре встречается редко. *Tilia x europaea* L. f. *laciniata* (Court.) Ig. Vassil. ценится как одна из наиболее декоративных форм липы. Из новых посадок *Micromeles alnifolia* (Siebold et Zucc.) Koehne представляет собой редкий вид в культуре, перспективен для испытания в качестве плодового и декоративного дерева. *Abelia coreana* Nakai представляет собой новый вид и новый род для дендрофлоры Санкт-Петербурга. Растение привезено участниками российско-шведской дендрологической экспедиции, орга-

низованной Ботаническим садом БИН РАН, Ботаническим садом-институтом ДВО РАН (Владивосток) и Арборетумом Норр (Умео); собрано в горах Сихотэ-Алиня, в ущелье реки Милоградовки (Лазовский район Приморского края) с высоты 650 м над уровнем моря, в сентябре 1997 г.

Форм и разновидностей сравнительно немного – 13, или 7 % от общего числа таксонов (*Betula pendula* Roth f. *tristis* Schneid., *Fraxinus pennsylvanica* Marsh. var. *lanceolata* (Borkh.) Sarg., *Salix alba* L. f. *sericea* Gaud. и др.). Остальное приходится на виды и (реже) межвидовые гибриды. К видам местной флоры относятся 22 вида или 13 % (*Picea abies* (L.) Karst., *Fraxinus excelsior* L., *Padus avium* Mill. и др.). Некоторые из них являются сорными, растут в виде самосева вдоль осушительных канав, у ограды или на пустырях (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn., *Alnus incana* (L.) Moench, *Salix phylicifolia* L. и др.). С другой стороны, *Quercus robur* L. представлен хорошо развитыми деревьями, лучшие из которых достигают 26,5 м выс. и 67 см в диаметре ствола.

В коллекции дендрария ЦКБ в г. Пушкине много ценных, особенно для озеленения Санкт-Петербурга, экзотов разных видов и форм. Ряд из них очень редко встречаются в культуре. Некоторые представлены лучшими экземплярами в городе. Если до недавних пор в коллекции было только два вида Красной книги России [6] – (*Cotoneaster lucidus* и *Taxus baccata*), то теперь, с учетом новых поступлений в 2011 и 2012 гг. из питомника Ботанического сада БИН РАН, число охраняемых видов флоры России здесь значительно возросло. Данная дендрологическая коллекция является не только центром разнообразия древесных растений, но и может служить плантацией для размножения местного посадочного материала. Она имеет перспективы для научной, производственной и просветительской деятельности. Современное состояние дендрария и отдельных деревьев и кустарников оставляет желать лучшего. В нем не проводятся научно-исследовательские и прикладные работы по расширению ассортимента посадочного материала для городских зеленых насажде-

ний. Хочется верить, что новое руководство Центра комплексного благоустройства уделит достаточное внимание такой редкой для Северо-Западного региона России дендрологической коллекции. Пока еще есть возможности сохранить старые и исторические экземпляры деревьев, посаженные при Николае Ивановиче Вавилове. Имеются большие резервы по расширению видового состава. Следует обратить внимание на применение в озеленении города хорошо адаптировавшихся в дендрарии уникальных видов-интродуцентов, которые не только повышают эстетическую ценность городских ландшафтов, но и улучшают экологические условия урбогеосистем.

Библиографический список

1. Лоскутов, И.Г. История мировой коллекции генетических ресурсов растений в России / И.Г. Лоскутов. – СПб.: ГНЦ РФ ВИР, 2009. – 274 с.
2. Вавилов, Н.И. Очередные задачи сельскохозяйственного растениеводства (растительные богатства земли и их использование) / Н.И. Вавилов // Тр. по прикладной ботанике и селекции. – 1925. – Т. 14. – Вып. 5. – С. 1–17.
3. Данилов, Е.А. К истории акклиматизации и натурализации древесных пород в России / Е.А. Данилов, В.М. Борткевич // Тр. по прикладной ботанике и селекции. – 1925. – Т. 14. – Вып. 4. – С. 3–29.
4. Булыгин, Н.Е. Ценная дендрологическая коллекция в г. Пушкине / Н.Е. Булыгин, А.П. Векшин // Тез. докл. на П(Х) съезде РБО. – СПб., 1998. – Т. 2. – С. 276–277.
5. Булыгин, Н.Е. Древесные интродуценты дендрариа контрольно-семенной опытной станции в г. Пушкине / Н.Е. Булыгин, А.П. Векшин // Hortus botanicus. – Петрозаводск, 2005. – С. 42–48. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: hb.karelia.ru/hb2/4.pdf
6. Векшин, А.П. Редкие древесные растения центра комплексного благоустройства в г. Пушкине / А.П. Векшин, А.В. Волчанская, Г.А. Фирсов // Научное обозрение. – 2009. – № 6 – С. 7–13.
7. Романов, В.Е. Управление садово-паркового хозяйства и зеленого строительства Ленгорисполкома, его организационная структура и задачи на пятилетие (1966–1970 гг.) / В.Е. Романов // Зеленое строительство: сб. работ по обмену науч.-произв. передовым опытом. – Л.: Изд-во лит-ры по строительству, 1967. – С. 3–9.
8. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / Гл. редколл: Ю.П. Трутнев и др.; Сост. Р.В. Камелин и др. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 855 с.

HISTORY AND MODERN STATE OF ARBORETUM IN
THE TOWN OF PUSHKIN (SAINT-PETERSBURG)

Firsov G.A., a senior fellow at the Botanical Institute. VL Komarova Sciences, Ph.D., **Terekhina N.V.**, assistant professor of biogeography and conservation of the Institute of Earth Sciences, St. Petersburg State University, Ph.D.

gennady_firsov@mail.ru, *natalia_terekhin@mail.ru*

FGBUN Botanical Institute. V.L. Komarova RAS, 2, st. Professor Popov, St. Petersburg, 197376, Russia, St. Petersburg State University, 7-9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russia

Researches in arboretum of Center of complex accomplishment in Pushkin town to the fall of 2012 year revealed 187 species of trees and forms of 69 genera of 32 families. 14 species included in the Red Book of the Russian Federation. Arboretum has historical significance. It is a center of plant diversity, and also can be local plantation for propagation of seed and vegetative material, and is promising for scientific, industrial and educational activities. There is scope to expand the species composition and the introduction of exotic species, which have successfully adapted to urban phytocenosis of St. Petersburg.

Key words: arboretum, introduction of woody plants, verdurization.

References

1. Loskutov I.G. *Istoriya mirovoy kollekcii geneticheskikh resursov rasteniy v Rossii* [History of world collection of plant genetic resources in Russia]. SPb., All-Russian research Institute of plant. N. I. Vavilov, State scientific center of the Russian Federation, 2009. 274 p.
2. Vavilov N.I. *Ocherednye zadachi sel'skohozyaystvennogo rastenievodstva (rastitel'nye bogatstva zemli i ih ispol'zovanie)* [The immediate tasks of agricultural crop production (vegetable riches of the earth and their use)]. *Tr. po prikladnoy botanike i selekcii* [Works on applied botany and plant breeding]. Leningrad, All-Union Institute of applied botany and new cultures. 1925. V. 14. Issue 5, pp. 1–17.
3. Danilov E.A., Bortkevich V.M. *K istorii akklimatizatsii i naturalizatsii drevesnykh porod v Rossii* [The history of acclimatization and naturalization tree species in Russia]. *Tr. po prikladnoy botanike i selekcii* [Works on applied botany and plant breeding]. L., All-Union Institute of applied botany and new cultures. 1925. Vol. 14. Issue 4, pp. 3–29.
4. Bulygin N.E., Vekshin A.P. *Cennaya dendrologicheskaya kolleksiya v g. Pushkine*. [Valuable dendrological collection in town Pushkin]. *Tez. dokl. na II(X) s'ezde RBO* [Abstracts of II(X) Congress of the Russian Botanical society]. SPb., 1998. Vol. 2. pp. 276–277.
5. Bulygin N.E., Vekshin A.P. *Drevesnye introducenty dendrariuma kontrol'no-semennoy opytной stantsii v g. Pushkine* [Woody plants of Dendrarium in control and seed experimental station in town Pushkin]. *Hortus botanicus* [Hortus botanicus]. Petrozavodsk, 2005. pp. 42–48. [Electronic resource]. Access mode: hb.karelia.ru/hb2/4.pdf
6. Vekshin A.P., Volchanskaya A.V., Firsov G.A. *Redkie drevesnye rasteniya centra kompleksnogo blagoustroystva v g. Pushkine* [Rare woody plants of the center for comprehensive improvement in town Pushkin]. *Nauchnoe obozrenie* [A scientific review]. 2009, no. 6. pp. 7–13.
7. Romanov V.E. *Upravlenie sadovo-parkovogo hozyaystva i zelyonogo stroitel'stva Lengorispolkoma, ego organizatsionnaya struktura i zadachi na pyatiletie (1966-1970 gg.)* [Management of landscape management and green building of the Leningrad Executive Committee, its organizational structure and tasks for five years (1966-1970.)]. *Zelyonoe stroitel'stvo (Sb. rabot po obmenu nauch.-proizv. peredovym opytom)* [Green building (Collection of papers on the exchange of scientific production and best practices)]. Leningrad, Publishing house of literature on construction. 1967. pp. 3–9.
8. *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i griby)* [Red data book of the Russian Federation (plants and mushrooms)]. Ed. by: Yu. P. Trutnev et al.; Compiler R. V. Kamelin et al. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008. 855 p.

РАДИАЛЬНЫЙ ПРИРОСТ СОСНЫ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) ВЕРХОВЫХ БОЛОТ КАК ИНДИКАТОР ЛОКАЛЬНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА

Д.В. ТИШИН, доц. каф. общей экологии Института экологии и географии Казанского федерального университета, канд. биол. наук,

Н.А. ЧИЖИКОВА, доц. каф. моделирования экосистем Института экологии и географии Казанского федерального университета, канд. биол. наук,

Р.Г. ЧУГУНОВ асп. каф. общей экологии Института экологии и географии Казанского федерального университета

dtishin@kpfu.ru, nelly.chizhikova@kpfu.ru, ecoramon@mail.ru
Казанский (Приволжский) федеральный университет,
д. 18, ул. Кремлевская, г. Казань, Татарстан, Россия, 420008

Представляется важным выявить тенденции изменений параметров климата и связанных с ними реакций лесных сообществ на региональном уровне как отражение глобальных перестроек природной среды. Наиболее удачным объектом для оценки таких процессов являются древесные растения, которые благодаря своим годичным кольцам способны фиксировать различную экологическую информацию. В результате изменения климата, актуальным становится изучение природных экосистем в пессимальных условиях, где любое незначительное колебание метеопараметров (температуры и осадков) может привести к серьезному изменению в жизнедеятельности растений. Целью исследования явилась оценка влияния природно-климатических факторов на рост деревьев, произрастающих на одном из крупных верховых болот Республики Татарстан, условия которого можно назвать пессимальными. Данный природный объект расположен на территории Волжско-Камского заповедника, на южной границе бореального экотона. В научной литературе накоплен значительный фактический материал по влиянию климатических факторов на радиальный рост деревьев, тем не менее, современных сведений о приросте деревьев Волжско-Камского края, и в частности болотных местообитаний, недостаточно. В ходе работ по полученным данным была рассчитана скользящая корреляция между индексом прироста и каждым метеопараметром. Она показала, что климатический отклик радиального прироста на температуру июня и осадки января, выделенные на основании предыдущего анализа как наиболее значимые для него факторы, не является постоянным во времени. Наиболее ярко это проявилось для реакции на осадки января. Важность запаса влаги в почве, связанной с количеством зимних осадков, становится более значимой для радиального прироста в последние десятилетия. Непостоянство отклика радиального прироста сосны на температуру и осадки, скорее всего, связано с региональным изменением климата, наблюдаемым в последнее десятилетие и фиксируемым по данным метеонаблюдений. Следует отметить, что такая реакция деревьев может быть связана не только с флуктуациями климата, но и с изменением режима грунтовых вод и ценогенезом самого верхового болота.

Ключевые слова: сосна обыкновенная, древесные кольца, радиальный прирост, температура, осадки, верховое болото.

Представляется важным выявить тенденции изменений параметров климата и связанных с ними реакций лесных сообществ на региональном уровне как отражение глобальных перестроек природной среды. Наиболее удачным объектом для оценки таких процессов являются древесные растения, которые благодаря своим годичным кольцам способны фиксировать различную экологическую информацию [3, 5, 7]. В результате изменения климата актуальным становится изучение природных экосистем в пессимальных условиях, где любое незначительное колебание метеопараметров (температуры и осадков) может привести к серьезному изменению в жизнедеятельности растений [3, 11, 14]. Целью нашего исследования явилась оценка влияния природно-климатических факторов на рост деревьев, произрастающих на одном из крупных верховых болот Республики Татарстан, условия которого можно назвать пессимальными.

Данный природный объект расположен на территории Волжско-Камского заповедника, на южной границе бореального экотона. В научной литературе накоплен значительный фактический материал по влиянию климатических факторов на радиальный рост деревьев, тем не менее, современных сведений о приросте деревьев Волжско-Камского края, и в частности болотных местообитаний, недостаточно.

Территория и объект исследования

Географические особенности территории Республики Татарстан (РТ) не способствуют сильному развитию процессов заболачивания. Континентальность климата и дренированность водоразделов, при сильном развитии речной сети, позволяют развиваться болотам главным образом в речных долинах, поэтому здесь распространен преимущественно низинный тип заболачивания [1]. При атмосферном пита-

нии на бедных песчаных почвах древних террас обеспечивает появление сфагновых болот.

На территории РТ проходит граница двух болотных зон: верховых сосново-сфагновых и низинных травяных болот (Восточно-Европейская провинция), которая занимает Предкамье, и низинных осоковых и тростниковых болот (Среднерусская провинция), охватывающих Предволжье и Закамье [2]. Границы между этими зонами совпадают с изолинией гидротермического коэффициента, равного 1.0, которая следует от Пензы на Казань и далее к востоку, вдоль 56-й параллели [4].

Основной лесообразующей породой в Волжско-Камском заповеднике является сосна обыкновенная. На ее долю приходится до 70 % покрытой лесом площади, что делает ее в целом привлекательным объектом для дендроэкологических исследований.

В данной работе была предпринята попытка определить основные климатические показатели, связанные с радиальным приростом, а также выделить возможные сценарии формирования радиального прироста ксилемы сосны обыкновенной в условиях болот Волжско-Камского заповедника.

Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник (ВКГПБЗ) расположен на левом берегу Волги в 25 км на запад от г. Казани (рис. 1). Рельеф имеет дюнно-бугристый характер, с лощинами и древними балками. Абсолютные высоты от 65 до 105 м. Почвы песчаные, среднеподзолистые. В междюнных понижениях встречаются торфяные болота лимногенного происхождения.

Пробная площадь была заложена на сфагновой сплавине оз. Долгое (66°40' с.ш. 34°21' в.д.). Тип леса – сосняк сфагново-кустарничковый с единичной елью и березой. В травяно-кустарничковом ярусе – пушица, багульник, мирт, подбел, клюква и сфагновый мох. Сосна представлена жизненными формами *f. litwinowii* и *f. uliginosa*; при возрасте 125–227 лет высота деревьев колеблется от 3.5 до 15 м, средний диаметр 19 см, класс бонитета Va.

Методика получения данных и анализа

Работу проводили по методике, принятой в дендрохронологических исследованиях

[8]. Сбор материала проводился возрастным буром на высоте 0,5 м от шейки корня у 78 деревьев. Ширину годичных колец измеряли на полуавтоматической установке LINTAB с пакетом программного обеспечения TSAPWin [13]. Древесно-кольцевая хронология была построена и проанализирована в свободно распространяемом пакете dplR [10]. Из индивидуальных хронологий радиального прироста был исключен тренд, в предположении, что он отражает возрастные особенности деревьев. Оценки тренда были получены с помощью сплайна. Также индивидуальные хронологии были стандартизированы. Далее для построения мастер-хронологии были исключены бестрендовые хронологии отдельных деревьев, имеющих низкую корреляцию с мастер-хронологией.

Для выявления реакции прироста сосны на климат использовали данные по среднемесячной температуре воздуха и количеству осадков метеостанции Садовый (1948–2011 гг.), расположенной в 5 км от болота. Динамика связи радиального прироста деревьев с погодными факторами во времени была проанализирована с помощью скользящей корреляции.

Комплексное влияние климатических факторов на радиальный прирост сосны было оценено с помощью регрессионных деревьев, использующих набор правил для определения величины прироста [9]. Данные модели были построены с помощью пакета *grart* [15]



Рис. 1. Район исследования: верховое болото оз. Долгое, ВКГПБЗ, Зеленодольский р-н, РТ

Fig. 1. Study area: bog lake. Long, VKGPBZ, Zelenodolsky district, RT

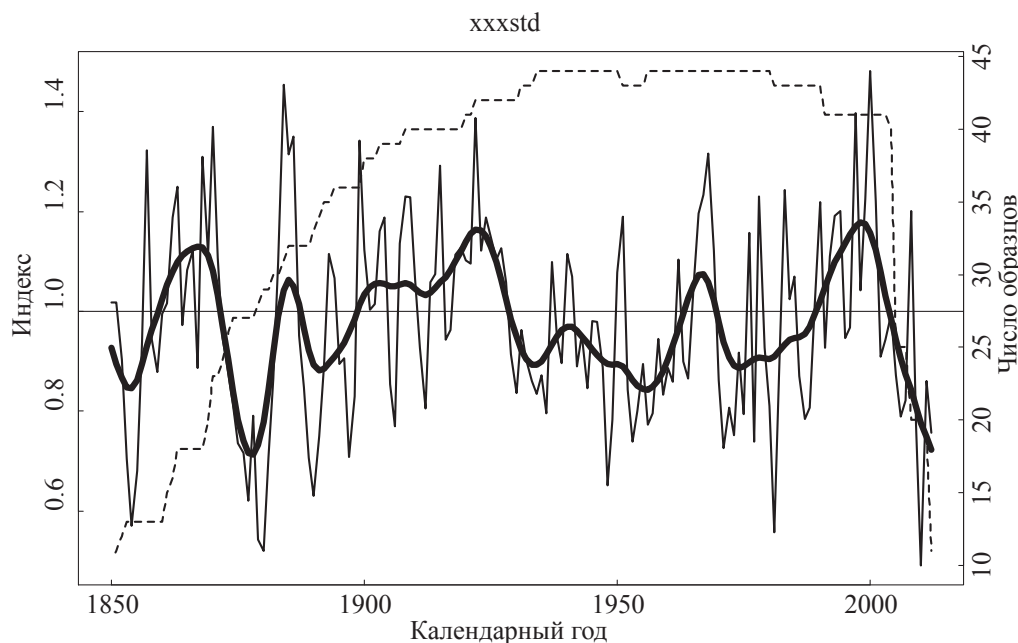


Рис. 2. Многолетняя динамика индекса обобщенной хронологии DLG прироста сосны. Толстая линия – линия скользящего среднего индекса прироста, диаметр скользящего окна 30 лет. Пунктирная линия – число индивидуальных хронологий прироста, участвующих в получении мастер-хронологии

Fig. 2. Long-term dynamics of the generalized index chronology DLG growth pine. Thick line - moving average index of growth, the diameter of the sliding window of 30 years. Dashed line - by individual growth histories involved in obtaining a master timeline

в среде статистического программирования R [12]. Так как размер рядов данных по температуре и осадкам довольно ограничен, было принято решение использовать как можно меньшее количество правил.

Результаты и обсуждение

На основании хронологий прироста модельных деревьев болотного местообитания была получена обобщенная хронология, длительность ряда составила 196 лет (рис. 2). Согласно EPS тесту хронология имеет достаточную обеспеченность данными с 1830 по 2010 гг. Поэтому в дальнейшем анализе был использован индекс прироста за последние 180 лет.

Анализ климатических данных ближайшей к изучаемому местообитанию метеостанции Садовый за последние 60 лет показал явно выраженные тренды увеличения среднегодовой температуры и суммы осадков. Для температуры воздуха положительный тренд составил $0.02^{\circ}\text{C}/\text{год}$, а для суммы осадков $1.5 \text{ мм}/\text{год}$. Наблюдаемое изменение климата на территории региона происходит за счет зимне-весеннего периода времени.

Для выявления основных климатических факторов, определяющих прирост сосны исследуемого района, был проведен корреляционный анализ индекса прироста с температурой воздуха и осадками за период с сентября предыдущего года по август текущего включительно (рис. 3). Установлен статистически значимый положительный отклик радиального прироста сосны на количество осадков января ($r = 0.5$, уровень значимости <0.01) и отрицательный отклик на температуру июня ($r = -0.43$, уровень значимости <0.01).

Комплексное влияние климатических факторов на радиальный прирост сосны было оценено с помощью регрессионных деревьев, использующих набор правил для определения величины прироста. Были сформулированы три сценария, в результате которых формируется повышенный, средний или пониженный радиальный прирост (рис. 4, таблица).

Регрессионные модели на основе дерева решений показали (таблица), что наиболее значительными факторами, влияющими на радиальный прирост сосны, являются осадки января и средняя температура июня, что согласуется

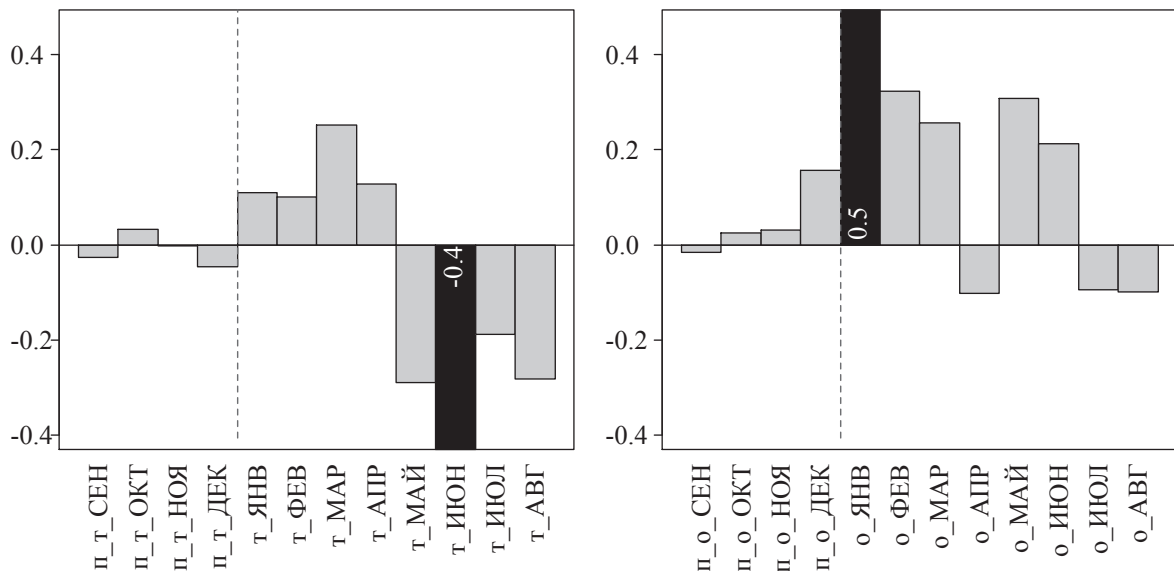


Рис. 3. Корреляция индекса обобщенной хронологии радиального прироста сосны с климатическими показателями. Префикс «т» перед названием месяца соответствует среднемесячной температуре, префикс «о» – соответствует суммарным месячным осадкам, префикс «п» – обозначает показатели за предшествующий текущему вегетативному сезону год. Черным цветом обозначены корреляции, статистически значимо отличающиеся от нуля при 99 % уровне доверия

Fig. 3. Correlation index generalized chronology of pine radial growth with climate indicators. The prefix «T» before the name of the month corresponding to the average temperature, the prefix «o» - corresponds to the total monthly rainfall, the prefix «p» - refers to the figures for the previous year to the current growing season. Black color indicates the correlation significantly different from zero at the 99% confidence level

с данными корреляционного анализа. Наблюдаемая реакция прироста деревьев указывает на особенности местопроизрастания изучаемого древостоя. Для прироста сосны верховых болот на южной границе бореального экотона значение имеют осадки зимнего периода, стаивание которых в весенний период формирует запас доступной для питания деревьев влаги. Обилие зимних осадков способно компенсировать засушливые и жаркие условия лета (благоприятный сценарий). Недостаток твердых осадков в зимний период может быть скомпенсирован нежарким летом (нейтральный сценарий прироста, табл. 1). Неблагоприятным сценарием, приводящим к формированию более узких годичных колец сосны на верховом болоте, является малоснежный январь и жаркий июнь.

Положительная связь между приростом деревьев и количеством зимних осадков указывает на большое значение почвенной влаги в начале вегетации. В дальнейшем физиологическая активность сосны зависит от летней температуры, что особенно важно в

период максимального прироста деревьев (июнь–июль) [6].

Далее была рассчитана скользящая корреляция между индексом прироста и каждым

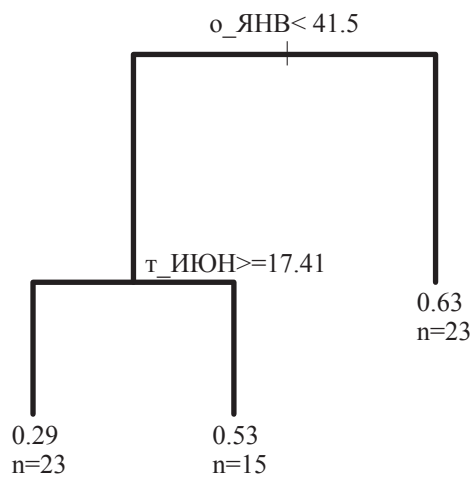


Рис. 4. Вид иерархического регрессионного дерева решений, связывающего индекс прироста с комплексом климатических показателей

Fig. 4. View of the hierarchical regression decision tree binding growth index with a set of climatic parameters

Возможные сценарии радиального прироста сосны болотного местообитания
Possible scenarios for the radial growth of pine swamp habitat

№	Сценарии	Средняя температура июня, °С	Суммарные осадки января, мм
1	Благоприятный	–	> 41.5
2	Нейтральный	< 17.4	< 41.5
3	Неблагоприятный	> 17.4	< 41.5

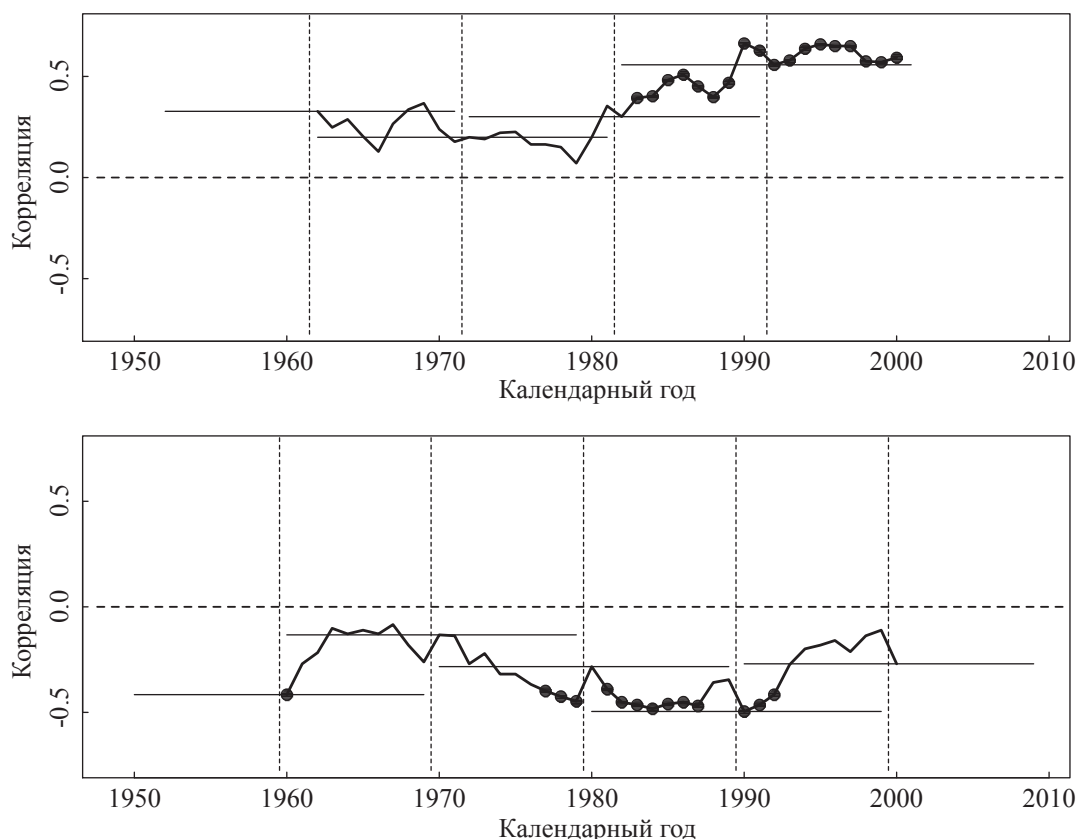


Рис. 5. Скользящая корреляция индексов прироста сосны и метеопараметров января (осадки) и июнь (температура)

Fig. 5. sliding correlation indices growth pine and meteorological parameters of January (rainfall) and June (temperature)

метеопараметром. Она показала, что климатический отклик радиального прироста на температуру июня и осадки января, выделенные на основании предыдущего анализа как наиболее значимые для него факторы, не является постоянным во времени. Наиболее ярко это проявилось в реакции на осадки января (рис. 5). Важность запаса влаги в почве, связанной с количеством зимних осадков, становится более значимой для радиального прироста в последние десятилетия. Непостоянство отклика радиального прироста сосны на температуру и осадки, скорее всего, связано с региональным изменением климата, наблюдаемым в последнее десятилетие и фиксируемым по данным метеонаблюдений. Следу-

ет отметить, что такая реакция деревьев может быть связана не только с флуктуациями климата, но и с изменением режима грунтовых вод и ценогенезом самого верхового болота.

Благодарности

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 12-04-31449.

Acknowledgements. The work is supported by the grant № 12-04-31449 of Russian Fund of Fundamental Research.

Библиографический список

1. Баранов, В.И. Болота и торфяники Татарии / В.И. Баранов. – Казань: Татгосиздат, 1947. – 76 с.

2. Боч, М.С. Экосистемы болот СССР / М.С. Боч, В.В. Мазинг. – М.: Наука, 1979. – 188 с.
3. Ваганов, Е.А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа. – Новосибирск: Наука, 1996. – 246 с.
4. Колобов, Н.В. Климат Среднего Поволжья / Н.В. Колобов. – Казань: Казанский ун-т, – 1968. – 253 с.
5. Комин Г.Е. Применение дендрохронологических методов в экологическом мониторинге лесов / Г.Е. Комин // Лесоведение. – 1990. – № 2. – С. 3–11.
6. Смирнов, В.В. Сезонный рост главных древесных пород / В.В. Колобов. – М.: Наука, 1964. – 167 с.
7. Шиятов, С. Г. Дендрохронология верхней границы леса на Урале. / С. Г. Шиятов. – М.: Наука, 1986. – 137 с.
8. Методы дендрохронологии. Часть I. Основы дендрохронологии. Сбор и получение древесно-кольцевой информации / С.Г. Шиятов [и др.]. – Красноярск: КрасГУ, 2000. – 80 с.
9. Breiman, L. *Classification and Regression Trees* / L. Breiman [et al.]. – Monterey, CA: Wadsworth & Brooks/Cole, 1984. – 368 p.
10. Bunn, A.G. dplR: Dendrochronology Program Library in R. R package version 1.5.6 / A.G. Bunn [et al.]. – 2012. <http://CRAN.R-project.org/package=dplR>.
11. Mazepa, V.S. Stand density in the last millennium at the upper tree-line ecotone in the Polar Ural Mountains / V.S. Mazepa // Can. J. For. Res. 2005, (35). – Pp. 2082–2091.
12. R Development Core Team. R: A Language and Environment for Statistical Computing / R Development Core Team. – Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2011. <http://www.R-project.org>.
13. Rinn, F. TSAPWin – Time Series Analysis and Presentation for Dendrochronology and Related Applications, Version 0.53, User Reference / F. Rinn. – Heidelberg, 2005. – 91 pp.
14. Shiyatov, S.G. Rates of change in the upper treeline ecotone in the Polar Ural Mountains / S.G. Shiyatov // Pages News, 2003. – Vol. 11, № 1. – Pp. 8–10.
15. Therneau, T. M. rpart: Recursive Partitioning. R package version 3.1-50 [электронный ресурс] / Т. М. Therneau, В. Atkinson, В. Ripley. – 2011. – Режим доступа: <http://CRAN.R-project.org/package=rpart>. – Загл. с экрана

HIGH-MOOR BOG PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) RADIAL GROWTH AS AN INDICATOR OF LOCAL CLIMATE CHANGES

Tishin D.V., PhD in biology, associate professor of General Ecology Department, Kazan Federal University;
Chizhikova N.A., PhD in biology, associate professor of Ecosystems Modeling Department, Kazan Federal University;
Chugunov R.G., PhD student at General Ecology Department, Kazan Federal University

dtishin@kpfu.ru, nelly.chizhikova@kpfu.ru, ecoramon@mail.ru
Kazan Federal University, 18, st. Kremlevskaya, Kazan, Tatarstan, Russia, 420008

It is important to identify the trends of climate changes and related reactions of forest communities on the regional level as a reflection of the natural environment global alteration. Woody plants are the most convenient object for the assessment of such processes, thanks to their tree-rings they are able to capture a variety of environmental information. In the result of climate change study of natural ecosystems in pessimal conditions, where any slight fluctuation of meteorological parameters (temperature and precipitation) can lead to a serious change in plant life, becomes currently important. The aim of this study was the assessment of the climatic factors influence on the growth of trees growing on one of the largest high-moor bogs of the Republic of Tatarstan, the conditions of which can be charged as pessimal. This natural site is located on the territory of the Volga-Kama nature reserve, on the southern border of the boreal ecotone. There is a considerable evidence on the impact of climatic factors on the radial growth of trees in the scientific literature, however, there is a lack of modern information about the trees growth of Volga-Kama region, and in wetland habitats in particular. In the course of work the moving correlation between the growth index and each meteorological parameter was calculated on the basis of data obtained. It showed that the climatic response of radial growth to temperature of June and precipitation of January, outlined on the basis of the previous analysis as the most important factors for it, is not constant through time. The importance of moisture content in the soil relating to winter precipitation becomes more important for radial growth within last decades. The variability of pine radial growth response on temperature and precipitation is most likely due to regional climate change in recent decades and recorded by meteorological observations. It should be mentioned that this reaction of trees may be associated not only with climate fluctuations but also with changes of the groundwater regime and cenogenesis of the high-moor bog.

Key words: Scots pine, tree-rings, radial growth, temperature, precipitation, raised bog

References

1. Baranov, V.I. *Bolota i torfyaniki Tatarii* [Mires and peatlands of Tatarstan]. Kazan': Tatgosizdat publ., 1947. 76 p. (in Russian).
2. Boch, M.S., Mazing V.V. *Ekosistemy bolot SSSR* [Swamp ecosystems of the USSR] Moscow: Nauka publ., 1979. 188 p. (in Russian)
3. Vaganov, E.A., Shiyatov S.G., Mazepa V.S. *Dendroklimaticheskie issledovaniya v Uralo-Sibirskoy Subarktike* [Dendroclimatic research in the Ural-Siberian subarctic region]. Novosibirsk: Nauka publ., 1996. 246 p. (in Russian)
4. Kolobov, N.V. *Klimat srednego Povolzh'ya* [The Climate of the Middle Volga Region]. Kazan': Publishing house of the Kazan University, 1968. 253 p. (in Russian)
5. Komin G.E. *Primenenie dendrokhnologicheskikh metodov v ekologicheskom monitoringe lesov* [The use of the dendrochronological methods in the environmental monitoring of forests]. Lesovedenie [The forest science journal]. 1990. № 2. pp. 3-11. (in Russian)

6. Smirnov V.V. *Sezonnyy rost glavnykh drevesnykh porod* [The seasonal growth in the main tree species]. M., Nauka, 1964. 167 p. (in Russian).
7. Shiyatov S.G. *Dendrokronologiya verkhney granitsy lesa na Urale*. Moscow, Nauka, 1986. 137 p. (in Russian).
8. Shiyatov, S.G., Vaganov E.A., Kiryanov A.V., Kruglov V.B., Mazepa V.S., Naurzbaev M.M., Hantemirov R.M. *Metody dendrokronologii. Chast' I. Osnovy dendrokronologii. Sbor i poluchenie drevesno-kol'tsevoy informatsii* [Methods of dendrochronology. Part I. fundamentals of dendrochronology. Collect tree-ring information]. Krasnoyarsk, Krasnoyarsk state University, 2000. 80 p. (in Russian)
9. Breiman, L., Friedman J.H., Olshen R.A., Stone C.J. *Classification and Regression Trees*. Monterey, CA: Wadsworth & Brooks/Cole, 1984. 368 p.
10. Bunn, A.G, et al. dplR: Dendrochronology Program Library in R. R package version 1.5.6 2012. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=dplR> (assessed 18 June 2014).
11. Mazepa V.S. Stand density in the last millennium at the upper tree-line ecotone in the Polar Ural Mountains. *Can. J. For. Res*, 2005, (35). Pp. 2082–2091.
12. R Development Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Available at: <http://www.R-project.org> (assessed 18 June 2014).
13. Rinn, F. *TSAPWin – Time Series Analysis and Presentation for Dendrochronology and Related Applications*, Version 0.53, User Reference. Heidelberg, 2005. 91 pp.
14. Shiyatov, S.G. Rates of change in the upper treeline ecotone in the Polar Ural Mountains. *PAGES News*, 2003. Vol. 11, No. 1. Pp. 8–10.
15. Therneau, T. M. Atkinson B., Ripley B. rpart: Recursive Partitioning. R package version 3.1-50. Available at: <http://CRAN.R-project.org/package=rpart> (assessed 18 June 2014).

ОСОБЕННОСТИ СЛОЖЕНИЯ ФЛОРЫ ПАМЯТНИКА ПРИРОДЫ «СЕНИЦИНСКИЙ БОР»

О.Е. ТОКАРЬ, доц. каф. экологии, географии и методики их преподавания ФГБОУ ВПО «Ишимский государственный педагогический институт им. П.П. Ершова», канд. биол. наук, Е.А. ЭКСНЕР, студ. биолого-географического факультета ФГБОУ ВПО «Ишимский государственный педагогический институт им. П.П. Ершова»

tokarishim@yandex.ru, eksner2@rambler.ru

ФГБОУ ВПО «Ишимский государственный педагогический институт им. П.П. Ершова», 627750, Тюменская обл., г. Ишим, ул. Ленина, д. 1

В статье обобщены результаты полевых исследований за 2006–2012 гг., проведенных на территории памятника природы, полученные за период проведения двухнедельной учебной (полевой) практики по ботанике со студентами педагогического и биолого-географического факультета на базе спортивно-оздоровительного лагеря «Буревестник» ИГПИ им. П.П. Ершова. Целью данной работы явилось изучение флоры памятника природы «Сеницинский бор». В задачи входило: изучить таксономический, экологический, биоморфологический, эколого-ценотический и хорологический составы флоры сообществ разных биотопов; провести таксономический и типологический анализы флоры; выявить редкие виды растений. Полевой материал был собран в ходе рекогносцировочного маршрутного исследования флоры соснового леса, лугов долины р. Ишим, местообитаний рудиральных видов, прибрежно-водной и водной флоры водоема – старица Малая. Маршруты проходили в пределах 3 территориального участка памятника природы регионального значения «Сеницинский бор», имели северное, северо-западное, западное, восточное и юго-восточное направления от лагеря «Буревестник». При маршрутных исследованиях проводилась гербаризация растений. Одновременно со сбором гербарных материалов составлялись флористические описания. Рассмотрено современное состояние флоры 3 участка памятника природы регионального значения «Сеницинский бор»: приводятся спектры таксономического, биоморфологического, эколого-ценотического, экологического и хорологического анализов; обсуждаются результаты исследования флоры Сеницинского бора. Флора бора, как и вся региональная флора, является гетерогенной. Основу флоры формируют представители отдела Magnoliophyta (149, или 90% видов). Спектры биоморф, эколого-ценотических групп и экоморф характеризуют биотопы Сеницинского бора как местообитания с умеренным уровнем емкости.

Ключевые слова: флора, памятник природы.

Не случайно 2010 год был объявлен ООН Международным годом биоразнообразия. Тем самым сделана еще одна попытка привлечь внимание к необходимости охранять и рационально использовать живую планету, объединять усилия в сохранении биоразнообразия. Разнообразие видов животных

и растений служит важным индикатором (показателем) устойчивого развития территории. Наиболее эффективной формой сохранения биоразнообразия и экологической стабильности в регионах является организация различных особо охраняемых природных территорий (ООПТ). Согласно принятому в России

в 1995 г. Федеральному закону «Об особо охраняемых природных территориях», выделены 7 основных категорий ООПТ: заповедники, заказники, национальные и природные парки, памятники природы, дендропарки и ботанические сады, а также лечебно-оздоровительные местности и курорты. Помимо этого, законом предусмотрено, что органы государственной власти могут устанавливать и другие категории ООПТ (городские леса и парки, биостанции, речные системы и др.). Для разных категорий ООПТ законом определены общие черты режимов их особой охраны и цели, ради которых они создаются (Бродский, 2012).

Первые ООПТ в Тюменской области были созданы в 60-е годы прошлого столетия, в том числе и памятник природы регионального значения «Синицинский бор» (создан в 1968 г.). Площадь его составляет 1108 га. Бор состоит из 3 участков: I – в непосредственной близости от юго-западной окраины д. Синицино (площадь участка – 57 га), II – порядка 2 км на юг от д. Синицино (площадь участка – 225 га); III – на западной окраине лесного массива в 12 км на юг от районного центра г. Ишим, юго-западная граница – в непосредственной близости от д. Синицына (площадь участка – 826 га). Памятник природы включает ландшафт, представленный сосновыми и сосново-березово-осиновыми разнотравными, осоково-разнотравными и мшисто-ягодными лесами; древесную и кустарниковую растительность ленточных боров; флору и фауну, в том числе редкие и находящиеся под угрозой исчезновения виды растений и животных; археологические объекты; рекреационные (старица Малая) и лечебные ресурсы.

Изучению флоры памятника природы регионального значения «Синицинский бор» посвящено небольшое количество работ. В травостое Синицинского бора насчитывается до 250 видов сосудистых растений из 207 родов и 58 семейств, среди них 40 видов нуждаются в защите человека (Козловцева, 2005, 2009–2010; Козловцева с соавт., 2007; Рыкова, Сабаева, 2011). Авторами выявлены 34 вида лекарственных травянистых растений, перечислены охраняемые виды – *Adonis vernalis*,

Hypericum perforatum, *Glycyrriza uralensis*. Названы распространенные грибы (*Boletus edulis*, *Lactarius resimus*, *Russula fragilis*, *Agaricus*, *Suillus*). В работе О.С. Козловцевой с соавт. (2007) перечислены возможные пути сохранения биоразнообразия памятника. В течение полевых сезонов 2007–2008 гг. студентами биолого-географического факультета под руководством О.С. Козловцевой (2009) была обследована территория пионерского лагеря «Дружба» (окр. д. Синицино). По данным О.С. Козловцевой, видовой состав исследуемой территории включает 33 вида высших сосудистых растений из 32 родов и 20 семейств. Результаты полевых исследований 2010 г., проведенных в пределах III участка памятника природы «Синицинский бор», отражены в работах Е.А. Экснера (2011; 2011а, 2011б) и О.Е. Токарь в соавт. (2012), флористический состав ключевого участка включает 165 видов растений из 124 родов, 61 семейств и 8 отделов. По данным А.В. Паташевой (2007), в настоящее время из 23 видов древесных видов на территории бора 7 видов являются занесенными человеком. Процесс внедрения во флору нехарактерных для нее видов несет за собой нарушение естественного равновесия, потерю аборигенного фитоценоза. В монографии О.Е. Токарь (2006) есть информация об экологическом состоянии водных биотопов старицы Малой, основанная на данных фитоиндикации (составу, структуре флоры и растительности). В сообществах водной макрофитной растительности старицы отмечено 24 вида макрофитов, описаны редкие виды *Nymphaea candida*, *Potamogeton crispus* и *Nymphoides peltata*. Имеются работы по изучению лишенофлоры Синицинского бора за период 2004–2007 гг. (Токарь, Пликина, 2007; Токарь, 2008). По данным О.Е. Токарь и Н.В. Пликиной, на территории бора выявлено 30 видов лишайников разных жизненных форм (преобладают кустистые и листоватые формы). Видовой насыщенностью обладает род *Cladonia*, насчитывающий 12 видов лишайников.

Анализ региональной научной литературы свидетельствует о том, что проведенные ранее полевые исследования на территории

памятника природы «Синицинский бор» не достаточны, отсутствует количественная и качественная характеристика состава и структуры основных типов растительности ООПТ. В литературе не приводится аннотированный список растений, произрастающих на территории памятника природы «Синицинский бор», который был бы составлен на основе многолетних исследований и обобщения литературных данных и гербарных фондов; не сделаны таксономический, эколого-ценотический, биоморфологический и хорологический анализы флоры. Нет оценки современного экологического состояния ООПТ. Все перечисленное обуславливает важность и актуальность проведенного нами флористического исследования на территории памятника природы регионального значения.

Материалы и методы исследования

В статье обобщены результаты полевых исследований за 2006–2012 гг., проведенных на территории памятника природы, полученные за период проведения двухнедельной учебной (полевой) практики по ботанике со студентами педагогического и биолого-географического факультета на базе спортивно-оздоровительного лагеря «Буревестник» ИГПИ им. П.П. Ершова.

Целью данной работы явилось изучение флоры памятника природы «Синицинский бор». В задачи входило: изучить таксономический, экологический, биоморфологический, эколого-ценотический и холологический составы флоры сообществ разных биотопов; провести таксономический и типологический анализы флоры; выявить редкие виды растений.

Полевой материал был собран в ходе рекогносцировочного маршрутного исследования флоры соснового леса, лугов долины р. Ишим, местообитаний рудиральных видов, прибрежно-водной и водной флоры водоема – старица Малая. Маршруты проходили в пределах 3 территориального участка памятника природы регионального значения «Синицинский бор», имели северное, северо-западное, западное, восточное и юго-восточное направления от лагеря «Буревестник». При маршрутных исследова-

ниях проводилась гербаризация растений. Одновременно со сбором гербарных материалов составлялись флористические описания.

Определение видов проведено по определителям: И.М. Красноборов (2001); Флора Сибири (1988–2003); М.С. Игнатов, Е.А. Игнатова (2004); Б.Ф. Свириденко (2009). Информацию о хозяйственной значимости видов брали из определителей И.М. Красноборова (2001) и И.А. Губанова с соавт. (2002–2004). Для выделения экологических групп мы использовали методические подходы, изложенные в работах Б.Ф. Свириденко (2000) и Е.П. Прокопьева (2001), с применением метода стандартных экологических шкал Л.Г. Раменского (1956). Названия экологических групп (экогрупп) и свит были заимствованы из работы Е.Е. Прокопьева (2001). Для выделения хорологических групп (или геогрупп) был использован метод биогеографических координат Б.А. Юрцева (1968) (цит. по: Науменко, 2008). За границы ареалов принимались крайние точки современного распространения видов. Ареалы высших сосудистых растений устанавливались на основе опубликованных данных во «Флоре Сибири» (1988–2003). Сведения о распространении мхов получены из определителей «Флора мхов средней части европейской России» (Игнатов, Игнатова, 2003; 2004). Ареалы водорослей *Chara vulgaris* и *Cladophora glomerata* даны по работе Б.Ф. Свириденко (2000). Для выделения геоэлементов флоры была использована классификация геогрупп и геоэлементов, разработанная для Южного Зауралья Н.И. Науменко (2008), с некоторыми изменениями.

Результаты исследования и их обсуждение

Всего в составе флоры памятника природы регионального значения «Синицинский бор» отмечено 199 видов растений из 151 рода, 67 семейство, 8 отделов. Основу флоры формируют представители отдела *Magnoliophyta* (149, или 90 % видов). Таксономическая структура исследуемой флоры приведена в табл. 1.

Спектр ведущих семейств флоры отражен в табл. 2.

Самыми крупными являются роды *Lathyrus*, *Trifolium*, *Potamogeton*, объединя-

Систематическая структура и основные пропорции флоры Синицинского бора
The systematic structure and the basic proportions of the flora Sinitsinskogo boron

Таксоны	Число видов		Число родов	Число семейств	Пропорции флоры (семейство:род:вид)
	абсолютное	% от общего числа			
<i>Chlorophyta</i>	1	0,5	1	1	1:1:1
<i>Charophyta</i>	1	0,5	1	1	1:1:1
<i>Bryophyta</i>	5	2,5	5	5	1:1:1
<i>Lycopodiophyta</i>	3	1,5	2	1	1:2:3
<i>Equisetophyta</i>	3	1,5	1	1	1:1:3
<i>Polypodiophyta</i>	5	2,5	4	3	1:1,3:1,7
<i>Pinophyta</i>	1	0,5	1	1	1:1:1
<i>Magnoliophyta</i>	180	90,0	136	54	1:2,5:3,3
В том числе:					
<i>Magnoliopsida</i>	150	83	112	42	1:2,7:3,6
<i>Liliopsida</i>	30	17	24	12	1:2,0:2,5
<i>Всего</i>	199	100	151	67	1:2,3:3,0

Спектр ведущих семейств флоры Синицинского бора
The spectrum of the leading families of flora Sinitsinskogo boron

Семейство	Число видов		Ранг
	абсолютное	% от общего числа видов	
<i>Fabaceae</i>	18	9	1–2
<i>Rosaceae</i>	18	9	1–2
<i>Asteraceae</i>	16	8	3
<i>Caryophyllaceae</i>	11	6	4
<i>Lamiaceae</i>	9	5	5–6
<i>Poaceae</i>	9	5	5–6
<i>Brassicaceae</i>	8	4,5	7
<i>Apiaceae</i>	7	4	8
<i>Ranunculaceae</i>	6	3,5	9
<i>Boraginaceae</i>	5	3	10–11
<i>Scrophulariaceae</i>	5	3	10–11
<i>Итого</i>	112	60	

ющие около по 4 вида каждый. Второе место по числу видов занимают роды *Equisetum*, *Artemisia*, *Campanula*, *Stellaria*, *Astragalus*, *Geranium*, *Ranunculus*, *Potentilla*, *Veronica*, объединяющие по 3 вида каждый. По 2 вида объединяют роды *Lycopodium*, *Dryopteris*, *Dianthus*, *Silene*, *Polygonatum*, *Medicago*, *Melilotus*, *Dracocephalum*, *Lemna*, *Plantago*, *Rumex*, *Pyrola*, *Filipendula*, *Fragaria*, *Rubus*, *Rosa*, *Galium*, *Salix*, *Solanum*, *Sparganium*, *Viola*. Все выше перечисленные роды объединяют 41 % всех видов флоры. Остальные 78 % родов – одновидовые.

В ходе флористических работ для данной территории выявлены редкие, внесенные в Красную книгу Тюменской области

(2004) виды 2 категории (*Dryopteris filix-mas* (L.) Schott., *Potamogeton crispus* L. и *Polygala sibirica* L.) и 3 категории редкости (*Lilium pilosiusculum* (Freyn) Mischz., *Silene sibirica* (L.) Pers., *Polygonatum humile* Fischer ex Maxim., *Nymphaea candida* J. Presl, *Pulsatilla flavescens* (Zuccar.) Juz. и *Veronica krylovii* Schischkin).

Анализ хозяйственной значимости видов представлен в табл. 3.

Из табл. 3 видно, что во флоре памятника природы «Синицинский бор» преобладают лекарственные (54 %), кормовые (37 %) и декоративные (33 %) растения.

Биоморфологический и эколого-цено- тический составы флоры высших сосудис-

Анализ хозяйственной значимости видов флоры Синицинского бора
Analysis of the economic significance of flora Sinitsinskogo boron

Хозяйственное значение видов	Количество видов	
	Число	%
Лекарственные	89	54
Витаминоносные	12	74
Ядовитые	15	94
Декоративные	55	33
Кормовые	61	37
Медоносные	43	26
Сорные	21	13
Технические	18	11
Пищевые	34	21

Анализ биоморфологического и эколого-ценотического составов
сосудистой флоры Синицинского бора
Analysis biomorphological and environmental coenosis compositions vascular flora Sinitsinskogo boron

Жизненные формы	Количество видов	
	Число	%
По Раункиеру		
Фанерофиты	16	8
Гемикриптофиты	94	49
Криптофиты	62	32
Терофиты	14	7
Хамефиты	6	4
<i>Итого</i>	192	100
По Серебрякову		
Деревья	4	2
Кустарники	10	5
Кустарнички	2	1
Полукустарники	4	2
Полукустарнички	1	1
Многолетняя лиана	1	1
Травянистые многолетники	144	75
Одно-двулетники	4	2
Двулетники	12	6
Однолетники	10	5
<i>Итого</i>	192	100
По приуроченности к типам растительного покрова		
Луговые	86	45
Лесные	56	29
Болотные	1	1
Прибрежно-водные	23	12
Водные	11	5
Сорные	15	8
<i>Итого</i>	192	100

тых растений Синицинского бора отражены в табл. 4.

Анализ биоморфологического состава флоры показал, что в исследуемых сообществах преобладающими жизненными формами

являются гемикриптофиты – растения, почки возобновления которых находятся на уровне почвы или погружены не очень глубоко (49 % видов), и травянистые многолетники. Это растения поликарпика, многократно цветущие и

Экологический спектр флоры по основным факторам среды
Ecological range of flora on the main environmental factors

Факторы среды	Свита экогруппы	Экологические группы	Число видов	Процент от общего числа видов	
Увлажнение	ксерофиты	1. Эуксерофиты	4	2	
		2. Гипоксерофиты	6	4	
		3. Гемиксерофиты	16	10	
	мезофиты	4. Ксеромезофиты	37	22	
		5. Эумезофиты	57	34	
		6. Гидромезофиты	13	8	
	гидофиты	7. Гемигидрофиты	9	5	
		8. Гипогидрофиты	6	4	
		9. Ортогидрофиты	11	7	
		10. Гипергидрофиты	7	4	
		<i>Итого</i>	166	100	
Трофность	олиготрофиты	11. Мезоолиготрофофиты	17	10	
	мезотрофофиты	12. Мезотрофофиты	35	22	
	мегатрофофиты	13. Мезоэутрофофиты	73	45	
		14. Эутрофофиты	25	15	
Засоление	галофиты	15. Гипогалофиты	11	7	
		16. Мезогалофиты	1	1	
			<i>Итого</i>	162	100
Кислотность (pH)			17. Ацидофиты	49	30
			18. Базифиты	10	7
			19. Нейтрофиты	96	59
			20. Индифференты	7	4
			<i>Итого</i>	162	100

плодоносящие в течение жизни, доля которых в сообществах составляет 75 % от выявленных видов, согласно системе жизненных форм И.Г. Серебрякова. По приуроченности к типам растительного покрова на территории исследования преобладают луговые (45 %) и лесные (29 %) виды растений.

Экологическое своеобразие флоры территории исследования характеризуют 82 % видов, объединенных в 20 экологических групп (табл. 5).

Режим увлажнения в исследуемых сообществах 3 территориального участка Сеницинского бора характеризуют мезофиты – растения умеренно увлажненных местообитаний, на долю которых приходится 64 % видового состава флоры. На уровень трофности местообитаний указывают мегатрофофиты – растения довольно богатых почв (60 % видов). Засоленные местообитания индицируют галофиты (8 % видов). Большинство местообитаний исследуемой территории имеют нейтральную реакцию среды, так как в составе флоры преобладают нейтрофиты, на долю

которых приходится 59 % экологического состава флоры.

Подход к географическому анализу флоры Сеницинского бора основан на двух взаимосвязанных категориях: долготном (региональном) и широтном (зональном) элементах. Изучение современного географического распространения видов позволило выделить 14 долготных элементов (типов ареалов) и 5 групп (табл. 6).

Хорологический анализ показал, что «лицо» флоры Сеницинского бора определяется сочетанием видов разных типов ареалов, геоэлементов и их групп, принимающих участие в сложении природных фитоценозов. В составе флоры наиболее многочисленны бореальные виды (отнесенные нами к бореальной группе и циркумбореальному элементу голарктической группы) – всего 91 таксон (46 % списка). Среди бореальных видов численно выделяются виды евразийского и циркумбореального геоэлементов, объединяющие 46 и 27 таксона.

Положение рассматриваемой территории близ рубежей бореальной области оп-

Распределение видов флоры Синицинского бора по географическим элементам
Distribution of species of flora Sinitsinskogo boron geographical elements

Хорологическая группа, элемент	Всего видов	
	число	%
1. Полизоная группа, элементы:	23	11,5
1.1. Плюрирегиональный	20	10
1.2. Биполярный внетропический	3	1,5
2. Голарктическая группа, элементы:	35	18
2.1. Голарктический	8	4
2.2. Циркумбореальный	27	14
3. Палеарктическая группа, элементы:	38	19
3.1. Палеарктический	38	19
4. Бореальная группа, элементы	64	32
4.1. Европейский бореальный	2	1
4.2. Европейско-средиземноморский	2	1
4.3. Евразийский	46	23
4.4. Евросибирский	12	6
4.5. Сибирский бореальный	2	1
5. Степная группа, элементы:	38	19
5.1. Европейский	4	2
5.2. Евразийский	29	14,5
5.3. Азиатский	4	2
5.4. Южносибирско-казахстанский	1	0,5
6. Американский адвентивный элемент	1	0,5
Итого	199	100

ределяет обогащение флоры видами степной группы (степными и лесостепными), насчитывающей 38, или 19 % таксонов. Численно преобладают виды, объединенные в евразийский степной геоэлемент (29, или 14,5 % таксонов от состава флоры).

Второе место со степной ареалогической группой по числу видов делит палеарктическая группа (евразийская), включающая 38 видов. Ареалы таксонов данной группы охватывают большинство областей Палеарктики, обнимая северные, умеренные и субтропические территории Голарктического царства в пределах Старого Света без определенной приуроченности к одному из подцарств.

Небольшое число видов обладает наиболее обширными ареалами: 23 (11,5 %) полизонных вида, почти космополитов и 8 (4 %) таксонов голарктического геоэлемента.

Согласно системе геоэлементов Н.И. Науменко (2008), заносный вид *Acer negundo* условно выделен нами в самостоятельную ареалогическую группу, объединяющую виды, успешно акклиматизированные и повсеместно внедряющиеся в состав природных сообществ.

Спектр географических элементов флоры Синицинского бора характеризует ее как контрастную флору, сформировавшуюся в условиях взаимопроникновения двух миграционных потоков. Большое влияние на ее сложение оказала бореальная флора. В ее составе много плюрирегиональных видов, которые преимущественно связаны с гумидной бореальной областью. С другой стороны, имеется многочисленная группа видов с голактическим, евразийским и другими типами ареала, связанных с аридной областью. Следовательно, флора Синицинского бора, как и вся региональная флора, является гетерогенной.

Выводы

1. На видовое богатство флоры памятника природы регионального значения «Синицинский бор» указывает 199 вид растений из 151 рода, 67 семейство, 8 отделов.

В ходе флористических работ для данной территории выявлены редкие, внесенные в Красную книгу Тюменской области (2004) виды: *Dryopteris filix-mas*, *Potamogeton crispus*, *Polygala sibirica*, *Lilium pilosiusculum*,

Silene sibirica, *Polygonatum humile*, *Nymphaea candida*, *Pulsatilla flavescens* и *Veronica krylovii*.

2. Анализ хозяйственной значимости видов показал, что во флоре Синицинского бора преобладают лекарственные (54 %), кормовые (37 %) и декоративные (33 %) растения.

3. В исследуемых сообществах преобладающими жизненными формами являются гемикриптофиты (49 % видов) и травянистые многолетники (75 % от выявленных видов).

По приуроченности к типам растительного покрова на территории исследования преобладают луговые (45 %) и лесные (29 %) виды растений.

4. Экологическое своеобразие флоры территории исследования характеризуют 82 % видов, объединенные в 20 экологических групп. Режим увлажнения исследуемых биотопов 3 территориального участка Синицинского бора характеризуют мезофиты (64 % видов), на уровень трофности местообитаний указывают мегатрофофиты (60 % видов), засоленные местообитания индицируют галофиты (8 % видов), активную реакцию большинства местообитаний характеризуют нейтрофиты (59 % от экологического состава флоры).

5. Изучение современного географического распространения видов позволило выделить 14 долготных элементов (типов ареалов) и 5 групп. Спектр географических элементов флоры Синицинского бора характеризует ее как контрастную флору, сформировавшуюся в условиях взаимопроникновения двух миграционных потоков из гумидной бореальной и аридной области соответственно. Следовательно, флора Синицинского бора, как и вся региональная флора, является гетерогенной.

Библиографический список

1. Бродский, А.К. Биоразнообразие: учебник для студ. учреждений высш. проф. образования / А.К. Бродский. – М.: Академия, 2012. – 208 с.
2. Губанов, И.А. Иллюстрированный определитель растений Средней России / И.А. Губанов, К.В. Киселева, В.С. Новиков, В.Н. Тихомиров. В 3-х т. – М.: КМК, 2002–2004.

3. Игнатов, М.С. Флора мхов средней части Европейской России / М.С. Игнатов, Е.А. Игнатова. В 2-х т. – М: МКМ, 2003–2004.
4. Козловцева, О.С. Редкие виды в составе фитоценоза памятника природы Синицинский бор / О.С. Козловцева // Экология Южной Сибири и сопредельных территорий. – Абакан, 2005. – С. 23.
5. Козловцева, О.С. К вопросу о сохранении биоразнообразия на территории памятника природы Синицинский бор / О.С. Козловцева, Н.И. Сабаева, С.А. Шереметова // Мат. VI Междун. научно-практ. конф. «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии». – Вып. 6. – 2007. – С. 151–152.
6. Козловцева, О.С. Видовой состав высших сосудистых растений биллигеративного ландшафта на территории Синицинского бора / О.С. Козловцева // XIX Ершовские чтения: межвузовский сб. научно-методических статей. – Ишим: ИГПИ им. П.П. Ершова, 2009. – С. 192–193.
7. Козловцева, О.С. Редкие и исчезающие растения на территории памятников природы «Синицинский бор» и «Ишимские бугры»: учеб.-методическое пособие / О.С. Козловцева. – Ишим: ИГПИ им. П.П. Ершова, 2010. – 80 с.
8. Красная книга Тюменской области: Животные, растения, грибы. – Екатеринбург: Уральский ун-т, 2004. – 496 с.
9. Красноротов, И.М. Определитель растений Кемеровской области / И.М. Красноротов, Э.Д. Крапивина, М.Н. Ломоносова и др. – Новосибирск: СО РАН, 2001. – 477 с.
10. Науменко, Н.И. Флора и растительность Южного Зауралья: монография / Н.И. Науменко. – Курган: Курганский ГУ, 2008. – 512 с.
11. Паташева, А.В. Древесная флора памятника природы Синицинский бор / А.В. Паташева // VIII Ершовские чтения: тез. докл. и сообщений научной конференции. – Ишим: ИГПИ им. П.П. Ершова, 2007. – С. 32–35.
12. Прокопьев, Е.П. Экология растений (особи, виды, экогруппы, жизненные формы): учебник. – Томск: ТГУ, 2001. – 340 с.
13. Раменский, Л.Г. Экологическая оценка кормовых угодий по растительному покрову / Л.Г. Раменский, И.А. Цаценкин, О.Н. Чижиков, Н.А. Антипин. – М.: Сельскохозяйственная литература, 1956. – 472 с.
14. Рыкова, Л.В. Видовое разнообразие лекарственных растений памятника природы «Синицинский бор» / Л.В. Рыкова, Н.И. Сабаева // Студенты вузов – школе и производству: международный сб. студенческих науч. ст. отв. ред. Л.В. Ведерникова. – Ишим: ИГПИ им. П.П. Ершова, 2011. – С. 257–258.

15. Свириденко, Б.Ф. Флора и растительность водоемов Северного Казахстана: Монография / Б.Ф. Свириденко. – Омск: ОмГПУ, 2000. – 196 с.
16. Свириденко, Б.Ф. Макроскопические водоросли Западно-Сибирской равнины: учеб. пос. по определению макроскопических водорослей / Б.Ф. Свириденко, Т.Ф. Свириденко. – Омск: Амфора, 2009. – 90 с.
17. Токарь, О.Е. Флора, растительность и фитоиндикация состояния водных экотопов реки Ишим и пойменных озер в пределах Тюменской области / О.Е. Токарь. – Ишим: ИГПИ им. П.П. Ершова, 2006. – 208 с.
18. Токарь, О.Е. Лишайники Приишимья (Тюменская область, Западная Сибирь) / О.Е. Токарь, Н.В. Пликина // Экологические проблемы Зауралья: мат. межвуз. научно-практ. конф. – Ишим: ИГПИ, 2007. – С. 166–171.
19. Токарь, О.Е. Экология видов рода кладония (*Cladonia*) и их распространение по разным биотопам юга-востока Тюменской области / О.Е. Токарь // Культура и образование как фактор развития региона: мат. между. научно-практ. конф.: в 3 ч. – Ишим: ИГПИ, 2008. – Ч. 2. – С. 176–181.
20. Токарь, О.Е. Флора Синицинского бора / О.Е. Токарь, Е.А. Экснер // Вестник ИГПИ им. П.П. Ершова. – № 1(4). Серия «Естественные науки». – 2012. – С. 65–74.
21. Экснер, Е.А. Результаты исследования флоры района учебной (полевой) практики по ботанике / Е.А. Экснер // Студенты вузов – школе и производству: международный сб. студенческих науч. ст. – Ишим: ИГПИ им. П.П. Ершова, 2011. – С. 261–262.
22. Экснер, Е.А. Состав и структура флоры района проведения учебной полевой практики по ботанике / Е.А. Экснер // Сборник тезисов докладов участников V Всероссийской конференции обучающихся «национальное достояние России». – НС «Интеграция», Государственная дума ФС РФ, Минобрнауки России, Минспорттуризм России, Роскосмос, РАЕН, РИА, РАО. – М.: Ноосфера, 2011а. – С. 236–237.
23. Экснер, Е.А. Экологическая характеристика флоры памятника природы «Синицинский бор» / Е.А. Экснер // Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: тезисы докладов II Международной конференции. – Тюмень: ТГУ, 2011б. – С. 58–60.
24. Флора Сибири / Новосибирск: – Наука, 1988–2003. ТТ. 1–14. в программе WinDjView-0.4.3.exe.

NATURAL MONUMENT SINITSINSKY BOR FLORA COMPOSITION PECULIARITIES

Tokar O.E., assistant professor. ecology, geography and teaching methods «Ishim State Pedagogical Institute. P.P. Ershov», PhD. biol. Science; **Exner E.A.**, a student of the Faculty of Biology and Geography «Ishim State Pedagogical Institute. P.P. Yershov»

tokarishim@yandex.ru, eksner2@rambler.ru

Ishim State Pedagogical Institute. P.P. Yershov, 627750, Tyumen region., Ishim, st. Lenina. 1

This article summarizes the results of field researches of 2006–2012, performed on the territory of natural monument, obtained during a two-week training (field) practice in botany with students of pedagogical and biological-geographical faculty of YershovIshimski State Pedagogical Institute on the basis of sports and health camp Burevestnik. The aim of this research was study of the nature monument Sinitsinsky Bor flora. The objectives were: to study the taxonomic, ecological, biomorphological, ecological-coenotic and homological of various habitats communities flora compositions; to conduct taxonomic and typological analyses of flora; to find out threatened species of plants. Field matter was collected during reconnaissance route study of pine forest flora, meadows of Ishim river valley, ruderal species habitats, coastal-aquatic and aquatic flora of false river Malaya. The routes passed within 3 territorial area of natural monument of regional significance Sinitsinsky Bor, had northern, north-western, western, eastern and south-eastern directions from the Burevestnik camp. Plants herbarization was performed during routing research. Floristic description was done simultaneously with collection of herbarium material. 3 territorial area of natural monument of regional significance Sinitsinsky Bor contemporary flora condition is described: repertoires of taxonomic, biomorphological, ecological-coenotic, ecological and chorological analyses are given; results of Sinitsinsky Bor flora study are discussed. Flora of Sinitsinsky Bor as well as all regional flora is heterogeneous. The basis of flora is formed by the representatives of Magnoliophyta (149 or 90% of the species). Repertoires of biomorph, ecological-coenotic groups and ecomorphare characterized by biotopes of Sinitsinsky Bor as habitats with a moderate capacity level.

Key words: flora, natural monument.

References

1. Brodskiy A.K. *Bioraznoobrazie: uchebnik dlya stud. uchrezhdeniy vyssh. prof. obrazovaniya* [Biodiversity: a textbook for students of institutions of higher professional education]. Moscow, Akademiya, 2012. 208 p.
2. Gubanov I.A., Kiseleva K.V., Novikov B.C., Tikhomirov V.N. *Illyustrirovannyy opredelitel' rasteniy Sredney Rossii* [Illustrated keys to plants of Average Russia]. V 3-h tomah. Moscow, KMK, 2002–2004.
3. Ignatov, M.S., Ignatova E.A. *Flora mkhov sredney chasti Evropeyskoy Rossii* [Flora of mosses middle part of European Russia]. V 2-h tomah. Moscow, MKM, 2003–2004.
4. Kozlovceva O.S. *Redkie vidy v sostave fitotsenoza pamyatnika prirody Sinitsinskiy bor*. [Rare species of phytocenosis nature monument Sinitsinskiy Bor. Ecology of southern Siberia and adjacent territories]. *Ekologiya Yuzhnoy Sibiri i sopredel'nykh territoriy*. Abakan, 2005. 23 p.

5. Kozlovceva O.S., Sabaeva N.I., Sheremetova S.A. *K voprosu o sokhranenii bioraznoobraziya na territorii pamyatnika prirody Sinitsinskiy bor*. [To the question of the preservation of biodiversity on the territory of the nature monument Sinitsinskiy Bor. Proceedings of the VI International scientific-practical conference «Problems of botany in South Siberia and Mongolia»]. Mat. VI Mezhdun. nauchno-prakt. konf. «Problemy botaniki Yuzhnoy Sibiri i Mongolii». V. 6. 2007. pp. 151–152.
6. Kozlovceva O.S. *Vidovoy sostav vysshikh sosudistyykh rasteniy billigerativnogo landshafta na territorii Sinitsinskogo bora* [The species composition of higher vascular plants belligerence landscape on the territory Sinelnikovo Bora. XIX Ershovskoe read: interuniversity collection of scientific articles]. XIX Ershovskie chteniya: mezhvuzovskiy sb. nauchno-metodicheskikh statey. Ishim: Ishim state pedagogical Institute. P.P. Ershova, 2009. pp. 192–193.
7. Kozlovceva O.S. *Redkie i ischezayushchie rasteniya na territorii pamyatnikov prirody «Sinitsinskiy bor» i «Ishimskie bugry»* [Rare and disappearing plants on the territory of the nature monuments «Sinitsinskiy Bor» and «Ishim Bugry»: educational-methodical manual]. Ishim: Ishim state pedagogical Institute. P. P. Ershova, 2010. 80 p.
8. *Krasnaya kniga Tyumenskoy oblasti: Zhivotnye, rasteniya, griby*. [Red data book of the Tyumen oblast: Animals, plants, mushrooms]. Ekaterinburg: Ural University, 2004. 496 p.
9. Krasnoborov I.M., Krapivina Je.D., Lomonosova M.N. i dr. *Opredelitel' rasteniy Kemerovskoy oblasti* [Keys to plants of the Kemerovo region]. Novosibirsk. Siberian branch RAS, 2001. 477 p.
10. Naumenko, N.I. *Flora i rastitel'nost' Yuzhnogo Zaural'ya: monografiya* [Flora and vegetation of the southern TRANS-Urals: monograph]. Kurgan: Kurgan state University, 2008. 512 p.
11. Patasheva A.V. *Drevesnaya flora pamyatnika prirody Sinitsinskiy bor*. [Woody flora of the nature monument Sinitsinskiy Bor]. VIII Ershovskie chteniya: tez. dokl. i soobshcheniy nauchnoy konferentsii. Ishim: Ishim state pedagogical Institute. P. P. Ershova, 2007. pp. 32–35.
12. Prokop'ev E.P. *Ekologiya rasteniy (osobi, vidy, ekogruppy, zhiznennyye formy)* [Plant ecology (individuals, species, environmental teams, life form) a textbook for biological departments of universities]. Tomsk: Tomsk state University, 2001. 340 p.
13. Ramenskiy L.G., Tsatsenkin I.A., Chizhikov O.N., Antipin N.A. *Ekologicheskaya otsenka kormovykh ugodiy po rastitel'nomu pokrovu* [Environmental assessment feeding areas for vegetation cover]. Moscow, Sel'skokhozyaystvennaya literatura [Agricultural literature], 1956. 472 p.
14. Rykova L.V., Sabaeva N.I. *Vidovoe raznoobrazie lekarstvennykh rasteniy pamyatnika prirody «Sinitsinskiy bor»* [Species diversity of medicinal plants of the monument of nature «Sinitsinskiy Bor»] Studenty vuzov – shkole i proizvodstvu: mezhdunarodnyy sb. studencheskikh nauch. st. otv. red. L.V. Vedernikova. Ishim: Ishim state pedagogical Institute. P. P. Ershova, 2011. pp. 257–258.
15. Sviridenko B.F. *Flora i rastitel'nost' vodoemov Severnogo Kazakhstana: Monografiya* [Flora and vegetation of the water bodies of the Northern Kazakhstan: Monograph]. Omsk: Omsk state pedagogical University, 2000. 196 p.
16. Sviridenko B.F., Sviridenko T.F. *Makroskopicheskie vodorosli Zapadno-Sibirskoy ravniny: ucheb. pos. po opredeleniyu makroskopicheskikh vodorosley* [Macroscopic algae of the West Siberian plain: a manual on determination of macroscopic algae]. Omsk: Amfora, 2009. 90 p.
17. Tokar' O.E. *Flora, rastitel'nost' i fitoindikatsiya sostoyaniya vodnykh ekotopov reki Ishim i poymennykh ozer v predelakh Tyumenskoy oblasti* [Flora, vegetation and phytoindication state of water ecotopes of the Ishim river and floodplain lakes within the Tyumen region]. Ishim: Ishim state pedagogical Institute. P. P. Ershova, 2006. 208 p.
18. Tokar' O.E., Plikina N.V. *Lishayniki Priishim'ya (Tyumenskaya oblast', Zapadnaya Sibir')* [Lichens priishimje (Tyumen region, Western Siberia). Ecological problems of TRANS-Ural region: materials of interuniversity scientific-practical conference under the editorship of A. Yu. Levyh]. Ekologicheskie problemy Zaural'ya: mat. mezhvuz. nauchno-prakt. konf. Ishim: Ishim state pedagogical Institute. P. P. Ershova, 2007. pp. 166–171.
19. Tokar' O.E. *Ekologiya vidov roda kladoniya (Cladonia) i ikh rasprostranenie po raznym biotopam yuga-vostoka Tyumenskoy oblasti* [Ecology of the species and Cladonia (Cladonia) and their distribution in different habitats of the South-East of Tyumen region]. Kul'tura i obrazovanie kak faktor razvitiya regiona: mat. mezhd. nauchno-prakt. konf.: v 3 ch. Ishim: Ishim state pedagogical Institute. P. P. Ershova, 2008. part. 2. pp. 176–181.
20. Tokar' O.E., Eksner E.A. *Flora Sinitsinskogo bora* [Flora Sinelnikovo Bora]. Bulletin of the Ishim state pedagogical University. P.P. Yershov. № 1(4). Series «Natural Sciences», 2012. pp. 65–74.
21. Eksner E.A. *Rezul'taty issledovaniya flory rayona uchebnoy (polevoy) praktiki po botanike*. [The results of the study of the flora of the area of training (field) practice in botany. Students of higher school and production: international collection of student nauch articles. Editor L.V. Vedernikova]. Studenty vuzov – shkole i proizvodstvu: mezhdunarodnyy sb. studencheskikh nauch. st. Ishim: Ishim state pedagogical Institute. P. P. Ershova, 2011. pp. 261–262.
22. Eksner E.A. *Sostav i struktura flory rayona provedeniya uchebnoy polevoy praktiki po botanike* [The composition and structure of flora of the area for the educational field practice in botany. The collection of theses of reports of participants of the fifth all-Russian conference for students «national property of Russia»]. Sbornik tezisov dokladov uchastnikov V Vserossiyskoy konferentsii obuchayushchikhsya «natsional'noe dostoyanie Rossii». M., Publishing house of the scientific literature «Noosfera», 2011a. pp. 236–237.
23. Eksner E.A. *Ekologicheskaya kharakteristika flory pamyatnika prirody «Sinitsinskiy bor»*. [Ecological characteristic flora of the monument of nature «Sinitsinskiy Bor». Environment and natural resources management: proceedings of the II International conference]. Okruzhayushchaya sreda i menedzhment prirodnykh resursov: tezisy dokladov II Mezhdunarodnoy konferentsii. Tyumen', Tyumen' state University, 2011b. pp. 58–60.
24. *Flora Sibiri* [Elektronnyy resurs] [Flora of Siberia (electronic resource)]. Novosibirsk: Nauka, 1988–2003. vv. 1–14. v programme WinDjView-0.4.3.exe.

ИНДИКАЦИЯ СОСТОЯНИЯ ОСИНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ РЕКРЕАЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ ДЕНДРОХРОНОЛОГИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Е.С. УТКИНА, асп. каф. лесоустройства и охраны леса МГУЛ

dendro@mgul.ac.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Одним из основных способов целевого выращивания и формирования устойчивых рекреационных лесов являются выборочные рубки. Их цель состоит в улучшении эстетических, санитарно-гигиенических и защитных функций леса путем формирования устойчивых к неблагоприятным факторам окружающей среды и рекреационным нагрузкам насаждений, при разнообразном сочетании в них древесных пород. В лесах этих категорий выборочными рубками формируются участки леса различной степени благоустроенности. В процессе рубок осуществляется уход за составом насаждений, качеством деревьев и пространственным размещением их по площади. В рекреационных лесах, испытывающих высокие антропогенные нагрузки, выборочные рубки должны проводиться по специальным проектам с учетом характерных особенностей условий их местопроизрастания. В зависимости от исходного состояния исследуемых и формируемых осиновых насаждений, выборочные рубки должны иметь определенную целевую направленность. При этом оценочные характеристики и лесоводственные показатели выборочных рубок меняются в широких пределах в связи с различной возрастной структурой оцениваемых насаждений. Учитывая, что в лесах рекреационного назначения, где согласно Лесному законодательству могут проводиться только выборочные рубки, основной их задачей является формирование долговечных и устойчивых насаждений. Пользование же древесиной в рекреационных лесах является сопутствующим лесохозяйственным мероприятием. В лесах рекреационного назначения весь комплекс лесохозяйственных мероприятий должен быть направлен на то, чтобы в насаждениях накапливалось максимальное количество общей и активной зеленой биомассы. Установлено, что целевые параметры формируемых осиновых насаждений должны устанавливаться с учетом их оптимальной структуры и функционального назначения для конкретных объектов. Указывается на необходимость использования современных методов дендрохронологического анализа для диагностики фауны отдельных деревьев и насаждений.

Ключевые слова: состояние, оценка, дендрохронология.

Одним из основных способов целевого выращивания и формирования устойчивых рекреационных лесов являются выборочные рубки. Их цель состоит в улучшении эстетических, санитарно-гигиенических и защитных функций леса путем формирования устойчивых к неблагоприятным факторам окружающей среды и рекреационным нагрузкам насаждений, при разнообразном сочетании в них древесных пород. В лесах этих категорий выборочными рубками формируются участки леса различной степени благоустроенности. В процессе рубок осуществляется уход за составом насаждений, качеством деревьев и пространственным размещением их по площади. В рекреационных лесах, испытывающих высокие антропогенные нагрузки, выборочные рубки должны проводиться по специальным проектам с учетом характерных особенностей условий их местопроизрастания.

В зависимости от исходного состояния исследуемых и формируемых осиновых насаждений выборочные рубки должны иметь определенную целевую направленность [2,4].

При этом оценочные характеристики и лесоводственные показатели выборочных рубок меняются в широких пределах в связи с различной возрастной структурой оцениваемых насаждений [5]. Учитывая, что в лесах рекреационного назначения, где согласно Лесному законодательству [1] могут проводиться только выборочные рубки, основной их задачей является формирование долговечных и устойчивых насаждений. Пользование же древесиной в рекреационных лесах является сопутствующим лесохозяйственным мероприятием. В лесах рекреационного назначения весь комплекс лесохозяйственных мероприятий должен быть направлен на то, чтобы в насаждениях накапливалось максимальное количество общей и активной зеленой биомассы. Количество биомассы будет зависеть от числа деревьев на единице площади (густоты). Оптимальное число деревьев на единице площади должно быть таким, чтобы под пологом насаждения сохранялась лесная среда, присущая данному составу осинового древостоя и лесорастительным условиям. Это определяет основную задачу выборочных рубок в рекреационных лесах

– регулирование их возрастной структуры и состава. В конечном итоге выборочные рубки должны обеспечить произрастание жизнестойчивых, здоровых насаждений с наилучшей формой стволов и высокими декоративными свойствами, создающих ландшафты высокой эстетической ценности [2,3]. Одной из основных лесообразующих пород рекреационного назначения является осина. Изучение особенностей структуры, формирования и состояния осиновых насаждений проводилось в Дедовском, Красногорском и Юго-Восточном лесхозах и лесничествах Московской области, относящимся к лесам рекреационного назначения.

Методика сбора экспериментального материала на постоянных рабочих и контрольных пробных площадях предусматривала обязательную предварительную оценку лесоводственных и таксационных показателей изучаемых осиновых насаждений с различной степенью фауности дендрохронологическими методами. Определялась принадлежность осиновых насаждений к соответствующим естественным рядам роста и развития, типам леса и целевым задачам их формирования. Сбор и анализ экспериментального материала проводился в соответствии с принятыми методическими положениями [6,7]. Пробные площади закладывались для проверки существующих и используемых при лесохозяйственных мероприятиях оценочных нормативов [7,10] и апробации результатов авторских исследований. Дальнейший сравнительный анализ достоверности наличия и степени фауности исследуемых осиновых насаждений методом дендрохронологической оценки позволяет определить состояние их устойчивости. Результатами проведенных исследований на территории изучаемого региона установлено, что особенности проведения лесосучетных и лесохозяйственных работ по формированию осиновых лесов рекреационного назначения должны определяться следующими факторами:

– конкретными задачами формирования целевых осиновых насаждений в функциональных зонах с различной степенью рекреационных нагрузок;

– современным состоянием формируемых лесов с учетом их ресурсных и функциональных возможностей;

– требованиями к качеству формируемых экосистем различного функционального назначения;

– целевыми задачами проведения каждого лесохозяйственного мероприятия и общей эффективностью выполняемых работ;

– очередностью и интенсивностью проводимых выборочных рубок с учетом лесовосстановительных, лесозащитных и других мероприятий.

Основными требованиями, предъявляемыми к проведению лесохозяйственных мероприятий по формированию осиновых насаждений рекреационного назначения, должны являться:

– сбор и анализ данных о естественной динамике изучаемых осиновых насаждений рекреационного назначения и характера их изменения под воздействием проводимых лесохозяйственных мероприятий с учетом интенсивности антропогенного воздействия;

– определение характера и степени хозяйственного регулирования лесных экосистем с учетом естественной динамики и возможностью максимального сохранения их динамического состояния;

– использование методов хозяйственного регулирования исследуемых лесных систем, мало отличающихся от естественных процессов их развития и способствующих их самосохранению.

Результаты проведенных исследований говорят о необходимости детализации и дополнения указанных требований с целью их ориентации на конкретные осиновые насаждения, подлежащие реконструкции и целевому формированию. Важнейшим условием решения данной задачи является разработка конкретных методик по формированию осиновых насаждений рекреационного назначения. Установлено, что предварительная оценка включаемых в исследование по формированию осиновых насаждений рекреационного назначения должна проводиться на базе региональных или вновь создаваемых лесотаксационных показателей, учитывающих конкретные условия их местопроизрастания. Постоянные экспериментальные и контрольные пробные площади необходимо закладывать в типичных

коренных и производных типах леса с учетом многообразия лесоводственно-таксационных характеристик исследуемых осинового насаждений. Результаты исследований говорят о целесообразности формирования как чистых, так и смешанных осинового насаждений в зависимости от их возрастной структуры и санитарного состояния [8,9]. Установлено, что индикация состояния осинового насаждений рекреационного назначения в различные возрастные периоды их роста и формирования должна проводиться с использованием современных и перспективных методов дендрохронологического анализа, позволяющего проводить оперативную диагностику фауности не только отдельных деревьев, но и насаждений. Весь комплекс планируемых и проводимых лесохозяйственных мероприятий должен быть направлен на сохранение природной лесной среды и биологической устойчивости формируемых осинового насаждений рекреационного назначения [5].

Анализ существующих путей формирования осинового древостоев с использованием дендрохронологических методов диагностики свидетельствует о необходимости установления принципиальных основ рекреационного лесопользования, отражающих особенности организации, ведения и проектирования лесохозяйственных мероприятий для различных категорий лесов рекреационного назначения и их функциональных зон.

Целевые параметры осинового насаждений должны устанавливаться с учетом дендрохронологической корректировки их оптимальной структуры и функционального назначения для конкретных объектов, позволяющих гарантировать максимальную устойчивость и сохранность осинников. Задачи и

пути формирования осинового насаждений рекреационного назначения требуют дальнейшей детальной проработки в научном, методическом и производственном плане.

Обязательным условием проведения всех лесохозяйственных мероприятий, направленных на формирование осинового насаждений рекреационного назначения, является максимальное сохранение существующего биологического разнообразия реконструируемых природных систем, повышение их устойчивости к техногенным факторам окружающей среды и антропогенному воздействию.

Библиографический список

1. Лесной кодекс Российской Федерации. – 7-е изд. – М.: Ось-89, 2007. – 80 с.
2. Наставление по рубкам ухода в равнинных лесах европейской части России. – М.: Рослесхоз, 1994. – 189 с.
3. ОСТ 56-100-95. Методы и единицы измерения рекреационных нагрузок на лесные природные комплексы. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 56 с.
4. Иванов, Г.С. Отбор деревьев при рубках ухода / Г.С. Иванов. – Кишинев, 1952. – 24 с.
5. Курлович, Л.Е. Основные принципы ведения хозяйства в городских и пригородных лесах за рубежом / Л.Е. Курлович, Е.Г. Пронина. – М.: ВНИИЦ-лесресурс, 1999. – № 5–6. – С. 1–17.
6. Моисеев, В.С. Строительство и реконструкция лесопарковых зон / В.С. Моисеев, Л.Н. Яновский, В.А. Максимов. – Л.: Стройиздат, 1990. – 288 с.
7. ОСТ 56-84-85. Использование лесов в рекреационных целях. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 32 с.
8. Рекомендации по закладке и обработке пробных площадей на рубки ухода. – М.: ГК СССР по лесному хозяйству, 1982. – 29 с.
9. Стороженко, В.Г. Грибные болезни в рекреационных лесах / В.Г. Стороженко // Лесное хозяйство. – 1987. – № 3. – С. 63–65.
10. Тимофеев, В.П. Рубки ухода / В.П. Тимофеев, Н.П. Георгиевский. – М.: Гослестехиздат, 1938. – 75 с.

INDICATION OF ASPEN FOREST STANDS CONDITION OF RECREATIONAL PURPOSE BY DENDROCHRONOLOGICAL METHODS

Ytkina E.S., graduate student of forest management and forest protection MSFU

dendro@mgul.ac.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischki, Moscow reg., Russia

One of the main ways of targeted growing and formation of sustainable recreational forests is selective felling. Their aim is to improve the aesthetic, hygienic and protective functions of forests by forming resistant to environmental adverse factors and recreational impact of forest stands with a combination of various wood species in them. In the forests of these categories forest areas of different degree of comfort are formed by selective felling. In the process of felling caring for the plantations composition, trees quality and their spatial location on the area. In recreational forests experiencing high man-caused impacts selective cutting should be carried out with respect to special projects with due account for special feature of their habitat. Depending on the initial conditions of the researched and generated aspen stands, selective felling should have a definite target orientation. At this evalua-

tion characteristics and silvicultural indicators of selective felling vary widely due to the different age structure of the evaluated areas. Taking into consideration that in recreational forests, where according to the Forest legislation only selective fellings can be performed here, their main task is the formation of durable and sustainable plantations. Usage of wood in recreational forests is related forestry action. In the forests of recreational purpose the whole set of forest management activities should be directed to the accumulating the maximum quantity of total and active green biomass by the plants. It is found out that the target parameters of forming aspen stands should be determined with regard to their optimal structure and purpose of use for specific objects. Necessity of modern methods usage of dendrochronological analysis for the diagnosis of individual trees and stands defectiveness.

Key words: condition, estimation, dendrochronology.

References

1. *Lesnoy kodeks Rossiyskoy Federatsii*. 7-e izd. [Forest code of the Russian Federation] Moscow, Os'-89, 2007. 80 p.
2. *Nastavlenie po rubkam ukhoda v ravninnykh lesakh evropeyskoy chasti Rossii* [The instructions on thinning operations in plain forests of European part of Russia]. Moscow, Rosleskhoz (Federal forestry agency). 1994. 189 p.
3. *OST 56-100-95. Metody i edinitsy izmereniya rekreatsionnykh nagruzok na lesnye prirodnye komplekсы* [Methods and units of recreational pressure on forest natural complexes]. Moscow, Izd-vo standartov (Standards publishing house), 1995. 56 p.
4. Ivanov G.S. *Otbor derev'ev pri rubkakh ukhoda* [The selection of trees during thinning operations]. Kishinev, 1952. 24 p.
5. Kurlovich L.E., Pronina E.G. *Osnovnye printsipy vedeniya khozyaystva v gorodskikh i prigorodnykh lesakh za rubezhom* [The main principles of management in urban and suburban forests abroad]. M., VNIIClesresurs (All-Russian scientific-research center of forest resources), 1999. № 5-6. p.1-17.
6. Moiseev V.S., Yanovskiy L.N., Maksimov V.A. *Stroitel'stvo i rekonstruktsiya lesoparkovykh zon* [Construction and reconstruction of Park zones]. L., Stroyizdat (L., Construction edition), 1990. 288 p.
7. *OST 56-84-85. Ispol'zovanie lesov v rekreatsionnykh tselyakh. Terminy i opredeleniya* [The use of forests for recreational purposes. Terms and definitions]. Moscow, Standards publishing house, 1985. 32 p.
8. *Rekomendatsii po zakladke i obrabotke probnykh ploshchadey na rubki ukhoda* [Rekomendatsii tab and processing plots for forest care]. Moscow, The USSR state Committee on forestry, 1982. 29 p.
9. Storozhenko V.G. *Gribnye bolezni v rekreatsionnykh lesakh* [Fungal diseases of recreational forests]. Lesnoe khozyaystvo (Forestry). 1987. № 3. pp.63-65.
10. Timofeev V.P., Georgievskiy N.P. *Rubki ukhoda* [Thinning]. Moscow, Goslestehizdat, 1938. 75 p.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДРЕВЕСИНЫ МЕТОДОМ СВЕРЛЕНИЯ

Д.К. ЧАХОВ, доц. каф. технологии д/о и деревянных конструкций СВФУ, канд. техн. наук,
И.А. ДОКТОРОВ, доц. каф. технологии д/о и деревянных конструкций СВФУ, канд. техн. наук,
М.Ф. ЛАВРОВ, ст. преподаватель каф. технологии д/о и деревянных конструкций СВФУ

tdodk@mail.ru

Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова
Россия, Республика Саха (Якутия), 677000, г.Якутск, ул.Белинского, д. 58

Древесина как объект технологической переработки и конструкционный материал отличается от прочих материалов, используемых в промышленности и строительстве, высокой изменчивостью своих свойств. Учет этого фактора является определяющим для решения комплекса задач, направленных на повышение эффективности переработки и использования древесины. Решение этих задач предусматривает следующие виды работ: сбор научного и практического материала по обработке и использованию древесины; анализ региональных особенностей анатомического строения и свойств основных лесообразующих пород, влияющих на обработку, эксплуатацию и возможности ее применения; проведение экспериментальных исследований с целью уточнения физико-механических характеристик древесины хвойных пород; составление рекомендаций по использованию результатов исследований. Вопросами влияния условий произрастания на свойства древесины занимались отечественные ученые А.А. Солнцев, И.С. Мелехов, В.Е. Вихров и А.К. Лобасенко. Например, в работе И.С. Мелехова приводятся данные о связи свойств древесины с условиями произрастания. В статье рассмотрены метод оценки качественных показателей древесины лиственница даурской, произрастающей в Якутии. Представлены данные условной плотности в единицах RESI полученных при помощи научного оборудования RESISTOGRAPH – 4453S (Rinntech). Исследования показали, значения условной плотности и данные о структуре древесины полученные методом сверления на научном оборудовании РЕЗИСТОГРАФ, может быть использованы для характеристики физико-механических свойств и качественных показателей в целом. Основные ограничения при определении содержания поздней древесины является параметр сверла L6. Для регистрации изменений при переходе с ранней древесины на позднюю, минимальная толщина должна составлять не менее линейного размера L6, в данном случае 0,18 мм.

Ключевые слова: лиственница даурская, RESISTOGRAPH, RESI, качественные показатели, плотность, макроструктура строения древесины, поздняя древесина, ранняя древесина, ширина годичных колец

Древесина как объект технологической переработки и конструкционный материал отличается от прочих материалов, используемых в промышленности и строитель-

стве, высокой изменчивостью свойств. Учет этого фактора является определяющим для решения комплекса задач, направленных на повышение эффективности переработки и

Показатели прочностных характеристик древесины лиственницы при влажности 12 %
Indicators of the strength characteristics of larch wood with a moisture content of 12 %

Район произрастания	Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа	
		при сжатии вдоль волокон	при статическом изгибе
Приморский и Хабаровский край	650	57,3	106,2
Западная Сибирь	660	61,5	97,8
Восточная Сибирь	640	55,3	96,4
Якутия	632	64,4	115,5

использования древесины. Решение этих задач предусматривает следующие виды работ: сбор научного и практического материала по обработке и использованию древесины; анализ региональных особенностей анатомического строения и свойств основных лесобразующих пород, влияющих на обработку, эксплуатацию и возможности ее применения; проведение экспериментальных исследований с целью уточнения физико-механических характеристик древесины хвойных пород; составление рекомендаций по использованию результатов исследований.

Вопросами влияния условий произрастания на свойства древесины занимались отечественные ученые А.А. Солнцев, И.С. Мелехов, В.Е. Вихров и А.К. Лобасенко. Например, в работе И.С. Мелехова [1] приводятся данные о связи свойств древесины с условиями произрастания. В частности, отмечается, что влияние типов леса на физико-механические свойства древесины проявляется в изменении строения, прироста, в образовании крени, суковатости и т.д. Это, в свою очередь, сказывается на запасах древесины для производства пиломатериалов различного назначения – авиационной, резонансной, фанерной, пиловочной и балансовой. Указано также, что физико-механические свойства древесины могут резко отличаться даже в одноименных типах лесов, если они располагаются в разных климатических условиях.

В исследованиях В.Е. Вихрова [2] подчеркивается, что достоверные и практически важные различия в свойствах древесины обнаруживаются у хвойных пород лишь при сравнении крайних типов леса, по ряду признаков значительно отличающихся друг от друга.

В табл. 1 приведены сравнительные характеристики древесины лиственницы центральных районов РФ и древесины лиственницы даурской, произрастающей в Якутии, полученные по результатам испытаний, проведенных в лаборатории кафедры ТДОиДК. Можно отметить некоторые различия физико-механических свойств древесины лиственницы в зависимости от условий произрастания. Древесина лиственницы даурской, произрастающей в Якутии, обладает наименьшими показателями по плотности.

Исследователями отмечено, что плотность древесины является надежным показателем ее прочности и может использоваться для оценки вероятных пределов прочности чистой древесины при изгибе, сжатии и скалывании вдоль волокон [1, 3–5].

При сравнении механических показателей нами были выявлены более высокие показатели прочностных свойств лиственницы даурской, произрастающей в Якутии по сравнению с другими районами произрастания, что также было отмечено в работе В.Е. Москалевой [9] для лиственницы даурской, произрастающей в различных районах Якутии.

В связи с этим нами рассмотрено влияние таких факторов, как плотность, особенности макроструктуры древесины на прочностные показатели «чистой» древесины. В качестве исследуемого показателя рассматривается прочность древесины лиственницы даурской на сжатие вдоль волокон. В качестве исходных данных были взяты результаты исследований прочностных и других физико-механических показателей образцов свежесрубленной древесины лиственницы даурской Ленского района произрастания РС(Я), представленные Центральными электричес-

кими сетями ОАО «Якутскэнерго» для обследования опор ЛЭП и линий связи.

Была исследована зависимость прочности древесины лиственницы даурской на сжатие вдоль волокон, во внимание приняты три фактора в следующих диапазонах варьирования: $0,833 \text{ мм} \leq x_1 \leq 2,5 \text{ мм}$ – ширина годовичных слоев, $13 \% \leq x_2 \leq 22 \%$ – процентное содержание поздней древесины в годовичном слое и $437,5 \text{ кг/м}^3 \leq x_3 \leq 556,4 \text{ кг/м}^3$ – плотность. Для планирования и обработки результатов эксперимента был использован экспериментальный план B_3 второго порядка [6] с полным факторным планом в ортогональной его части, содержащий 14 основных опытов с 5-кратным дублированием.

В результате обработки данных эксперимента было получено уравнение регрессии, выражающее зависимость предела прочности древесины лиственницы даурской на сжатие вдоль волокон от ширины годовичных слоев, содержания поздней древесины и плотности древесины

$$\hat{y} = 70,433 - 3,534 \cdot x_1 - 2,22 \cdot x_2 + 4,439 \cdot x_3 + 0,707 \cdot x_{11} - 0,025 \cdot x_{22} - 0,495 \cdot x_{33} - 1,102 \cdot x_1 \cdot x_2 + 1,732 \cdot x_1 \cdot x_3 - 1,951 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (1)$$

Анализ графиков (рис. 1) показал, что прочность лиственницы на сжатие вдоль волокон повышается с увеличением плотности и уменьшением содержания процента поздней древесины при толщине 1,67 мм и 2,5 мм. Это можно объяснить тем, что изменения значений плотности древесины вызваны, прежде всего, содержанием и микроскопическим строением поздней древесины, когда как влияние плотности ранней древесины на прочность остается постоянным (по данным В.Г. Санаева плотность ранней древесины составляет 380 кг/м^3) [7, 8]. Таким образом, можно констатировать, что при минимальном содержании процента поздней древесины происходит увеличение предела устойчивости слоистой системы за счет более плотной структуры поздней древесины, играющей роль армирующего слоя. При минимальных значениях ширины годовичных слоев и плотности наблюдается обратная тенденция – с уменьшением процента поздней древесины прочность древесины понижается. Это, очевидно, связано с

тем, что при слишком малых значениях процентного содержания поздней древесины ее ширина оказывается настолько тонкой, что армирующий эффект снижается. На основе проведенного анализа можно заключить, что наибольшую прочность показывает древесина, которая обладает меньшим содержанием поздней древесины и обладает максимальной плотностью, при ширине годовичных слоев от 1,67 мм до 2,5 мм. Полученные результаты в целом соответствуют классическим тенденциям древесиноведения.

На основании полученных результатов можно заключить, что наиболее значимым фактором, оказывающим влияние на прочностные показатели древесины, является ее плотность, однако при этом необходимо также учитывать и особенности макростроения древесины.

В соответствии с этой гипотезой нами проводятся дальнейшие исследования влияния плотности и особенностей макростроения древесины на прочностные свойства. В качестве одного из способов оперативного получения данных авторами предлагается применение сверлильного способа на основе использования прибора РЕЗИСТОГРАФ-4453S. Данный прибор регистрирует работу, затрачиваемую при просверливании чередующихся годовичных слоев. Это позволяет определять средние показатели ширины годовичных слоев, процента поздней древесины, а также плотности древесины. Преимущество сверлильного способа в том, что этот метод применим для полевых испытаний. Нами разработана методика и проводится сравнение данных, полученных в полевых условиях, с данными испытаний стандартными методами на малых чистых образцах.

Сверлильный метод был применен в исследованиях зарубежных ученых С. Ceraldi, Brashaw, K. Brian; Vatalaro, J. Robert. и др [10,11]. Исследования подтвердили коррелируемость механических свойств древесины, эксплуатируемой в течение длительного времени, с показателями условной плотности RESI [11]. При обзоре литературы по определению свойств древесины были также найдены краткие методики обследования де-

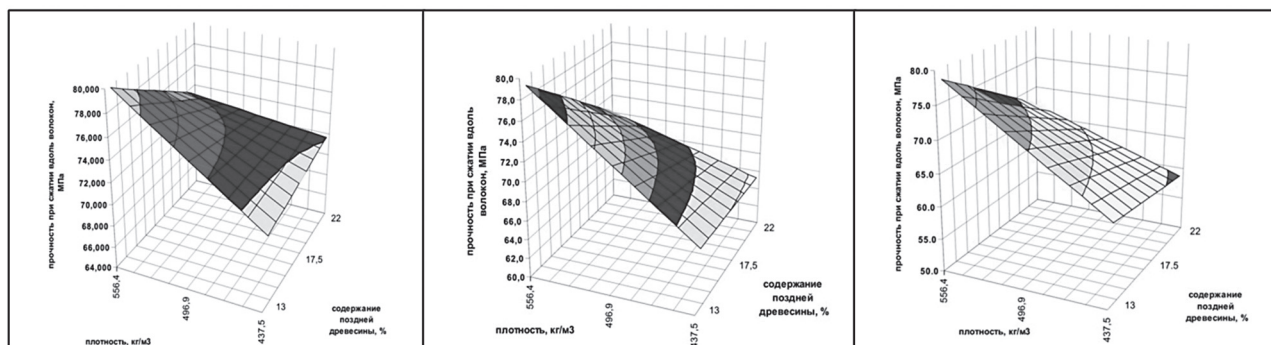


Рис. 1. Зависимость прочности древесины лиственницы даурской на сжатие вдоль волокон от содержания поздней древесины и ее плотности при значении ширины годичных слоев, равной: а) 0,83 мм; б) 1,67 мм; в) 2,50 мм

Fig. 1. Dependence of the strength of the timber Dahurian compression parallel to the grain of the content of late wood and its density at a value of the width of annual rings, equal to: а) 0.83 mm; б) 1.67 mm; в) 2.50 mm

ревянных конструкций, наиболее полно изложенные в работе Brashaw, Brian K.; Vatalaro, Robert J. и др. [10].

В процессе оценки качества растущей древесины при определении взаимосвязи плотности древесины с данными резистографа предлагается использовать показатель базисной плотности, т.к. данный показатель является наиболее простым и точным в определении, а также наиболее часто используется в технических расчетах.

Оценку влажности в момент испытаний требуется проводить только для древесины, имеющей начальную влажность на момент испытаний резистографом ниже предела гигроскопичности. Это, в первую очередь, объясняется зависимостью механических свойств от влажности древесины [3].

Для подтверждения предварительных заключений было произведено сравнение показателей плотности, полученных в полевых условиях, и лабораторными испытаниями на нормализованных до 14,5 %, 22,6 %, 28,7 % влажности малых чистых образцов. В результате получена обратная тенденция, а именно, с увеличением влажности показатели условной плотности RESI снижаются. При этом отмечается, что показатели RESI древесины при влажности 28,5 % и растущего дерева (влажность составляла в заболонной части 116–132 %, ядровой части 60–72 %) практически не изменяются. Таким образом, можно констатировать, что получение наиболее точных показателей

плотности методом сверления возможно при влажности древесины выше 30 %.

В целях определения возможностей применения метода сверления для изучения особенностей макростроения древесины был проведен анализ данных, полученных с помощью резистографа и высокоточного оборудования по считыванию годовых колец LINTAB-6. В качестве средней ширины годичных колец было принято количество годичных колец на 1 см. Результаты показали, что средняя ширина годичных колец более точно определяется на образцах с широкими годичными слоями, в то время как для древесины с узкими годичными слоями имеются некоторые сложности в определении данного параметра. Это связано с тем, что в данном случае границы перехода между годичными слоями не всегда четко регистрируются прибором. При сравнении результатов определения количества годичных колец, полученных с помощью резистографа и LINTAB-6, было выявлено относительное отклонение данных в 3–5 %, что дает возможность применения метода сверления для этих целей.

Для определения содержания поздней древесины были произведены измерения поздней и ранней древесины. Измерения проводились по резистограммам, полученным на резистографе. При этом учитывалось, что ширине одного годичного слоя соответствует расстояние между соседними нижними пиками резистограммы. Величину поздней

Размерные характеристики сверла
Dimensional characteristics of the drill

Основные статистические данные	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Ср. значения, мм	1,11	0,30	0,33	1,37	0,52	0,18	11,85

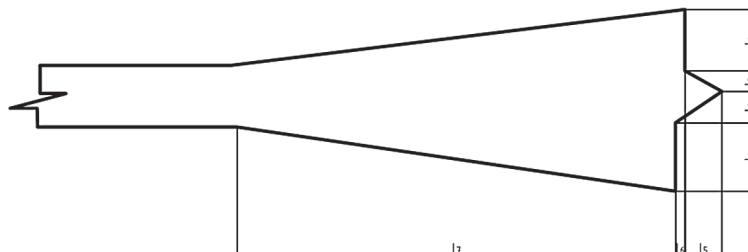


Рис. 2. Наконечник сверла резистографа
 Fig. 2 Tip Drill rezistografa

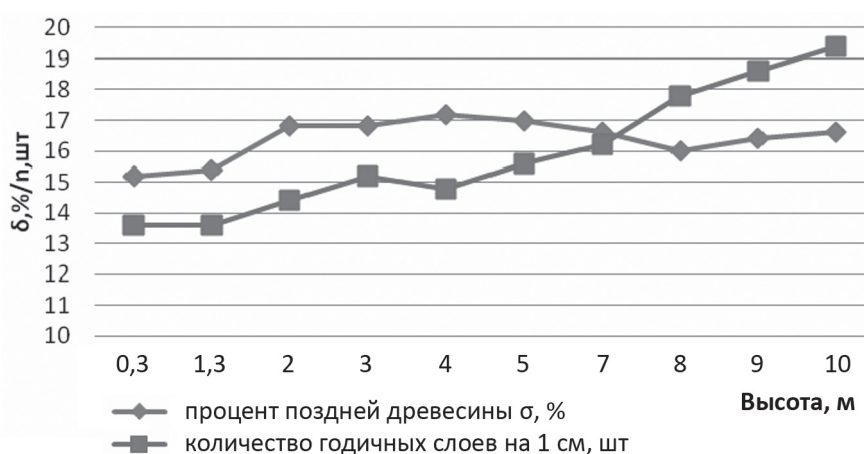


Рис. 3. График изменения процента поздней древесины и количества годичных слоев по высоте ствола
 Fig. 3. Graph percentage of late wood and the number of annual rings on the height of the trunk

древесины можно определить как расстояние от минимального пика до ближайшего максимального, ранней – от максимального пика до ближайшего минимального. По методу сверления получены более высокие значения содержания поздней древесины (42...58 %) по сравнению с данными, полученными с использованием прибора LINTAB-6 (16...24 %).

Для определения систематической ошибки, выявленной при оценке показателей макроструктуры, были измерены параметры использованных наконечников сверл (рис. 2), измеренные с помощью ЛИНТАБ-6, в количестве 4 шт., точность измерения составляла 0,01 мм, результаты приведены в табл. 2

При анализе графика и способа сверления (перерезания) анатомических элементов главным критерием систематической ошибки вывода результатов выявлен параметр L6. В

связи с этим приведена поправка к расчету количества поздней древесины, которая имеет вид

$$\delta_{п.д.} = (l_{п.д.} - L6) / l_{г.сл.}$$

При проверке и апробации полученного уравнения результаты измерения поздней древесины двумя способами показали точность и перспективу определения структуры древесины методом сверления.

Общие результаты измерений приведены на рис. 3

Анализ полученных данных показывает, что по высоте ствола изменение параметров макростроения древесины лиственницы имеет разную тенденцию: количество годичных слоев на 1 см по высоте ствола в среднем возрастает, когда как процент содержания поздней древесины практически не зависит от высоты взятия замеров.

Выводы

Исследования показали, значения условной плотности и данные о структуре древесины, полученные методом сверления на научном оборудовании РЕЗИСТОГРАФ, могут быть использованы для характеристики физико-механических свойств и качественных показателей в целом.

Основным ограничением при определении содержания поздней древесины является параметр сверла L6. Для регистрации изменений при переходе с ранней древесины на позднюю минимальная толщина должна составлять не менее линейного размера L6, в данном случае 0,18 мм.

Библиографический список

1. Мелехов, И.С. Значение типов леса и лесорастительных условий в изучении строения древесины и ее физико-механических свойств. / И.С. Мелехов // Тр. ин-та леса АН СССР. – М., 1949. – Т. IV. – С. 11–20.
2. Вихров, В.Е. Технические свойства древесины в связи с типами леса / В.Е. Вихров, А.К. Лобасенок. – Минск: Изд-во Мин-ва высшего, среднего специального и проф. образования БССР, 1963. – 1963. – 72 с.

3. Волинский, В.Н. Взаимосвязь и изменчивость показателей физико-механических свойств древесины. 2-е изд. / В.Н. Волинский. – Архангельск, АГТУ, 2006, – 196 с.
4. Полубояринов, О.И. Плотность древесины / О.И. Полубояринов. – М.: Лесная пром-сть, 1976. – 160 с.
5. Солнцев, А.А. Влияние условий произрастания на физико-механические свойства древесины сосны Сибири / А.А. Солнцев // Тр. Ин-та леса АН СССР, 1949. – С. 132–140.
6. Вихров, В.Е. Строение и физико-механические свойства ранней и поздней древесины сибирской лиственницы. / В.Е. Вихров // Труды Ин-та леса АН СССР. – Т. 4. – М.: 1949. – С. 174–194.
7. Санаев, В.Г. Физико-механические свойства элементов макроструктуры древесины / В.Г. Санаев // Строение, свойства и качество древесины. – Москва–Мытищи, 1990. – С. 171–176.
8. Москалева, В.Е. Строение клеточной оболочки древесины / В.Е. Москалева // Труды ин-та Леса и древесины СО РАН СССР, 1962. – Т. 51.
9. Brashaw, Brian K.; Vatalaro, Robert J.; Wacker, James P.; Ross, Robert J. 2005. Condition Assessment of Timber Bridges: 1. Evaluation of a Micro-Drilling Resistance Tool. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-159. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 8 p.
10. Ceraldi C, Mormone V, Ermolli ER: Resistographic inspection of ancient timber structures for the evaluation of mechanical characteristics. Materials and Structures, 2001, 34(1): 59-64

WOOD QUALITY INDICATOR DETERMINATION BY DRILLING METHOD

Chakhov D.K., Associate Professor, Department of Wood Technology and wooden structures NEFU, PhD. tehn. Sciences; **Doktorov I.A.**, Associate Professor, Department of Wood Technology and wooden structures NEFU, PhD. tehn. Sciences; **Lavrov M.F.**, senior teacher of chair of Wood Technology and wooden structures NEFU, PhD. tehn. Sciences

tdodk@mail.ru

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Professional Education «M.K. Ammosov North-Eastern Federal University», Belinskiy str, 58, suite 312, Yakutsk, Republic of Sakha (Yakutia), Russia, 677980

Wood as an object of processing and the constructional material differs from other materials used in industry and construction, by high variability of its properties. Consideration of this factor is crucial for the solving of complex tasks aimed at processing efficiency improving and wood usage. Solving of these problems involves the following activities: collection of scientific and practical matter on processing and wood usage; analysis of regional anatomical structure and main forest forming species properties, influencing over handling, operation and possibilities of its application; experimental research running for the purpose of updating of coniferous wood physical and mechanical characteristics; making recommendations on the research results usage. Russian scientists A.A. Solntsev, I.S. Melekhov, V.Ye. Vikhrov and A.K. Lobatenko studied the issues of growth conditions influence on wood properties. For example, I.S. Melekhov provides data on the dependancy of wood properties on growth conditions. Valuation method of Daurian larch (growing in Yakutia) wood quality indicator is described in the article. Conventional wood density data in units of RESI obtained using the scientific equipment RESISTOGRAPH - 4453S (Rinntech) are given. The research has shown that the conventional wood density values and data on wood structure obtained by a method of drilling with scientific equipment RESISTOGRAPH, can be used for characterization of physical and mechanical properties and quality indicators in general. The main restriction at summerwood content determination is the drill L6 parameter. For record of changes at transition from springwood to summerwood, the minimum thickness shall be not less than L6 linear dimension, in this case it is 0.18 mm.

Key words: Dahurian larch, RESISTOGRAPH, RESI, qualitative indicators, density, wood macrostructure, summerwood, springwood, rings width

References

1. Melekhov I.S. *Znachenie tipov lesa i lesorastitel'nykh usloviy v izuchenii stroeniya drevesiny i eyo fiziko-mekhanicheskikh svoystv*. [The value of forest types and forest conditions in the study of the structure of wood and its physical-mechanical properties. Text]. Proceedings of the forest Institute of the Academy of Sciences of the USSR. Moscow, 1949. V. IV. pp. 11-20.

- Vihrov V.E., Lobasenok A.K. *Tekhnicheskie svoystva drevesiny v svyazi s tipami lesa* [Technical properties of wood due to forest types]. Minsk, Publishing house of the Ministry of higher, secondary special and professional education of the Belarusian SSR, 1963. 72 p.
- Volynskiy V.N. *Vzaimosvyaz' i izmenchivost' pokazateley fiziko-mekhanicheskikh svoystv drevesiny. 2-e izd.* [The relationship and variability of physical and mechanical properties of wood]. Arhangel'sk, Arkhangelsk state technical University, 2006, 196 p.
- Poluboyarinov O. I. *Plotnost' drevesiny* [The density of wood]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' (Forest industry), 1976. 160 p.
- Solncev A.A. *Vliyaniye usloviy proizrastaniya na fiziko-mekhanicheskie svoystva drevesiny sosny Sibiri* [Influence of growth conditions on physical-mechanical properties of wood of a pine Siberia]. Proceedings of the Institute of forest of the AS USSR, 1949. pp. 132-140.
- Vihrov V.E. *Stroenie i fiziko-mekhanicheskie svoystva ranney i pozdney drevesiny sibirskoy listvennicy* [Structure and physico-mechanical properties of early and late wood of the Siberian larch]. Proceedings of the Institute of forest of the AS USSR. V. 4. Moscow, 1949. pp. 174-194.
- Sanaev V.G. *Fiziko-mekhanicheskie svoystva yelementov makrostruktury drevesiny. Stroenie, svoystva i kachestvo drevesiny* [Physical-mechanical properties of the elements of the macro-structure of wood. Structure, properties and quality of timber]. Moskva-Mytishhi, 1990. pp. 171-176.
- Moskaleva V.E. *Stroenie kletochnoy obolochki drevesiny* [The structure of the cell wall of wood]. Proceedings of the Institute of Forest and wood of the Siberian branch of the Russian Academy of Sciences of the USSR, 1962, v. 51.
- Brashaw, Brian K.; Vatalaro, Robert Y.; Wacker, Yames P.; Ross, Robert Y. 2005. Condition Assessment of Timber Bridges: 1. Evaluation of a Micro-Drilling Resistance Tool. Gen. Tech. Rep. FPL-GTR-159. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 8 p.
- Ceraldi C, Mormone V, Ermolli ER: Resistographic inspection of ancient timber structures for the evaluation of mechanical characteristics. *Materials and Structures*, 2001, 34(1): 59-64

МЕТОДЫ ПОВЫШЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ И ЖИЗНЕСТОЙКОСТИ ГОРОДСКИХ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ

О.В. ЧЕРНЫШЕНКО, проф. каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ, д-р биол. наук,
Д.Е. РУМЯНЦЕВ, доц. каф. ботаники и физиологии растений, МГУЛ, д-р биол. наук,
Е.В. САРАПКИНА, асп. каф. ботаники и физиологии растений МГУЛ

tchernychenko@mgul.ac.ru

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет леса»
141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, д. 1, МГУЛ

Рассмотрена актуальность разработки методов повышения устойчивости и жизнестойкости древесных растений в урбанизированной среде. Представлены различные методы повышения устойчивости. Подробно рассмотрены технологии микроинъекций. Представлены научно-практические исследования в дендрарии МГУЛ. Рассмотрены возможные области применения изучаемой технологии. Как свидетельствует анализ материалов сети Интернет, отечественный рынок услуг по уходу за лесными деревьями насыщен предложениями по борьбе с короедом типографом методом инъекций в ствол дерева. В том числе для этих целей используются и технологии Mauget. Хочется подчеркнуть, что подобный «крэн» обусловлен структурой спроса на отечественном (прежде всего подмосковном) рынке услуг по уходу за деревьями. Однако из этого не следует, что данное направление является наиболее эффективным способом использования технологий Mauget. Однако в тех случаях, когда речь идет о вероятной скорой неотвратимой гибели дерева, либо в качестве альтернативы, применения некоторой технологии, рамки, эффективности которой за недостатком опыта еще невозможно очертить строго, то каждый вправе выбрать тот или иной вариант действий самостоятельно. Безусловно, апробация технологий лечения с применением микроинъекций еще идет. Нельзя считать этот способ универсально наилучшим методом, одинаково хорошо подходящим для лечения всех видов заболеваний древесных растений. Его применение имеет под собой теоретические основания, но данные о практической эффективности метода (также как и о его неэффективности при конкретно заданных условиях) могут быть накоплены только опытным путем. Сейчас перед практиками, работающими в сфере ухода за зелеными насаждениями, действительно открылись широкие возможности для разработки систем терапевтического лечения древесных растений.

Ключевые слова: урбанизированная среда, древесные растения, устойчивость, жизнестойкость, методы, технологии, инъекции, микроинъекции, флоэма, ксилема

Неблагоприятные условия городской среды заметно изменяют состояние древесных растений и отражаются не только на их внешнем облике, долгодетии, сопротивляемости экстремальным факторам, но и подверженности заболеваниям и насекомым-

вредителям [1–4]. Старые деревья, являясь памятниками природы, еще встречаются в городе и насаждениях Москвы, но требуют специального дополнительного ухода. Актуальной является разработка методов повышения устойчивости и жизнестойкости древесных

растений в городе. Методы повышения устойчивости можно условно разделить на агротехнические (внесение удобрений, известкование), биологические (выбор устойчивых видов и создание сложных фитоценозов), физиолого-биохимические (внекорневое воздействие на растения с помощью микроинъекций удобрений, физиологически активных соединений) и селекционные (отбор и селекция растений).

В поисках современных методов защиты растений мы обратили внимание на технологии микроинъекций, которые привлекают многих специалистов по уходу за древесными растениями в урбанизированной среде. При этом нет достоверных данных в научной литературе по использованию таких методов.

Теоретически инъекции обеспечивают возможность для проникновения рабочих растворов в ксилему и распространение их по стволу дерева, передачу раствора в листья и затем оттуда распространение его по флоэме вместе с нисходящим током. Ксилемный сок – основной источник минеральных веществ, однако растущие листья могут получать минеральные вещества как через ксилему, так и через флоэму [5, 6]. Растущее дерево можно рассматривать как интегральную систему потребителей питательных веществ, которые конкурируют между собой за передвижение углеводов и азотсодержащих веществ. Одновременно происходит обмен молекулами воды между движущим потоком и всеми клетками. Линейная скорость восходящего тока колеблется 1–6 м/ч у хвойных и рассеянно-сосудистых древесных видов, до 25–60 м/ч у кольцесосудистых. Скорость передвижения воды по дереву в течение суток меняется соответственно интенсивности транспирации. В дереве вода передвигается в стволе быстрее, а в молодых ветвях медленнее. У большинства деревьев водный ток движется по спирали. Передвижение воды в радиальном направлении осуществляется медленнее через поры на стенках сосудов и трахеид. Наиболее активны в проведении воды последние годичные слои. Путь подъема сока очень важен в связи с инъекциями микроудобрений,

химических препаратов для защиты от насекомых и грибов.

Для первых экспериментов мы выбрали технологию компании Mauget, микроинъекции которой преодолевают фактор закупорки воздухом проводящих элементов ксилемы и прерывания водного тока (рис. 1). По-видимому, именно фактор закупорки воздухом делает невозможным использование для инъекций кустарно изготовленного оборудования, например комплектов «дрель-капельница».

В дендрарии университета в начале вегетации мы выбрали древесные растения разного возраста, большие и зараженные насекомыми. Это сосна сибирская кедровая, конский каштан обыкновенный, липа мелколистная, ясень обыкновенный, вяз гладкий. Мы использовали инсектициды, фунгициды, микроудобрения, а также микроинъекции комбинированных продуктов, позволяющих при одном введении воздействовать на насекомых (переносчиков или непереносчиков) и грибы, способных со временем негативно повлиять на дерево. При выполнении научно-практических исследований мы попытались ограничить число факторов воздействия на растения, выделили контрольную группу древесных растений, обладающих тем же уровнем развития симптомов заболевания, но не подвергавшимся микроинъекциям (рис.2).

Технологии Mauget имеют ряд ограничений, обусловленных особенностями физиологии древесных растений и экологии возбудителей заболеваний и, в соответствии с этим, ряд ступеней эффективности применения.

Наибольшую эффективность от применения данных технологий следует ожидать при борьбе со стволовыми гнилями листовых древесных пород. Это кластер заболеваний является одним из наиболее важных и опасных не только для здоровья деревьев, но и, если говорить об аварийных деревьях, для жизни и здоровья людей, сохранности их имущества. Важно, что технологии борьбы с гнилями путем инъекций – это фактически безальтернативный способ. Хирургическим путем удалить зараженную древесину очень сложно.

Инъекции в ствол хвойных деревьев сталкиваются с проблемой выделения смолы (живицы) в местах разрыва расположенных в древесине смоляных ходов. Однако интенсивность процесса выделения живицы может быть разной. Вспомним, что отечественным специалистам лесопатологам хорошо известен так называемый «живичный индикатор П.А. Положенцева» [7]. По интенсивности смоловыделения он оценивает состояние древесных растений: чем ниже интенсивность смоловыделения – тем ниже устойчивость. Другими словами, для деревьев, в наибольшей степени нуждающихся в терапевтических методах лечения путем инъекций, ограничения, связанные с выделением живицы, создают наименьшие препятствия процессу инъекции.

Как свидетельствует анализ материалов сети Интернет, отечественный рынок услуг по уходу за лесными деревьями насыщен предложениями по борьбе с короедом типографом методом инъекций в ствол дерева. В том числе для этих целей используются и технологии Mauget. Хочется подчеркнуть, что подобный «крен» обусловлен структурой спроса на отечественном (прежде всего подмосковном) рынке услуг по уходу за деревьями.

Однако из этого не следует, что данное направление является наиболее эффективным способом использования технологий Mauget. Однако в тех случаях, когда речь идет о вероятной скорой неотвратимой гибели дерева, либо в качестве альтернативы, применения некоторой технологии, рамки, эффективности которой за недостатком опыта еще невозможно очертить строго, то каждый вправе выбрать тот или иной вариант действий самостоятельно.

При этом важно избежать методологических ошибок в критике технологии. Рассмотрим этот вопрос подробнее. Борьба с вредителями, обитающими во флоэме дерева (и в частности с короедом), сталкивается с проблемой длинного пути транспорта препарата. Горизонтальный перенос жидкости между флоэмой и ксилемой, по-видимому, невелик. Затрудняет этот процесс и разделенность

флоэмы и ксилемы слоем клеток камбия. Поэтому, чтобы попасть из ксилемы во флоэму, препарату необходимо проделать сложный и извилистый путь: сначала попасть в листья, и лишь затем нисходящим током распространяться во флоэме ствола. Вредители группы короедов обитают как раз во флоэме. Здесь в богатой сахарами ткани личинки этих жуков находят для себя калорийное питание.



Рис. 1. Метод микроинъекций в ствол дерева
Fig. 1. By microinjection into the trunk of a tree



Рис. 2. Профилактика голландской болезни ильмовых
Fig. 2. Prevention of Dutch elm disease

Вопрос борьбы с короедами для подмосковного рынка ухода за деревьями является «ключевым». Ряд специалистов скептически относятся к технологиям микроинъекций как, по их мнению, зарекомендовавшим неэффективностью. Однако, как показывают наши личные наблюдения, борьба с типографом методом микроинъекций, как правило, чаще всего ведется вопреки рекомендуемой Mauget технологии. Данная технология предлагает комплексную систему лесозащитных мероприятий, включающую также обработку коры дерева по всему стволу. Для некоторых стволовых вредителей, например представителей рода дендроктон, фирма объясняет, что микроинъекциями предотвратить заражение невозможно, они лишь могут помочь уничтожить существующие личинки. Это может быть эффективно при том условии, что дальнейшее заражение будет предотвращено за счет опрыскивания коры инсектицидами.

Обсуждая эффективность борьбы с короедом типографом, необходимо обратить внимание специалистов, что механизм развития патологического процесса в стволе дерева ели также не до конца ясен. Есть данные, что большую роль в этом процессе играют грибы – возбудители синевы древесины, переносчиком которых является короед типограф. Возможно, что более эффективной будет как раз технология, сочетающая профилактические инъекции фунгицидов и инсектицидов.

Безусловно, апробация технологий лечения с применением микроинъекций еще идет. Нельзя считать этот способ универсально наилучшим методом, одинаково хорошо подходящим для лечения всех видов заболеваний древесных растений. Его применение имеет под собой теоретические основания, но данные о практической эффективности метода (также как и о его неэффективности при конкретно заданных условиях) могут быть накоплены только опытным путем.

Один из старейших отечественных фитопатологов, профессор Иван Иосифович Журавлев в монографии «Защита зеленых насаждений от болезней», изданной в 1966

г. [10], классифицировал методы лечения деревьев на хирургию и терапию. Методы хирургии (лечение ран и дупел, обрезка ветвей и раковых язв, крепление стволов и крон) были им подробно описаны, и в настоящее время они стали нормой в практике ухода за деревьями. Методы терапии, связанные, в том числе, и с введением в дерево лечебных препаратов, по его словам, «только начинают разрабатываться, поэтому можно привести только отдельные рекомендации, хотя перспективы очень широкие». Сейчас перед практиками, работающими в сфере ухода за зелеными насаждениями, действительно открылись широкие возможности для разработки систем терапевтического лечения древесных растений.

Библиографический список

1. Чернышенко, О.В. Деревья в городе / О.В. Чернышенко // Лесохозяйственная информация, 1999. – Вып. 7–8. – С. 15–21.
2. Румянцев, Д.Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии / Д.Е. Румянцев. – М., 2010. – 109 с.
3. Вахнина, И.Л. Радиальный прирост сосны обыкновенной в зеленой зоне г. Читы во второй половине прошлого столетия / И.Л. Вахнина // География и природные ресурсы, № 1, 2011 – С. 180–182.
4. Сарапкина, Е.В. Актуальность совершенствования методов дендрохронологической диагностики состояния древесных растений в городской среде / Е.В. Сарапкина // Актуальные направления научных исследований 21 века: теория и практика, 2014. – С. 185–191
5. Веретенников, А.В. Физиология растений / А.В. Веретенников. – М.: Академический Фронт, 2006. – 480 с.
6. Крамер, П.К. Физиология древесных растений / П.К. Крамер, Т.Т. Козловский. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 462 с.
7. Воронцов, А.И. Патология леса / А.И. Воронцов. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 270 с.
8. Mauget micro-inyection reference manual for the identification of insects, disease and nutritional deficiencies in trees. Mauget company, 2007-207 p.
9. Справочное руководство по определению насекомых-вредителей, болезней и недостаточности питательных веществ у деревьев для специалистов использующих методы микроинъекций. – Лос-Анджелес: Mauget, 2014
10. Журавлев, И.И. Защита зеленых насаждений от болезней / И.И. Журавлев. – М.: Лесная промышленность, 1966. – 232 с.

METHODS OF INCREASING THE STABILITY AND VIABILITY OF URBAN TREES

Chernyshenko O.V., Prof., Department of Botany and Plant Physiology MSFU, Ph.D.; Rumyantsev D.E., Assoc. Department of Botany and Plant Physiology MSFU, Ph.D.; Sarapkina E.V., 5th year student FLH MSFU

tchernychenko@mgul.ac.ru

Moscow State Forest University (MSFU), 1st Institutskaya st., 1, 141005, Mytischy, Moscow reg., Russia

Development of the methods for improving stability and resilience of woody plants in the urban environment is examined. Various methods to improve sustainability are presented. Microinjection techniques are examined in detail. Data of scientific and practical research in the arboretum of MSFU are presented. Possible field of application of the technology under investigation is considered in the paper. As evidenced by the analysis of materials on the Internet, the domestic market of services for the care of forest trees full of proposals to combat bark beetle by injection into the tree trunk. In particular, for these purposes, and technology Mauget. Such a "roll" due to the structure of demand in the domestic (mostly suburban) market for tree care. However, this does not imply that this direction is the most effective way to use technology Mauget. However, in cases when we are talking about is more likely imminent death of a tree, or as an alternative, the use of certain technologies, the framework of which the effectiveness of the lack of experience is not yet possible to delineate strictly, then everyone has the right to choose a particular course of action on their own. Of course, testing of treatment technologies using microinjection is still going. You can not read this method is universally the best method is equally well suited for the treatment of all kinds of diseases of woody plants. Its use is under a theoretical foundation, but the data on the practical effectiveness of the method (as well as about its ineffectiveness when specifically prescribed conditions) can be accumulated only by experience. Now to practitioners working in the field of care for green spaces, really opened up opportunities for the design of therapeutic treatment of woody plants.

Key words: urban environment, woody plants, sustainability, resilience, methods, techniques, injections, microinjection, phloem, xylem

References

1. Chernyshenko O.V. *Derev'ya v gorode* [Trees in the urban]. Lesokhozyaystvennaya informatsiya. Vyp. 7-8., 1999. pp. 15-21
2. Rumyantsev, D.E. *Istoriya i metodologiya lesovodstvennoy dendrokronologii* [History and Methodology of silvicultural dendrochronology]. Moscow, 2010. 109 p.
3. Vakhnina I.L. *Radial'nyy prirost sosny obyknovennoy v zelenoy zone g. Chity vo vtoroy polovine proshlogo stoletiya* [Radial growth of Scots pine in the green city of Chita in the second half of the last century]. Geografiya i prirodnye resursy, № 1, 2011. pp. 180-182.
4. Sarapkina E.V. *Aktual'nost' sovershenstvovaniya metodov dendrokronologicheskoy diagnostiki sostoyaniya drevesnykh rasteniy v gorodskoy srede* [The urgency of improving the methods of dendrochronological diagnosis of the condition of woody plants in the urban environment]. Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy 21 veka: teoriya i praktika. VGLTA, 2014. pp. 185-191
5. Veretennikov A.V. *Fiziologiya rasteniy* [Plant Physiology]. Moscow, Akademicheskyy Front, 2006. 480 p.
6. Kramer P.K., Kozlovskiy T.T. *Fiziologiya drevesnykh rasteniy* [Physiology of woody plants]. Moscow, Lesnaya promyshlennost', 1983. 462 p.
7. Vorontsov A.I. *Patologiya lesa* [Forest pathology]. Moscow, Lesnaya promyshlennost', 1978. 270 p.
8. Mauget micro-injection reference manual for the identification of insects, disease and nutritional deficiencies in trees. Mauget company, 2007-207 p.
9. *Spravochnoe rukovodstvo po opredeleniyu nasekomykh-vreditel'ev, bolezney i nedostatochnosti pitatel'nykh veshchestv u derev'ev dlya spetsialistov ispol'zuyushchikh metody mikroin'ektsiy* [Reference Manual definition of insect pests, diseases and nutrient deficiencies in trees for professionals using microinjection methods]. Los-Andzheles, Mauget, 2014
10. Zhuravlev I.I. *Zashchita zelenykh nasazhdeniy ot bolezney* [Protection of green spaces from disease]. Moscow, Lesnaya promyshlennost', 1966. 232 p.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Обливин Александр Николаевич, профессор, доктор технических наук, академик РАЕН и МАНВШ, Заслуженный деятель науки и техники РФ, Президент МГУЛ, профессор кафедры процессов и аппаратов деревообрабатывающих производств Московского государственного университета леса
e-mail: prezident@mgul.ac.ru

ЗАМ. ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Никишов Владимир Дмитриевич, кандидат технических наук, академик РАЕН, профессор кафедры технологии и оборудования лесопромышленного производства Московского государственного университета леса
e-mail: nikishov.08@mgul.ac.ru

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО СОВЕТА

Артамонов Дмитрий Владимирович, профессор, доктор технических наук, кафедра «Автономные информационные и управляющие системы» Пензенского государственного университета, вице - президент Пензенского научного центра Академии информатики отделения Международной академии информатизации, член - корреспондент Академии информатизации образования, директор Межотраслевого регионального центра повышения квалификации Пензенского государственного университета.
e-mail: aius@pnzgu.ru

Бемманн Альбрехт, профессор, доктор технических наук, Дрезденский дендрологический университет, директор Института профессуры для стран Восточной Европы, Германия; Albrecht Bemann, Dr. Dr. h.c., Professor
e-mail: albrecht.bemann(at)forst.tu-dresden.de

Залесов Сергей Вениаминович, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, проректор по научной работе, заведующий кафедрой лесоводства Уральского государственного лесотехнического университета
e-mail: zalesov@usfeu.ru

Запруднов Вячеслав Ильич, профессор, доктор технических наук, проректор по научной работе, заведующий кафедрой геодезии и строительного дела Московского государственного университета леса
e-mail: zaprudnov@mgul.ac.ru

Исаев Александр Сергеевич, академик Российской академии наук, Председатель Научного совета по лесу РАН, член Совета «Совет РАН по космосу», Президент-сопредседатель Международного института леса, иностранный член Болгарской академии наук
e-mail: isaev@cepl.rssi.ru

Карелайнен Тимо, профессор университета Восточной Финляндии г. ЙОЭНСУУ, лесной НИИ «Метла», Финляндия; Karjalainen, Timo D.Sc. (Agr. & For.), Professor
e-mail: timo.karjalainen@metla.fi

Кожухов Николай Иванович, профессор, академик РАН, доктор экономических наук, заведующий кафедрой Мировой экономики Московского государственного университета леса
e-mail: kozhukov@mgul.ac.ru

Комаров Евгений Геннадиевич, профессор, доктор технических наук, проректор по экономической и финансовой деятельности, заведующий кафедрой информационно-измерительных систем Московского государственного университета леса
e-mail: komarov@mgul.ac.ru

Корольков Анатолий Владимирович, профессор, доктор физ.-мат. наук, декан факультета электроники и системотехники, профессор кафедры прикладной математики и математического моделирования Московского государственного университета леса
e-mail: korolkov@mgul.ac.ru

Кох Нильс Элерс, профессор, доктор агрономии в области лесной политики, Президент IUFRO, Генеральный директор Центра лесного и ландшафтного планирования университета г. Копенгаген, Дания
e-mail: nek@life.ku.dk

Кротт Макс, профессор, специализация Лесная политика, Георг-Аугуст-Университет, Геттинген
e-mail: mkrott@gwdg.de

Леонтьев Александр Иванович, академик РАН, профессор, доктор техн. наук, МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва
e-mail: leontiev@power.bmstu.ru

Липаткин Владимир Александрович, профессор, кандидат биологических наук, декан факультета лесного хозяйства, заведующий кафедрой экологии и защиты леса Московского государственного университета леса
e-mail: lipatkin@mgul.ac.ru

Майорова Елена Ивановна, профессор, доктор юридических наук, кандидат сельскохозяйственных наук, декан гуманитарного факультета, заведующий кафедрой права Московского государственного университета леса
e-mail: mayorova@mgul.ac.ru

Мартынюк Александр Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, кандидат биологических наук, директор ФБУ ВНИИЛМ, советник Российской академии естественных наук, Заслуженный лесовод РФ
e-mail: info@vniilm.ru

Моисеев Николай Александрович, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный лесовод РФ, иностранный член (академик) Шведской королевской академии сельского и лесного хозяйства, Финской академии наук и письменности, Итальянской лесной академии, почетный доктор Дрезденского технического университета Санкт-Петербургской ГЛТА, член Совета по развитию лесного комплекса при Правительстве РФ, член научно-экспертного совета при председателе Совета Федерации, член научно-технического Совета Рослесхоза, заведующий кафедрой экономики и управления Московского государственного университета леса
e-mail: moiseev@mgul.ac.ru

Редькин Анатолий Константинович, профессор, доктор технических наук, академик РАЕН, заведующий кафедрой технологии и оборудования лесопромышленного производства Московского государственного университета леса
e-mail: redkin@mgul.ac.ru

Рыкунин Станислав Николаевич, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии деревоперерабатывающих производств Московского государственного университета леса
e-mail: rikunin@mgul.ac.ru

Рубцов Михаил Владимирович, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент РАСХН, заслуженный лесовод Российской Федерации, Председатель секции «Лесоводство» Научного совета по проблемам леса РАН, член президиума Российского общества лесоводов, руководитель лаборатории лесоводства и биологической продуктивности Института лесоведения РАН
e-mail: root@ilan.ras.ru

Семенов Юрий Павлович, профессор, доктор технических наук, профессор кафедры электротехники, теплотехники и энергоснабжения предприятий лесного комплекса Московского государственного университета леса
e-mail: semenov@mgul.ac.ru

Стрекалов Александр Федорович, Первый вице-президент РКК «Энергия», Генеральный директор ЗАО «ЗЭМ» РКК «Энергия», действительный член Российской Академии космонавтики им. Циолковского, кандидат технических наук
e-mail: mail@rscc.ru, post@rscc.ru, boris.harlov@rscc.ru

Теодоронский Владимир Сергеевич, профессор, доктор сельскохозяйственных наук, академик РАЕН, член Союза архитекторов России, член правления Московского объединения ландшафтных архитекторов (МОЛА), профессор кафедры ландшафтной архитектуры и садово-паркового строительства Московского государственного университета леса
e-mail: teodoronskiy@mgul.ac.ru

Тулузаков Дмитрий Владимирович, доцент, кандидат технических наук, проректор по учебной работе, заведующий кафедрой технической механики Московского государственного университета леса
e-mail: tuluzakov@mgul.ac.ru

Уголев Борис Наумович, профессор, доктор технических наук, заслуженный деятель науки РФ, академик ИАВС, почетный член РАЕН, профессор кафедры древесиноведения Московского государственного университета леса
e-mail: ugolev@mgul.ac.ru

Федоренчик Александр Семенович, кандидат технических наук, член-корреспондент Международной академии технического образования, академик Белорусской инженерной академии, член учебно-методического совета России по специальности «Лесоинженерное дело», член научно-технического совета Министерства лесного хозяйства, член двух учебно-методических объединений высших учебных заведений Республики Беларусь: по химико-технологическому образованию и образованию в области лесного хозяйства и природопользования, член президиума: Научно-методического совета при Министерстве образования; Республиканского товарищества дружбы «Беларусь - Финляндия»; председатель учебно-методического совета БГТУ профессор кафедры лесных машин и технологии лесозаготовок Белорусского государственного технологического университета
e-mail: root@bstu.unibel.by

Цветков Вячеслав Ефимович, профессор, доктор технических наук, академик РАЕН, заведующий кафедрой технологии древесных плит и пластиков Московского государственного университета леса
e-mail: tsvetkov@mgul.ac.ru

Чубинский Анатолий Николаевич, профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой технологии лесопиления и сушки древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова
e-mail: tlsd@inbox.ru

Шимкович Дмитрий Григорьевич, профессор, доктор технических наук, заведующий отделом ООО «Кудесник»
e-mail: shimkovich@mgul.ac.ru