

Динамика экосистем свежего бора центра Приволжской возвышенности

© 2023. А. Ю. Кудрявцев, к. б. н., с. н. с.,
Саратовский филиал Института проблем экологии
и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук,
410028, Россия, г. Саратов, ул. Рабочая, д. 24,
e-mail: akydtaks@mail.ru

Приведены результаты исследования динамики довольно редкого для центральной части Приволжской возвышенности типа лесных экосистем – свежего бора (А2). Исследования проводили на территории участка «Верховья Суры» заповедника «Приволжская лесостепь». Ход процесса изучали в возрастном ряду, выделенном в однородных лесорастительных условиях на основе принципов динамической классификации типов леса. В результате обработки данных таксации леса получены средние величины таксационных показателей древостоев для каждого класса возраста. Одновременно проведён анализ изменений всех компонентов насаждений. На его основе возрастной ряд был разделён на отдельные периоды и фазы. Тенденции изменения доли участия каждой лесобразующей породы в составе древостоя на разных возрастных стадиях описаны нелинейными уравнениями. Проведённое исследование показало, что полученный возрастной ряд представляет собой ряд трансформации лесных сообществ. Нарушение хода лесообразовательного процесса привело к масштабной смене коренных насаждений на производные. После начала применения сплошнолесосечных рубок площадь, занятая лиственными деревьями (прежде всего, берёзой), постоянно росла. Следствием масштабного применения рубок промежуточного пользования, санитарных и добровольно-выборочных стало формирование изреженных сосновых древостоев. Одновременно происходила и трансформация нижних ярусов сообществ. Эти факторы вызвали ухудшение условий естественного возобновления сосны (*Pinus sylvestris* L.). В результате к настоящему времени возможность формирования сосновых древостоев путём естественного возобновления почти полностью исключена.

Ключевые слова: лесорастительные условия, динамический ряд, антропогенная трансформация, Приволжская возвышенность.

The dynamic of pine woods ecosystems on the poor sandy soils at the central part of Volga Upland

© 2023. A. Yu. Kudryavtsev ORCID: 0009-0007-7797-4865
Saratov Branch of A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution,
Russian Academy of Sciences,
24, Rabochaya St., Saratov, Russia, 410028,
e-mail: akydtaks@mail.ru

The results of a study of the dynamics of a rather rare type of forest ecosystem for the central part of the Volga Upland – fresh pinery (A2) – are presented. The research was carried out on the territory of the Upper Sura section of the Volga Forest-Steppe Nature Reserve. The progress of the process was studied in an age series, identified in homogeneous forest conditions based on the principles of dynamic classification of forest types. As a result of processing forest taxation data, average values of taxation indicators of forest stands were obtained for each age class. At the same time, an analysis of changes in all components of the plantings was carried out. On its basis, the age series was divided into separate periods and phases. Trends in the share of participation of each forest-forming species in the forest stand at different age stages are described by nonlinear equations. The study showed that the resulting age series represents a series of transformation of forest communities. Disruption of the forest formation process led to a large-scale replacement of indigenous plantings with derivatives. After the start of clear-cutting, the area occupied by deciduous trees (primarily birch) constantly grew. A consequence of the large-scale use of intermediate, sanitary and voluntary selective fellings was the formation of thinned pine stands. At the same time, a transformation of the lower tiers of communities also occurred. These factors caused a deterioration in the conditions for natural regeneration of pine (*Pinus sylvestris* L.). As a result, to date, the possibility of forming pine stands through natural regeneration is almost completely excluded.

Keywords: forest-growth conditions, dynamic series, anthropogenous ransformation, Volga Upland.

Проблема изучения динамики лесов, основанная на системных принципах анализа всех компонентов лесных экосистем, – одна из самых актуальных в лесоведении [1–7]. К настоящему времени постоянно усиливающееся антропогенное воздействие привело к радикальному изменению состава и структуры лесов. Коренные лесные сообщества, характеризующиеся высоким биологическим разнообразием и устойчивостью, сменились вторичными лесами упрощённой структуры и низкой устойчивости. Основными факторами, определяющими состояние и развитие лесных экосистем, являются различные виды антропогенного воздействия: рубки, отчуждение территории (сокращение лесной площади и связанная с ним фрагментация лесного покрова), атмосферное загрязнение, лесные пожары, изменение климата [8–16]. Знания, полученные при исследовании динамики лесных сообществ, позволят решить задачу рационального использования лесных ресурсов [17–19].

Важнейшей составной частью программы экологического мониторинга в заповедниках является контроль состояния и естественного развития лесной растительности, не подверженной антропогенному воздействию [20–23]. Один из компонентов такой системы – лесоустройство заповедников [24]. Теоретическую и практическую ценность имеют, прежде всего, долговременные данные о динамике коренных лесов, особенно не затронутых хозяйственной деятельностью, а также оценка роли природных или хозяйственных факторов в этой динамике [25].

Цель данной работы – на основании материалов таксации леса оценить разнообразие и динамику лесных экосистем заповедного участка в пределах отдельного типа лесорастительных условий – свежего бора.

Объекты и методы исследования

Верхнесурский участок заповедника «Приволжская лесостепь», созданный в 1991 г., расположен в центральной части Приволжской возвышенности неподалеку от истоков р. Суры. Площадь участка составляет 6339 га. Средняя высота территории участка около 300 м над уровнем моря. Поверхность сложена породами палеогенового возраста, преимущественно песками и песчаниками. Рельеф слабоволнистый. Встречаются эоловые всхолмления, а также суффозионные воронки и блюдца, которые нередко заняты озёрами или торфяными болотами.

Преобладают коренные сосновые леса, различные по составу, строению и производительности [26]. Леса представлены, в основном, березняками с примесью осины и липы. Многие участки сосновых боров заповедника можно считать уникальными в ценоотическом, флористическом и лесоводственном отношении, поскольку подобные участки высокопродуктивных старовозрастных сосновых лесов встречаются на европейской территории России в настоящее время очень редко. Некоторые древостои имеют возраст 200–250 лет, высоту 34–36 м и диаметр ствола 70–80 см, отдельные деревья достигают 40 м высоты и 100 см в диаметре. В борах сохранился комплекс растений, характерных для таёжной флоры [8, 27, 28].

Первое лесоустройство территории заповедника проведено в 2002–2004 гг. по методу классов возраста по I разряду точности с применением спектрзональных аэрофотоснимков хорошего и удовлетворительного качества масштаба 1 : 10000. Таксация леса проводилась по ходовым линиям (просекам, дорогам, границам, тропам, телефонным линиям, ЛЭП) глазомерным методом в сочетании с элементами измерительно-перечислительной таксации. Для вычисления и корректировки запасов древостоев при таксации использовали стандартные таблицы сумм площадей сечений и запасов древостоев при полноте 1,0, составленные В/О «Леспроект». Текущее и среднее изменение запасов определяли по итоговым данным таблиц классов возраста на компьютере в специальной программе. Инвентаризация лесного фонда была выполнена с повышенной точностью и детализацией. Все насаждения, начиная с молодняков, протаксированы по элементам леса, с указанием для каждого из них возраста, высоты и диаметра. При таксации описаны древостои различного состава и полноты (сомкнутости) в возрасте от 5 до 250 лет. В каждом выделе проводили описание живого напочвенного покрова, при котором учитывали степень проективного покрытия и основные доминанты.

В результате исследований лишено- и бриофлоры, проведённых в 1998 г. сотрудниками Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН М.П. Андреевым и Г.Я. Дорошиной-Украинской на участке было выявлено 60 видов лишайников и 52 вида мхов. Поскольку достаточно точно определять виды мхов и лишайников при таксации было невозможно, в описаниях приводили названия

семейств, наиболее распространённых на территории участка: Cladoniaceae (напочвенные лишайники), Hylocomiaceae (зелёные мхи), Polytrichaceae (долгомошники), Sphagnaceae (сфагновые мхи).

Массовые материалы лесоустройства были обработаны с помощью специально разработанных схем расчёта в программе Microsoft Office Excel 2010.

В 2001–2002 гг. сотрудниками Почвенного института им. Докучаева РАН В.П. Белобровым и А.Я. Ворониным было проведено картирование почвенного покрова участка «Верховья Суры», в результате которого составлена почвенная карта участка масштаба 1 : 10000. При этом были выделены 27 разновидностей почв.

Для типологической оценки лесных земель использован картографический способ, при котором на почвенную карту накладывается план лесонасаждений, и все выделы, попадающие в один почвенный контур, относят к тому или иному типу лесорастительных условий.

В результате обработки полученных данных построен возрастной ряд, состоящий из насаждений свежего бора естественного происхождения [29, 30]. В качестве учётных единиц для изучения динамики использовали описания таксационных выделов, занесённые в базу данных электронных таблиц Excel. В пределах ряда описания группировались по классам возраста. Классы возраста приняты одинаковыми для всех лесообразователей. Продолжительность двух первых классов, соответствующих начальным фазам формирования сообществ, составляет 10 лет, последующих – 20 лет. Оценка хозяйственного воздействия на экосистемы участка выполнена по данным мероприятий, проведённых лесхозом в период с лесоустройства 1982 г. до заповедания участка в 1991 г., то есть примерно за 10 лет. Видовые названия приводятся по [31].

Статистическая обработка материала включала расчёт средних значений для показателей, характеризующих древостой, подрост, подлесок и напочвенный покров. Динамику доли различных пород деревьев в составе древостоев анализировали с помощью аппроксимации нелинейной степенной функцией, качество которой оценивали с помощью коэффициента детерминации (R^2). Статистическую обработку данных выполняли в пакетах программ MS Excel 2010 (Microsoft Corp.) и Statistica 6.0 (Statsoft Inc., OK, USA).

Результаты и обсуждение

Тип леса «свежий бор» образован насаждениями, растущими на почвах бедных минеральными веществами в условиях оптимального увлажнения [32]. В условиях Приволжской возвышенности данный тип леса определяется термином «сосняк травяно-мшистый» или «бор-зеленомошник».

Свежие боры (А2) занимают небольшую площадь. Пять довольно крупных участков приурочены к выровненным поверхностям водоразделов и надпойменных террас на севере и западе. Отдельные мелкие фрагменты встречаются неподалёку от них, растут на дерново-подзолистых слабо дифференцированных песчаных и супесчаных почвах, подстилаемых песками.

Анализ хозяйственных мероприятий, проведённых на территории участка с 1982 по 1991 гг., показал следующее. Площадь рубок всех видов в древостоях свежего бора естественного происхождения составила 48,3 га, в том числе: прочистки – 1,4 га; проходные – 32,5 га; сплошнолесосечные – 14,4 га. Таким образом, в течение 10 лет, предшествующих созданию участка заповедника, различными видами рубок было пройдено около 20% лесов, причём основная нагрузка пришлась на древостой высокого возраста. Кроме того, за этот период на лесосеках было создано 18,5 га лесных культур.

В составе сообществ свежего бора естественного происхождения в целом явно выражено преобладание сосны (*Pinus sylvestris* L.). В то же время довольно значительна доля берёзы (*Betula pendula* Roth). Степень участия осины (*Populus tremula* L.) и широколиственных пород очень мала. Однако видовой состав сообществ с момента их восстановления на обезлесенных участках по мере увеличения возраста формирующихся древостоев существенно изменяется (табл. 1).

При этом изменение доли каждого вида в составе имеет свою специфику. Аппроксимация временного ряда, описывающего динамику доли различных пород деревьев в составе древостоев полиномами второй степени: сосна – $y = -2,0679x^2 + 33,525x - 42,657$ ($R^2 = 0,98$); липа (*Tilia cordata* Mill.) – $y = 2,4833x^2 - 20,85x + 45,067$ ($R^2 = 0,99$); берёза – $y = 0,8179x^2 - 0,9964x + 58,389$ ($R^2 = 0,71$); осина – $y = 2,35x^2 - 22,15x + 53,1$ ($R^2 = 0,99$).

Сосна отсутствует в составе древостоев на начальной стадии (до 10 лет). В возрасте 11–20 лет её присутствие в составе невелико. В даль-

Таблица 1 / Table 1

Характеристика древостоев в возрастном ряду
The timber stands characteristics at the age row

Вид Species	Возраст, лет / Age, year								Среднее Average
	< 10	11–20	21–40	41–60	61–80	81–100	101–120	121–140	
Полнота 1-го яруса / Density of the 1-s canopy									
	0,60	0,75	0,60	0,79	0,70	0,67	0,59	0,80	–
Средняя высота, м / Average height, m									
<i>Pinus sylvestris</i> L.	–	6,0	16,0	19,8	23,0	25,8	25,5	28	
<i>Tilia cordata</i> Mill.	3,0	6,0	–	14,0	–	–	–	–	–
<i>Betula pendula</i> Roth.	6,0	7,2	23,0	20,8	22,5	23,8	24,1	21	–
<i>Populus tremula</i> L.	4,0	–	–	–	21,4	22,9	–	–	–
Состав, % от общего запаса / Composition, % of common volume									
<i>Pinus sylvestris</i> L.	–	20,0	35,2	54,6	73,1	90,0	91,6	90,5	69,2
<i>Tilia cordata</i> Mill.	26,7	13,3	–	1,4	–	–	–	–	0,8
<i>Betula pendula</i> Roth.	40,0	66,7	64,8	44,0	25,8	5,2	8,4	9,5	27,8
<i>Populus tremula</i> L.	33,3	–	–	–	1,1	4,8	–	–	2,2

Примечание: прочерк – вид отсутствует.
Note: dash – species is absent.

Таблица 2 / Table 2

Доля древостоев различного типа в возрастном ряду (% от общей площади)
Share of the different types of timber stands at the age row, % of the common square of timber stands

Тип сообществ Community types	Возраст, лет / Age, year								Среднее Average
	< 10	11–20	21–40	41–60	61–80	81–100	101–120	121–140	
Сосняки чистые Pure pine	–	–	–	–	30,8	50,0	100,0	100,0	34,4
Сосняки смешанные Mixed pine	–	–	10,7	42,2	23,8	48,1	–	–	26,3
Сосново-мелколиственные Pine small-leafs	–	–	28,3	23,1	34,0	1,9	–	–	25,0
Широколиственные смешанные Mixed broad-leafs	–	5,6	–	–	–	–	–	–	0,1
Берёзовые чистые Pure birch	–	–	31,8	5,8	11,0	–	–	–	7,9
Берёзовые смешанные Mixed birch	–	94,4	29,2	28,9	0,4	–	–	–	3,5
Мелколиственные Small-leafs	37,0	–	–	–	–	–	–	–	1,0
Мелколиственные смешанные Mixed small-leafs	63,0	–	–	–	–	–	–	–	1,7

Примечание: прочерк – сообщество отсутствует.
Note: dash – community is absent.

нейшем оно постоянно возрастает. В период 21–60 лет сосна становится содоминантом. В возрасте 61–80 лет начинается доминирование сосны в составе древостоев. Начиная с 81 года, и до 140 лет она абсолютно преобладает. Широколиственные породы представлены липой. В целом её присутствие в составе крайне незначительно. Однако в возрасте до 10 лет её роль довольно велика. На следующей возрастной стадии степень её участия резко па-

дает, и в дальнейшем она полностью выпадает из состава древостоев.

Доля мелколиственных пород (преимущественно берёзы) в составе сообществ довольно велика. Однако динамика берёзы и осины коренным образом различается. Берёза преобладает в составе древостоев уже на начальной стадии их развития. В период 11–40 лет она становится доминантом. В дальнейшем степень её участия неуклонно сокращает-

ся и, начиная с 81 года, её доля не превышает 10%. На начальной стадии развития древостоев осина является содоминантом. Однако уже на следующей стадии она выпадает из состава древостоев и в дальнейшем отмечается лишь спорадически.

Последующий анализ таксационных описаний показал, что единый возрастной ряд состоит из сообществ различного состава (табл. 2). Для оценки специфики лесных сообществ были выделены следующие категории древостоев естественного происхождения, существенно различающихся по составу и строению [33]: сосновые чистые – в составе не менее 90% сосны; сосновые смешанные – в составе 70–80% сосны; сосново-мелколиственные – в составе 30–60% сосны, мелколиственные (преимущественно берёзы) – 30–70%; широколиственные смешанные – в составе не менее 40% широколиственных видов; берёзовые чистые – в составе не менее 90% берёзы; берёзовые смешанные – в составе 70–80% берёзы (чаще сосново-берёзовые); мелколиственные – в составе не менее 80% мелколиственных видов; мелколиственные смешанные – в составе 60–70% мелколиственных видов.

При этом каждой возрастной стадии присущ определённый спектр сообществ. Самые молодые древостои (до 10 лет) характеризуются преобладанием смешанных мелколиственных сообществ. На следующей стадии явно преобладают смешанные березняки, появляются широколиственные древостои. В возрасте 21–40 лет широко распространены сообщества с участием сосны, которые становятся преобладающими на следующей стадии.

В возрасте свыше 60 лет появляются чистые сосняки. Далее их роль продолжает возрастать, а на последних стадиях (свыше 101 года) все древостои представлены исключительно чистыми сосняками.

В составе подроста наиболее распространёнными породами являются берёза и липа (табл. 3). Значительно меньше площадь, на которой отмечен подрост сосны. Дуб отмечается редко. Развитие подроста начинается при достижении древостоями возраста 61–80 лет. В дальнейшем площадь, занимаемая подростом, растёт довольно быстро, его видовой состав подвержен значительным изменениям. Наибольшим распространением на стадии 81–100 лет характеризуются берёза и липа. В возрасте 101–120 лет подрост сосны, берёзы и липы занимает одинаковые площади. В возрасте свыше 121 года отмечено преобладание соснового и берёзового подроста.

В составе подлеска отмечено 5 видов. Явно выражено преобладание рябины (*Sorbus aucuparia* L.). Слабо представлены бересклет (*Euonymus verrucosa* Scop.) и лещина (*Corylus avellana* L.). Начало формирования подлеска отмечено на стадии 21–40 лет. В это время абсолютно преобладает раikitник (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch.)). На следующей стадии в составе подлеска появляется крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.), которая, наряду с рябиной и раikitником, сохраняет значительную роль вплоть до последних возрастных стадий.

В травостое в целом преобладают несколько видов: орляк (*Pteridium aquilinum* (L.)), вейник наземный (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth), ландыш (*Convallaria majalis* L.), брус-

Таблица 3 / Table 3

Распространение подроста и подлеска различных видов в возрастном ряду, % от общей площади древостоев / Spreading of the undergrowth at the age row, % of the common square of timber stands

Вид / Species	Возраст, лет / Age, year								Среднее Average
	< 10	11–20	21–40	41–60	61–80	81–100	101–120	121–140	
<i>Pinus sylvestris</i> L.	–	–	–	–	11,0	–	11,0	100,0	8,3
<i>Betula pendula</i> Roth	–	–	–	–	22,8	24,9	11,8	100,0	20,5
<i>Quercus robur</i> L.	–	–	–	–	4,0	–	–	–	2,7
<i>Tilia cordata</i> Mill.	–	–	–	–	12,2	24,9	11,8	–	12,9
<i>Euonymus verrucosa</i> Scop.	–	–	–	–	4,4	–	–	–	3,0
<i>Frangula alnus</i> Mill.	–	–	–	18,2	29,9	–	–	100,0	21,8
<i>Corylus avellana</i> L.	–	–	–	–	8,4	–	–	–	5,8
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	–	–	–	40,6	52,7	49,8	100,0	100,0	51,3
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Woloszcz.)	–	–	100,0	–	11,5	8,4	77,2	–	13,2

Примечание: прочерк – вид отсутствует.

Note: dash – species is absent.

Таблица 4 / Table 4

Распространение доминантов напочвенного покрова в возрастном ряду, % от покрытой лесом площади / Spreading of the ground cover dominants at the age row, % of the common square of timber stands

Вид / Species	Возраст, лет / Age, year								Среднее Average
	< 10	11–20	21–40	41–60	61–80	81–100	101–120	121–140	
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	–	–	–	–	31,3	88,7	100,0	–	40,4
<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	100,0	100,0	–	65,0	66,6	47,1	11,8	–	62,0
<i>Calamagrostis canescens</i> (Web.)	24,3	13,1	–	4,5	2,8	6,0	–	–	11,2
<i>Geranium sylvaticum</i> L.	41,9	–	–	–	11,8	18,1	–	–	12,2
<i>Pyrola rotundifolia</i> L.	–	–	–	6,3	15,3	–	–	100,0	11,1
<i>Rubus saxatilis</i> L.	–	4,0	–	–	15,8	24,9	–	–	15,0
<i>Antennaria dioica</i> (L.)	–	–	–	–	16,2	4,1	–	–	11,9
<i>Polygonatum officinale</i> (L.)	–	–	–	29,4	2,4	6,8	–	–	4,2
<i>Convallaria majalis</i> L.	–	96,0	–	17,5	51,9	31,7	11,8	–	44,2
<i>Melampyrum nemorosum</i> L.	–	–	–	29,4	33,7	–	–	–	24,8
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	58,1	4,0	–	53,8	51,5	24,9	22,8	–	45,1
<i>Orthilia secunda</i> (L.)	–	–	–	–	21,7	4,1	–	100,0	15,8
<i>Carex pilosa</i> Scop.	–	96,0	100,0	28,7	9,0	23,8	77,2	–	17,3
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	–	4,0	–	18,2	25,7	24,9	89,0	100,0	27,0
Зелёные мхи / <i>Hylocomiaceae</i>	100,0	96,0	100,0	64,3	53,2	75,1	–	100,0	57,1
Лишайники / <i>Cladoniaceae</i>	–	–	–	12,6	1,4	4,3	–	–	2,3

Примечание: прочерк – вид отсутствует.
Note: dash – species is absent.

ника (*Vaccinium vitis-idaea* L.) и черника (*Vaccinium myrtillus* L.) (табл. 4). Однако его видовой состав значительно варьирует на различных стадиях развития сообществ.

В зависимости от приуроченности к тем или иным стадиям можно выделить несколько групп видов. Явно приурочены к начальным стадиям герань (*Geranium sylvaticum* L.), ландыш (*Convallaria majalis* L.) и вейник (*Calamagrostis epigeios* (L.) Roth). Орляк (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn) и осока волосистая (*Carex pilosa* Scop.), широко распространённые уже на ранних стадиях, сохраняют своё присутствие вплоть до 120 лет. Брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), черника (*Vaccinium myrtillus* L.), грушанка (*Pyrola rotundifolia* L.) и ортилия (*Orthilia secunda* (L.)) появляются на средних стадиях, постепенно наращивая своё присутствие, и господствуют в составе травостоев заключительных стадий. Костяника (*Rubus saxatilis* L.), купена (*Polygonatum officinale* (L.)), марьяник дубравный (*Melampyrum nemorosum* L.) и кошачья лапка (*Antennaria dioica* (L.)) характерны для сообществ среднего возраста.

Для свежих боров необходимо отметить высокую роль зелёных мхов. Гораздо реже доминируют лишайники. В возрастном ряду отмечено широкое варьирование степени раз-

вития яруса мхов и лишайников. Моховой покров хорошо развит уже на первой возрастной стадии. В сообществах среднего возраста степень распространения мхов заметно снижается, но на заключительной стадии отмечен хорошо развитый моховой ярус.

Роль лишайников довольно заметна в возрасте 41–60 лет. В дальнейшем степень их распространения резко снижается и в сообществах, возраст которых превышает 100 лет, они полностью отсутствуют.

Изменение насаждений свежего бора в результате хозяйственной деятельности можно описать следующим образом. После рубки коренных сосновых лесов формировались чистые сосновые древостои с небольшой примесью мелколиственных пород. Под пологом изреженных выборочными рубками сосняков формируется берёзовый подрост. Вырубка этих древостоев привела к формированию значительных площадей сообществ смешанного состава. К этому времени в экотопе происходят заметные изменения. Наличие примеси лиственных пород способствовало заметному увеличению плодородия почв. Под пологом мелколиственных и смешанных древостоев начинается развитие подроста широколиственных деревьев (прежде всего, липы). Ведущую роль приобретает вегетативное возобновление

лиственных пород, а молодое поколение берёзы продуцирует огромное количество семян.

Лесные сообщества следующего поколения возникают уже на месте различных по составу производных лесов второго поколения. В результате на первой возрастной стадии сосна полностью выпадает из состава древостоев.

Анализ данных динамики всех ярусов растительности позволил разделить рассматриваемый возрастной ряд на периоды, каждый из которых, в свою очередь, состоит из отдельных фаз (рис.).

Первый период продолжительностью до 20 лет характеризуется преобладанием в составе древостоев лиственных пород с небольшой примесью сосны. Подрост и подлесок полностью отсутствуют. В начальной фазе в возрасте до 10 лет формируются древостои средней сомкнутости, в составе которых преобладают мелколиственные породы, представленные примерно одинаково, при этом значительна доля липы. В напочвенном покрове хорошо развит ярус мхов. В составе густого травостоя доминирует вейник наземный с примесью орляка и герани. Следующая фаза от 11 до 20 лет характеризуется преобладанием берёзы. Доля липы в составе значительно сокращается, а осина полностью отсутствует. Появляется примесь сосны. В этой фазе древостои достигают значительной сомкнутости. В составе травостоя доминируют ландыш, вейник и осока волосистая.

В течение второго периода от 21 до 80 лет происходит коренное изменение всех компонентов насаждений. Доля сосны в составе

древостоев значительно возрастает, а доля лиственных видов соответственно уменьшается. При этом широколиственные виды исчезают практически полностью. В течение этого периода древостои заметно изреживаются. Сосна, благодаря интенсивному росту в высоту к концу периода обгоняет берёзу и осину. Начинает развиваться кустарниковый ярус. Появляется ярус кустарничков, состоящий из брусники и черники. В третьей фазе (21–40 лет), характеризующейся преобладанием берёзы, появляется подлесок, состоящий из ракитника русского. Из состава травостоя выпадает вейник. Доминантом становится осока волосистая. На протяжении четвёртой фазы (41–80 лет) сосна становится доминантом. К концу этой фазы начинает формироваться подрост, преимущественно берёзовый, со значительной примесью сосны и липы. Кардинально изменяется состав подлеска, в котором доминируют рябина и крушина ломкая. В составе травостоя содоминируют несколько растений: орляк, ландыш и вейник. Среди доминантов появляются ортилия, грушанка, марьянник дубравный, костяника и кошачья лапка. Становится заметным присутствие лишайников.

Третий период – полное господство сосны. Примесь всех видов лиственных деревьев сокращается до минимума. Это происходит в результате отпада мелколиственных пород, в то время, как рост сосны в высоту продолжается. Период состоит из одной фазы (пятой). Его продолжительность составляет

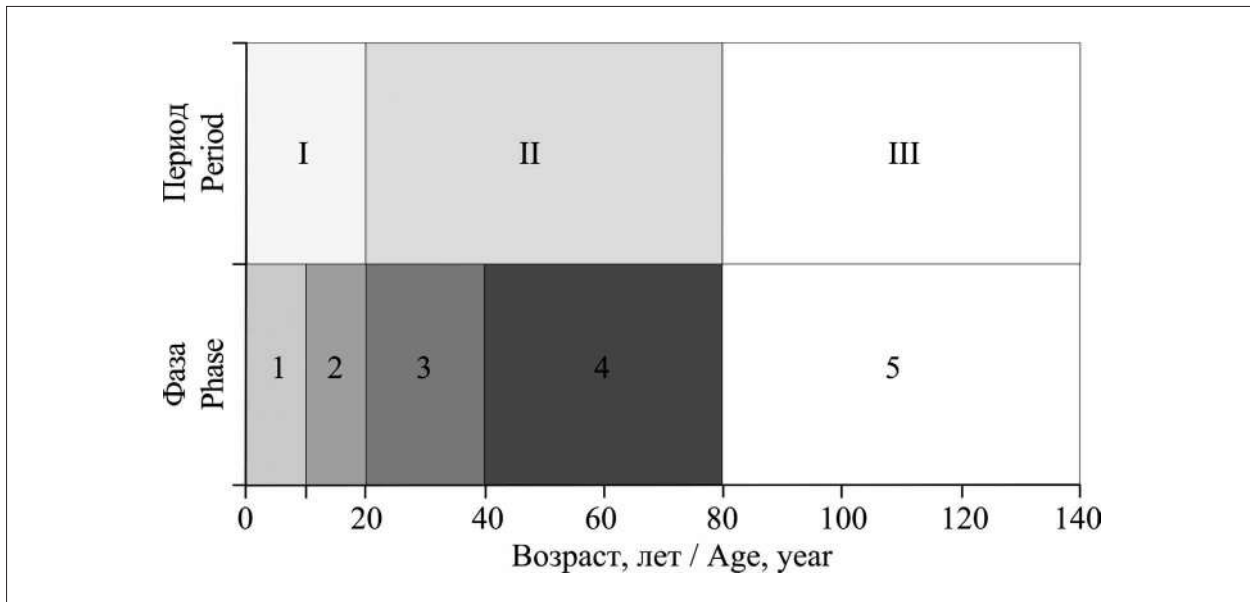


Рис. Схема возрастного ряда в условиях свежего бора (описание в тексте)
 Fig. Sheme of the age row at the fresh pinery conditions (description in text)

60 лет. Распространение подроста значительно. При этом широко распространён подрост сосны. Одновременно происходит интенсивное развитие подлеска, в составе которого вновь увеличивается роль ракитника. Возрастает и степень доминирования рябины и крушины. Формируется хорошо развитый ярус мхов, но лишайники полностью исчезают. Наиболее выражен ярус кустарничков, состоящий из брусники и черники. Из состава травостоя выпадает вейник, доминируют грушанка и ортилия.

Заключение

Анализ полученных данных позволил выявить в экотопах, соответствующих свежему бору, различные по составу и строению сообщества. Объединение насаждений различного возраста во временной ряд показало, что каждой возрастной стадии присущ определённый спектр сообществ. После начала применения сплошнолесосечных рубок площадь, занятая лиственными деревьями (прежде всего, берёзой), постоянно росла. Одновременно происходило задержание образовавшихся вырубков. Следствием масштабного применения рубок промежуточного пользования, санитарных и добровольно-выборочных стало формирование изреженных сосновых древостоев высокого возраста. Обильное плодоношение молодых мелколиственных древостоев обусловило возникновение в старовозрастных сосняках яруса из лиственных деревьев (преимущественно берёзы). Таким образом, проведённое исследование показало, что полученный возрастной ряд представляет собой ряд трансформации лесных сообществ. Доказательствами этому служат как широкое распространение в сообществах молодого возраста теневыносливых видов, характерных для поздних стадий сукцессии, так и возникновение в древостоях высокого возраста яруса с преобладанием светолюбивых видов – берёзы и осины. Эти факторы вызвали ухудшение условий естественного возобновления сосны. В результате к настоящему времени возможность формирования сосновых древостоев путём естественного возобновления почти полностью исключена.

Нарушение хода лесообразовательного процесса привело к масштабной смене коренных насаждений на производные. При этом среди наиболее молодых сообществ, наряду с мелколиственными, довольно значительную площадь занимают древостои с преобладанием широколиственных пород.

Литература

1. Дыренков С.А. Структура и динамика таёжных ельников. Л.: Наука, 1984. 173 с.
2. Абатуров А.В., Антюхина В.В. Динамика хвойных лесов Подмосковья. М.: Наука, 2000. 222 с.
3. Абатуров А.В., Меланхолин П.Н. Естественная динамика леса на постоянных пробных площадях в Подмосковье. Тула: Гриф и К, 2004. 336 с.
4. Борисов А.Н., Иванов В.В. Имитационное моделирование роста сосновых древостоев // Сибирский лесной журнал. 2022. № 3. С. 40–47.
5. Keren S., Diaci J., Motta R., Govedar Z. Stand structural complexity of mixed old-growth and adjacent selection forests in the dinaric mountains of Bosnia and Herzegovina // Forest Ecology and Management. 2017. V. 400. P. 531–541.
6. Borisov A.N., Ivanov V.V. *Pinus sylvestris* L. growth depending on available resources in ecological niche // Environmental Analysis & Ecology Studies. 2019. V. 5. No. 5. P. 571–573.
7. Schleeuwis K.G., Moisen G.G., Schroeder T.A., Toney C., Freeman E.A., Goward S.N., Huang C., Dungan J.L. US national maps attributing forest change: 1986–2010 // Forests. 2020. V. 11. No. 6. P. 653–672.
8. Кудрявцев А.Ю. Типы леса возвышенности «Сурская Шишка» // Лесохозяйственная информация. 2020. № 3. С. 27–45.
9. Пукинская М.Ю. Реконструкция динамики темных хвойных лесов Тебердинского заповедника и перспективы их естественного восстановления после массового усыхания // Поволжский экологический журнал. 2022. № 4. С. 431–451.
10. Jaloviar P., Saniga M., Kucbel S., Pittner J., Vencurik J., Dovciak M. Seven decades of change in a European old-growth forest following a stand-replacing wind disturbance: A long-term case study // Forest Ecology and Management. 2017. V. 399. P. 197–205.
11. Janda P., Trotsiuk V., Mikoláš M., Bače R., Nagel T.A., Seidl R., Seedre M., Morrissey R.C., Kucbel S., Jaloviar P., Jasík M., Vysoký J., Šamonil P., Čada V., Mrhalová H., Lábusová J., Nováková M.H., Rydval M., Matěju L., Svoboda M. The historical disturbance regime of mountain Norway spruce forests in the Western Carpathians and its influence on current forest structure and composition // Forest Ecology and Management. 2017. V. 388. P. 67–78.
12. Seidl R., Thom D., Kautz M., Martin-Benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Wild J., Ascoli D., Petr M., Honkaniemi J., Lexer M.J., Trotsiuk V., Mairota P., Svoboda M., Fabrika M., Nagel T.A., Reyer C.P.O. Forest disturbances under climate change // Nature Climate Change. 2017. V. 7. P. 395–402.
13. Fornal-Pieniak B., Ollik M., Schwerk A. Impact of different levels of anthropogenic pressure on the plant species composition in woodland sites // Urban Forestry & Urban Greening. 2019. V. 38. P. 295–304.

14. Keeley J.E., van Mantgem P., Falk D.A. Fire, climate and changing forests // *Nature Plants*. 2019. V. 5. No. 8. P. 774–775.

15. Thrippleton T., Lüscher F., Bugmann H. Climate change impacts across a large forest enterprise in the Northern Pre-Alps: Dynamic forest modelling as a tool for decision support // *European Journal of Forest Research*. 2020. V. 139. No. 3. P. 483–498.

16. Oparin M.L., Kudryavtsev A.Yu., Oparina O.S., Mamaev A.B. Invasion of the Black woodpecker (*Dryocopus martius* L.) (Picidae, Aves) into the Dyakovskiy (Saltovskiy) forest on the array of sands near the Yeruslan River // *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2021. No. 1. P. 97–106.

17. Maesano M., Ottaviano M., Lidestav G., Lasserre B., Matteucci G., Mugnozza G.S., Marchetti M. Forest certification map of Europe // *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 2018. V. 11. No. 4. P. 526–533.

18. Nigatu M. Review on role of forest certification // *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*. 2019. V. 18. No. 4. Article No. 555992.

19. Kumar Dh., Thakur C.L., Bhardwaj D.R., Sharma N., Sharma H., Sharma P. Sustainable forest management a global review // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2021. V. 10. No. 1. P. 2521–2528.

20. Маслов А.А. Динамический тренд в заповедных лесах центра Русской равнины и анализ причин сукцессионной динамики популяций растений // *Экология популяций: структура и динамика*. 1995. № 2. С. 643–655.

21. Мирин Д.М., Тиходеева М.Ю. Изменения растительности дубравы «Лес на Ворскле» заповедника Белогорье за 60 лет // *Ботанический журнал*. 2020. Т. 105. № 7. С. 672–686.

22. Пукинская М.Ю. О происхождении древостоев неморальных ельников Центрально-Лесного заповедника // *Ботанический журнал*. 2020. Т. 105. № 12. С. 1191–1206.

23. Пукинская М.Ю. Смена пород в неморальных ельниках Центрально-Лесного заповедника // *Поволжский экологический журнал*. 2020. № 4. С. 459–476.

24. Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов. Утверждены приказом № 472 Рослесхоза от 10.11.2011. М., 2011. С. 119–120.

25. Григорьевская А.Я., Горбунова Ю.С., Девятова Т.А. Фиторазнообразие как индикатор восстановления фации *Pinus sylvestris* L. Усманского бора после лесного пожара // *Теоретическая и прикладная экология*. 2022. № 3. С. 192–198.

26. Курнаев С.Ф. Основные типы леса средней части Русской равнины. М.: Наука, 1968. 354 с.

27. Кудрявцев А.Ю. Динамика экосистем свежей субори центра Приволжской возвышенности // *Поволжский экологический журнал*. 2022. № 3. С. 279–291.

28. Кудрявцев А.Ю., Опарин М.Л., Мамаев А.Б., Опарина О.С. Состояние колючих березняков Южного Зауралья в зоне высокой антропогенной нагрузки на

природные экосистемы // *Поволжский экологический журнал*. 2020. № 4. С. 427–441.

29. Санников С.Н., Петрова И.В., Санникова Н.С., Кочубей А.А., Санников Д.С. Дивергенция биогеоценозов в пределах типов сосновых лесов // *Экология*. 2017. № 4. С. 282–291.

30. Санников С.Н. Эколого-генетическая классификация типов леса на основе экодинамических рядов развития биогеоценозов // *Сибирский лесной журнал*. 2019. № 1. С. 3–19.

31. Черепанов С.К. Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб.: Мир и семья-95, 1995. 992 с.

32. Курнаев С.Ф. Основные типы леса средней части Русской равнины. М.: Наука, 1968. 354 с.

33. Лесное хозяйство: терминологический словарь / Под ред. А.Н. Филипчука. М.: ВНИИЛМ, 2002. 480 с.

References

1. Dyrenkov S.A. Structure and dynamics of taiga spruce forests. Leningrad: Nauka, 1984. 173 p. (in Russian).

2. Abaturov A.V., Antyukhina V.V. Dynamics of coniferous forests of the Moscow Region. Moskva: Nauka, 2000. 222 p. (in Russian).

3. Abaturov A.V., Melankholin P.N. Natural dynamics of the forest on permanent trial areas in the Moscow Region. Tula: Grif i K, 2004. 336 p. (in Russian).

4. Borisov A.N., Ivanov V.V. Simulation modeling of the growth of pine stands // *Sibirskij Lesnoj Zurnal*. 2022. No. 3. P. 40–47 (in Russian). doi: 10.15372/SJFS20220305

5. Keren S., Diaci J., Motta R., Govedar Z. Stand structural complexity of mixed old-growth and adjacent selection forests in the dinaric mountains of Bosnia and Herzegovina // *Forest Ecology and Management*. 2017. V. 400. P. 531–541. doi: 10.1016/j.foreco.2017.06.009

6. Borisov A.N., Ivanov V.V. *Pinus sylvestris* L. growth depending on available resources in ecological niche // *Environmental Analysis & Ecology Studies*. 2019. V. 5. No. 5. P. 571–573. doi: 10.31031/EAES.2019.05.000624

7. Schleeweis K.G., Moisen G.G., Schroeder T.A., Toney C., Freeman E.A., Goward S.N., Huang C., Dungan J.L. US national maps attributing forest change: 1986–2010 // *Forests*. 2020. V. 11. No. 6. P. 653–672. doi: 10.3390/f11060653

8. Kudryavtsev A.Yu. Forest types of the “Surskaya Shishka” upland // *Forestry Information*. 2020. No. 3. P. 27–45 (in Russian). doi: 10.24419/LHI.2304-3083.2020.3.03

9. Pukinskaya M.Yu. Reconstruction of the dynamics of the dark coniferous forests of the Teberdinsky Nature Reserve and prospects for their natural recovery after mass drying out // *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2022. No. 4. P. 431–451 (in Russian). doi: 10.35885/1684-7318-2022-4-431-451

10. Jaloviar P., Saniga M., Kucbel S., Pittner J., Vencurik J., Dovciak M. Seven decades of change in a European old-growth forest following a stand-replacing wind disturbance: A long-term case study // *Forest Ecology and Management*. 2017. V. 399. P. 197–205. doi: 10.1016/j.foreco.2017.05.036
11. Janda P., Trotsiuk V., Mikoláš M., Bače R., Nagel T.A., Seidl R., Seedre M., Morrissey R.C., Kucbel S., Jaloviar P., Jasík M., Vysoký J., Šamonil P., Čada V., Mrhalová H., Lábusová J., Nováková M.H., Rydval M., Matěju L., Svoboda M. The historical disturbance regime of mountain Norway spruce forests in the Western Carpathians and its influence on current forest structure and composition // *Forest Ecology and Management*. 2017. V. 388. P. 67–78. doi: 10.1016/j.foreco.2016.08.014
12. Seidl R., Thom D., Kautz M., Martin-Benito D., Peltoniemi M., Vacchiano G., Wild J., Ascoli D., Petr M., Honkaniemi J., Lexer M.J., Trotsiuk V., Mairota P., Svoboda M., Fabrika M., Nagel T.A., Reyer C.P.O. Forest disturbances under climate change // *Nature Climate Change*. 2017. V. 7. P. 395–402. doi: 10.1038/nclimate3303
13. Fornal-Pieniak B., Ollik M., Schwerk A. Impact of different levels of anthropogenic pressure on the plant species composition in woodland sites // *Urban Forestry & Urban Greening*. 2019. V. 38. P. 295–304. doi: 10.1016/j.ufug.2019.01.013
14. Keeley J.E., van Mantgem P., Falk D.A. Fire, climate and changing forests // *Nature Plants*. 2019. V. 5. No. 8. P. 774–775. doi: 10.1038/s41477-019-0485-x
15. Thrippleton T., Lüscher F., Bugmann H. Climate change impacts across a large forest enterprise in the Northern Pre-Alps: Dynamic forest modelling as a tool for decision support // *European Journal of Forest Research*. 2020. V. 139. No. 3. P. 483–498. doi: 10.1007/s10342-020-01263-x
16. Oparin M.L., Kudryavtsev A.Yu., Oparina O.S., Mamaev A.B. Invasion of the Black woodpecker (*Dryocopus martius* L.) (Picidae, Aves) into the Dyakovskiy (Saltovskiy) forest on the array of sands near the Yeruslan River // *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2021. No. 1. P. 97–106. doi: 10.35885/1684-7318-2021-1-97-106
17. Maesano M., Ottaviano M., Lidestav G., Lasserre B., Matteucci G., Mugnozza G.S., Marchetti M. Forest certification map of Europe // *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 2018. V. 11. No. 4. P. 526–533. doi: 10.3832/ifor2668-011
18. Nigatu M. Review on role of forest certification // *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*. 2019. V. 18. No. 4. Article No. 555992. doi: 10.19080/IJESNR.2019.18.555992
19. Kumar Dh., Thakur C.L., Bhardwaj D.R., Sharma N., Sharma H., Sharma P. Sustainable forest management a global review // *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 2021. V. 10. No. 1. P. 2521–2528. doi: 10.20546/ijemas.2021.1001.292
20. Maslov A.A. Dynamic trend in the protected forests of the center of the Russian plain and analysis of the causes of successional dynamics of plant populations // *Ekologiya Populyatsiy: Struktura i Dinamika*. 1995. No. 2. P. 643–655 (in Russian).
21. Mirin D.M., Tikhodeeva M.Yu. Change of vegetation of reserved oak-wood “Les na Vorskle” during 60 years // *Botanicheskii Zhurnal*. 2020. V. 105. No. 7. P. 672–686 (in Russian). doi: 10.31857/S0006813620070078
22. Pukinskaya M.Yu. On the origin of nemoral spruce forest stands in the Central Forest Reserve // *Botanicheskii Zhurnal*. 2020. V. 105. No. 12. P. 1191–1206 (in Russian). doi: 10.31857/S0006813620120157
23. Pukinskaya M.Yu. Tree change in nemoral spruce forests of the central forest reserve // *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2020. No. 4. P. 459–476 (in Russian). doi: 10.35885/1684-7318-2020-4-459-476
24. Methodical Recommendations on the State Forest Inventory Conduct. Approved by Order No. 472 of the Federal Forestry Agency of 10 November 2011. Moskva, 2011. P. 119–120 (in Russian).
25. Grigoryevskaya A.Ya., Gorbunova Yu. S., Deviatova T. A. Phyto-diversity as an indicator of the restoration of the *Pinus sylvestris* L. formation of the Usman forest after a forest fire // *Theoretical and Applied Ecology*. 2022. No. 3. P. 192–198 (in Russian). doi: 10.25750/1995-4301-2022-3-192-198
26. Kurnaev S.F. Main types of forest in the middle part of the Russian Plain. Moskva: Nauka, 1968. 354 p. (in Russian).
27. Kudryavtsev A.Yu. Dynamics of ecosystems of fresh subor (pine woods on sandy soils) in the central part of the Volga Upland // *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2022. No. 3. P. 279–291 (in Russian). doi: 10.35885/1684-7318-2022-3-279-291
28. Kudryavtsev A.Yu., Oparin M.L., Oparina O.S., Mamaev A.B., Kovalev D.V. State of split birch woods of the Southern Trans-Urals in the zone of high anthropogenic load on natural ecosystems // *Povolzhskiy Journal of Ecology*. 2020. No. 4. P. 427–441 (in Russian). doi: 10.35885/1684-7318-2020-4-427-441
29. Sannikov S.N., Petrova I.V., Sannikova N.S., Kochybei A.A., Sannikov D.S. Divergence of biogeocenoses within pine forest types // *Russian Journal of Ecology*. 2017. V. 48. No. 4. P. 340–349. doi: 10.1134/S1067413617040142
30. Sannikov S.N. Ecologic and genetic classification of forest types based on ecologic and genetic series of development of biogeocenoses // *Sibirskiy Lesnoy Zhurnal*. 2019. No. 1. P. 3–15 (in Russian). doi: 10.15372/SJFS20190101
31. Czerepanov S.K. Vascular plants of Russia and adjacent states (the former USSR). Sankt-Peterburg: Mir i sem'ia-95, 1995. 992 p. (in Russian).
32. Kurnaev S.F. The main types of forest in the middle part of the Russian Plain. Moskva: Nauka, 1968. 354 p. (in Russian).
33. Forestry: Terminology dictionary / Ed. A.N. Filipchuk. Moskva: VNIILM, 2002. 480 p. (in Russian).