

Оригинальная статья

УДК 630.187.22

<https://doi.org/10.35885/1684-7318-2022-3-279-291>

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ СВЕЖЕЙ СУБОРИ ЦЕНТРА ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

А. Ю. Кудрявцев

Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН
Россия, 410028, г. Саратов, ул. Рабочая, д. 24

Поступила в редакцию 20.07.2022 г., после доработки 18.08.2022 г., принята 27.08.2022 г.

Аннотация. Приведены результаты исследования динамики широко распространенного типа лесных экосистем центральной части Приволжской возвышенности – свежей субори (В2). 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 проведен анализ изменений всех компонентов насаждений. На его основе возрастной ряд был разделен на отдельные периоды и фазы. Тенденции изменения доли участия каждой лесообразующей породы в составе древостоя на разных возрастных стадиях описаны нелинейными уравнениями. Проведенное 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 березой), 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 путем естественного возобновления почти полностью исключена.

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

Для цитирования. Кудрявцев А. Ю. Динамика экосистем свежей субори центра Приволжской возвышенности // Поволжский экологический журнал. 2022. № 3. С. 279 – 291. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2022-3-279-291>

ВВЕДЕНИЕ

Проблема изучения динамики лесов – одна из самых актуальных в лесоведении (Дыренков, 1984; Абатуров, Антюхина, 2000; Абатуров, Меланхолин, 2004;

✉ Для корреспонденции. Лаборатория экологии наземных позвоночных степной зоны Саратовского филиала Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН.

ORCID и e-mail адрес: Кудрявцев Алексей Ювенальевич: akydtaks@mail.ru.

Борисов, Иванов, 2022; Keren et al., 2017; Borisov, Ivanov, 2019; Schleeweis et al., 2020). 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 упрощенной структуры и низкой устойчивостью. Основными факторами, определяющими состояние и развитие лесных экосистем, являются различные виды антропогенного воздействия: рубки, отчуждение территории, атмосферное загрязнение, лесные пожары, изменение климата (Кудрявцев и др., 2020; Jaloviar et al., 2017; Janda et al., 2017; Seidl et al., 2017; Fornal-Pieniak et al., 2019; Keeley et al., 2019; Thrippleton et al., 2020). Знания, полученные при исследовании динамики лесных сообществ, позволят решить задачу рационального использования лесных ресурсов (Maesano et al., 2018; Nigatu, 2019; Kumar et al., 2021).

Важнейшей составной частью программы экологического мониторинга в заповедниках является контроль состояния и естественного развития лесной растительности, не подверженной антропогенному воздействию (Маслов, 1995, 2020; Мирин, Тиходеева, 2020; Пукинская, 2020 *а, б*). Один из компонентов такой системы – лесоустройство заповедников (Методические рекомендации, 2011). 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.

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

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

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 н.у.м. Поверхность сложена породами палеогенового возраста, преимущественно песками и песчаниками. Рельеф слабоволнистый. Встречаются эоловые всхолмления, а также суффозионные воронки и блюдца, которые нередко заняты озерами или торфяными болотами.

Преобладают коренные сосновые леса, различные по составу, строению и производительности (Курнаев, 1968). Производные леса представлены в основном березняками с примесью осины и липы. Многие участки сосновых боров заповедника можно считать уникальными в ценотическом, 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 таежной флоры.

Первое лесоустройство территории заповедника проведено в 2002 – 2004 гг. 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. Массовые материалы лесоустройства были обработаны с помощью специально разработанных схем расчета в программе Microsoft Office Excel 2010.

В 2001 – 2002 гг. сотрудниками Почвенного института им. В. В. Докучаева РАН д-р с.-х. наук профессором В. П. Белобровым и канд. с.-х. наук А. Я. Ворониным было проведено картирование почвенного покрова участка «Верховья Суры», в результате которого составлена почвенная карта участка масштаба 1:10000. При этом ими 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 свежей субори естественного происхождения (Санников, 2019; Sannikov et al., 2017). В качестве учетных единиц для изучения динамики использовались описания таксационных выделов, занесенные 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, проведенных лесхозом в период с лесоустройства 1982 г. до заповедания участка в 1991 г., то есть примерно за 10 лет.

Видовые названия приводятся по С. К. Черепанову (1995).

Статистическая обработка материала включала расчет средних значений для показателей, характеризующих древостой, подрост и подлесок. 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 ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Свежие субори (B2) – наиболее распространенный на территории участка тип лесорастительных условий (Кудрявцев, 2020). Они занимают 2829.9 га, или 45.9% от общей площади участка (за исключением линейных и водных объектов). Древостои естественного происхождения занимают 66.7%, лесные культуры – 32.5%. На прогалины приходится 0.8%.

Основной массив земель этого типа расположен на юге участка и приурочен к водоразделу Суры и ее правого притока р. Час. Абсолютные высоты водораздель-

ного плато колеблются от 300 до 310 м, достигая максимальной отметки 316 м. По пологим склонам водораздела земли этого типа спускаются чуть ниже 290 м и далее сменяются менее дренированными участками. Почвы дерново-подзолистые неполноразвитые слабодифференцированные супесчаные на песках, склоновые дерново-подзолистые супесчаные на песках и дерново-подзолистые слабодифференцированные супесчаные на песках, подстилаемые песчаником на глубине до 150 см.

Анализ хозяйственных мероприятий, проведенных на территории участка с 1982 по 1991 г., показал следующее. Площадь рубок всех видов в древостоях свежей субори естественного происхождения составила более 770 га. В том числе: осветления – 25.4 га; прочистки – 16.0 га; прореживания – 17.1 га; проходные – 183.1 га; добровольно-выборочные – 24.6 га; санитарные – 21.7 га; сплошнолесосечные – 282.0 га. Таким образом, в течение 10 лет, предшествующих созданию участка заповедника, различными видами рубок было пройдено более 30% лесов, причем основная нагрузка пришлась на древостои высокого возраста. Кроме того, за этот период на лесосеках было создано 104.6 га лесных культур.

В составе сообществ свежей субори естественного происхождения в целом явно выражено преобладание сосны (*Pinus sylvestris* L.). В то же время довольно значительна доля березы (*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).

Таблица 1. Характеристика древостоев в возрастном ряду

Table 1. Characteristics of timber stands in 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	141–160	161–180	181–200	> 201	
Полнота 1-го яруса / Density of the 1 st canopy													
	0.66	0.73	0.79	0.71	0.71	0.68	0.65	0.63	0.74	0.7	0.6	0.43	–
Средняя высота, м / Average height, m													
<i>Pinus sylvestris</i> L.	2.6	5.5	11.8	20.2	23.6	25.9	27.8	28.8	30.8	32	34	33.6	–
<i>Quercus robur</i> L.	–	–	14.2	16	19	22	–	–	18	–	–	22	–
<i>Tilia cordata</i> Mill.	3	5.7	11.6	16.1	18.4	17.8	14	13.7	14.9	–	21.3	19.8	–
<i>Betula pendula</i> Roth.	6	8.9	15	20.3	22.6	23.9	24.9	23.4	20.8	–	22.2	25.1	–
<i>Populus tremula</i> L.	4.4	6.8	14	19.2	21.6	23	–	–	24.5	–	–	24.5	–
Состав, % от общего запаса / Composition, % of total volume													
<i>Pinus sylvestris</i> L.	14.5	12.6	13.0	57.5	70.3	82.6	89.2	91.8	68.9	100.0	65.8	64.6	60.7
<i>Quercus robur</i> L.	4.4	–	0.2	0.1	0.1	–	–	–	–	–	–	12.0	0.3
<i>Tilia cordata</i> Mill.	10.1	8.0	7.3	1.1	0.7	0.2	0.1	0.5	7.0	–	9.5	3.4	2.3
<i>Betula pendula</i> Roth.	34.6	70.2	71.0	37.9	26.3	15.9	10.7	7.7	22.5	–	24.7	8.6	32.2
<i>Populus tremula</i> L.	36.5	9.1	8.5	3.3	2.7	1.3	–	–	1.6	–	–	11.4	4.5

Примечание. Прочерк – вид отсутствует.

Note. Dash – no species.

ДИНАМИКА ЭКОСИСТЕМ СВЕЖЕЙ СУБОРИ

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 (*Pinus sylvestris* L.) – $y = -0.005x^2 + 1.357x - 3.5174$ ($R^2 = 0.88$); дуб (*Quercus robur* L.) – $y = 0.0008x^2 - 0.1224x + 4.3556$ ($R^2 = 0.98$); липа (*Tilia cordata* Mill.) – $y = 0.0007x^2 - 0.1565x + 9.7832$ ($R^2 = 0.53$); береза (*Betula pendula* Roth.) – $y = 0.0019x^2 - 0.6176x + 63.85$ ($R^2 = 0.61$); осина (*Populus tremula* L.) – $y = 0.002x^2 - 0.4887x + 25.952$ ($R^2 = 0.66$).

Присутствие сосны в древостоях до 40 лет невелико. На протяжении этого периода оно практически не изменяется. В период 41 – 60 лет происходит скачкообразный рост доли сосны, который продолжается в течение почти ста лет. Далее степень участия сосны в составе сообществ заметно снижается, оставаясь стабильной вплоть до максимального возраста. Доля мелколиственных пород (преимущественно березы) в составе сообществ довольно велика. Однако динамика березы и осины коренным образом различается. Широколиственные породы в целом представлены крайне незначительно. Однако на ранних стадиях развития древостоев их роль почти не уступает роли сосны.

В составе подроста наиболее распространенными породами являются липа и береза (табл. 2). Значительно меньше площадь, на которой отмечен подрост сосны. Дуб и клен остролистный (*Acer platanoides* L.) отмечались редко. Развитие подроста отмечено при достижении древостоями возраста 41 – 60 лет. В дальнейшем площадь, занимаемая подростом, быстро растет, его видовой состав становится более разнообразным. Наибольшим распространением, вплоть до достижения древостоями столетнего возраста, характеризуются береза и липа. В возрасте 101 – 140 лет широко распространен подрост сосны, который полностью отсутствует на более поздних стадиях развития. В возрасте свыше 140 лет отмечено довольно широкое распространение подроста клена остролистного, при преобладании березового и липового подростов.

Таблица 2. Распространение подроста и подлеска различных видов в возрастном ряду, % от общей площади древостоев

Table 2. Distribution of the undergrowth in the age row, % of the total square of timber stands

Вид / Species	Возраст, лет / Age, year											
	< 10	11–20	21–40	41–60	61–80	81–100	101–120	121–140	141–160	161–180	181–200	> 201
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Pinus sylvestris</i> L.	–	–	0.6	1.2	4.3	6.4	34.7	44.9	–	–	–	–
<i>Betula pendula</i> Roth.	–	–	–	1.7	9.7	21.4	31.3	55.0	58.3	100.0	46.7	24.4
<i>Quercus robur</i> L.	–	–	0.6	–	1.9	–	–	7.0	–	–	–	–
<i>Acer platanoides</i> L.	–	–	–	1.7	1.4	–	3.0	2.2	25.0	–	33.3	–
<i>Tilia cordata</i> Mill.	–	–	–	4.5	16.2	21.5	16.8	28.6	58.3	100.0	100.0	100.0
<i>Euonymus verrucosa</i> Scop.	5.2	28.1	24.6	14.5	26.3	30.9	36.9	37.1	81.3	100.0	33.3	75.6
<i>Daphne mezereum</i> L.	–	–	0.5	–	0.4	–	–	17.6	–	–	–	24.4
<i>Frangula alnus</i> Mill.	–	4.7	4.2	15.6	17.0	21.6	24.5	5.5	–	–	33.3	24.4
<i>Corylus avellana</i> L.	–	7.5	–	8.7	0.8	3.6	–	2.8	–	–	–	–

Окончание табл. 2
Table 2. Continuation

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Juniperus communis</i> L.	–	2.4	3.9	–	0.2	–	–	7.0	–	–	–	–
<i>Sorbus aucuparia</i> L.	46.6	67.7	71.3	55.7	73.0	94.0	77.3	92.9	100.0	100.0	100.0	100.0
<i>Chamaecytisus ruthenicus</i> (Fisch. ex Woloszcz.)	54.4	47.2	22.2	9.6	10.6	29.1	20.8	18.0	20.8	–	–	–

Примечание. Прочерк – вид отсутствует.

Note. Dash – no species.

В составе подлеска отмечено 13 видов. Явно выражено преобладание рябины (*Sorbus aucuparia* L.). Однако на начальных стадиях развития сообществ по степени распространения ей не уступает ракитник (*Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch.)). Слабо представленный на начальной стадии формирования сообществ бересклет (*Euonymus verrucosa* Scop.) резко увеличивает свое присутствие уже в возрасте 11 – 20 лет. Вплоть до достижения возраста 140 лет степень его распространения остается достаточно стабильной, затем он наряду с рябиной господствует в составе подроста. Сходным образом ведет себя и крушина ломкая (*Frangula alnus* Mill.), однако степень ее распространения значительно меньше. Редкие виды кустарников приурочены к различным стадиям развития древостоев. Лещина (*Corylus avellana* L.) приурочена к ранним стадиям, можжевельник (*Juniperus communis* L.) – к средним, а волчье лыко (*Daphne mezereum* L.) – к поздним.

Последующий анализ таксационных описаний показал, что единый возрастной ряд состоит из сообществ различного состава (табл. 3). Для оценки специфики лесных сообществ были выделены следующие категории древостоев естественного происхождения, существенно различающихся по составу и строению (Лесное хозяйство., 2002):

сосновые чистые – в составе не менее 90% сосны;

сосновые смешанные – в составе 70 – 80% сосны;

сосново-мелколиственные – в составе 30 – 60% сосны, мелколиственных (преимущественно березы) – 30 – 70 %;

широколиственные смешанные – в составе не менее 40% широколиственных видов (в категорию включены один дубовый и один липовый выделы);

березовые чистые – в составе не менее 90% березы;

березовые смешанные – в составе 70 – 80% березы (чаще сосново-березовые);

осиновые чистые – в составе не менее 90% осины;

осиновые смешанные – в составе 70 – 80% осины (чаще с примесью березы);

мелколиственные – в составе не менее 80% мелколиственных видов;

мелколиственные смешанные – в составе 60 – 70% мелколиственных видов;

смешанные – ни одна группа видов (хвойные, широколиственные, мелколиственные) не имеет явного преобладания в составе;

многоярусные – древостой с изреженным первым ярусом (как правило, сосновым) и более молодым вторым ярусом (преимущественно березовым).

Таблица 3. Доля древостоев различного типа в возрастном ряду, % от общей площади**Table 3.** Share of the different types of timber stands in the age row, % of the total square of timber stands

Тип сообществ / Community type	Возраст, лет / Age, year											
	< 10	11–20	21–40	41–60	61–80	81–100	101–120	121–140	141–160	161–180	181–200	> 201
Сосняки чистые / Pure pine	–	–	1.4	12.3	31.8	45.4	66.5	79.3	–	100.0	–	–
Сосняки смешанные / Mixed pine	7.0	4.9	3.5	23.4	28.9	44.6	23.4	8.4	36.5	–	47.6	–
Сосново-мелколиственные / Pine small-leaves	–	1.9	2.7	31.7	18.4	4.8	8.6	1.1	5.2	–	–	–
Многоярусные / Complicated	–	–	–	–	1.6	4.2	1.5	11.1	58.4	–	52.4	100.0
Широколиственные смешанные / Mixed broad-leaves	15.4	3.3	3.7	0.3	0.4	–	–	–	–	–	–	–
Березовые чистые / Pure birch	6.9	23.9	36.4	4.5	2.3	–	–	–	–	–	–	–
Березовые смешанные / Mixed birch	16.2	46.4	36.2	20.3	10.6	0.7	–	–	–	–	–	–
Осиновые чистые / Pure aspen	10.1	1.1	–	–	0.1	–	–	–	–	–	–	–
Осиновые смешанные / Mixed aspen	6.9	1.7	–	1.7	0.1	0.3	–	–	–	–	–	–
Мелколиственные / Small-leaves	31.6	9.0	6.4	1.6	3.7	–	–	–	–	–	–	–
Мелколиственные смешанные / Mixed small-leaves	6.1	7.2	8.6	1.8	1.6	–	–	–	–	–	–	–
Смешанные / Mixed	–	0.6	1.0	2.4	0.4	–	–	–	–	–	–	–

Примечание. Прочерк – вид отсутствует.*Note.* Dash – no species.

При этом каждой возрастной стадии присущ определенный спектр сообществ. Самые молодые древостои характеризуются наиболее широким спектром и преобладанием смешанных сообществ. Среди древостоев более позднего возраста явно преобладают березняки. В сообществах старше 40 лет господство переходит к насаждениям с преобладанием сосны, а в более высоковозрастных группах сохраняются лишь чистые сосняки, которые постепенно трансформируются в многоярусные древостои.

Изменение лесной растительности в результате хозяйственной деятельности можно описать следующим образом. После рубки коренных сосновых лесов формировались преимущественно сосновые древостои с небольшой примесью мелколиственных пород. Вырубка древостоев на месте коренных насаждений привела к формированию значительных площадей сообществ смешанного состава и мелколиственных древостоев (преимущественно березняков). 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). Под пологом изреженных сосняков формируется березовый подрост. Ведущую роль приобретает вегетативное возобновление лиственных пород, а молодое поколение березы продуцирует огромное количество семян. Се-

менным и вегетативным путем происходит новая, еще более мощная, чем на вырубках коренных сосняков, вспышка возобновления лиственных пород. Для них характерен энергичный рост, особенно в первое десятилетие после рубки, что еще более усугубляет угнетение сосны.

Лесные сообщества следующего поколения возникают уже на месте различных по составу производных лесов второго поколения. В результате образовались значительные площади осинников и древостоев с преобладанием широколиственных пород. В старовозрастных сосняках, пройденных выборочными рубками, формируются нижние ярусы, образованные различными видами лиственных деревьев. В результате доля сосны в составе древостоев, как и доля сосновых лесов младших возрастов, становится минимальной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обработка таксационных описаний позволила выявить в экотопах, соответствующих свежей субли, различные по составу и строению сообщества. Объединение полученных материалов во временной ряд показало, что каждой возрастной стадии присущ определенный спектр сообществ. При этом наибольшим разнообразием характеризуются ранние возрастные стадии. После начала применения сплошнолесосечных рубок площадь, занятая лиственными деревьями (прежде всего березой), постоянно росла. Следствием масштабного применения рубок промежуточного пользования, санитарных и добровольно-выборочных рубок стало формирование изреженных сосновых древостоев. Обильное плодоношение молодых мелколиственных древостоев обусловило возникновение в старовозрастных сосняках яруса из лиственных деревьев (преимущественно березы). Таким образом, проведенное 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 – березы и осины. Эти факторы вызвали ухудшение условий естественного возобновления сосны. В результате к настоящему времени возможность формирования сосновых древостоев путем 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 (березняки и осинники), довольно значительную площадь занимают древостои с преобладанием широколиственных пород (липы и дуба).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Абатуров А. В., Антюхина В. В. Динамика хвойных лесов Подмосковья. М. : Наука, 2000. 222 с.
- Абатуров А. В., Меланхолин П. Н. Естественная динамика леса на постоянных пробных площадях в Подмосковье. Тула : Гриф и К, 2004. 336 с.

- Борисов А. Н., Иванов В. В.* Имитационное моделирование роста сосновых древостоев // Сибирский лесной журнал. 2022. № 3. С. 40 – 47. <https://doi.org/10.15372/SJFS20220306>
- Дыренков С. А.* Структура и динамика таежных ельников. Л. : Наука. Ленингр. отд-ние, 1984. 173 с.
- Кудрявцев А. Ю.* Типы леса возвышенности «Сурская Шишка» // Лесохозяйственная информация. 2020. № 3. С. 27 – 45.
- Кудрявцев А. Ю., Опарин М. Л., Опарина О. С., Мамаев А. Б., Ковалев Д. В.* Состояние колючих березняков Южного Зауралья в зоне высокой антропогенной нагрузки на природные экосистемы // Поволжский экологический журнал. 2020. № 4. С. 427 – 441. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-4-427-441>
- Курнаев С. Ф.* Основные типы леса средней части Русской равнины. М. : Наука, 1968. 354 с.
- Лесное хозяйство : терминологический словарь / под общ. ред. А. Н. Филипчака. М. : ВНИИЛМ, 2002. 480 с.
- Маслов А. А.* Динамический тренд в заповедных лесах центра Русской равнины и анализ причин сукцессионной динамики популяций растений // Экология популяций : структура и динамика. 1995. Вып. 2. С. 643 – 655.
- Маслов А. А.* Вековой широколиственный лес в центре Москвы: структура и динамика за 20 лет наблюдений // Лесохозяйственная информация. 2020. № 4. С. 32 – 39.
- Методические рекомендации по проведению государственной инвентаризации лесов. Утверждены приказом № 472 Рослесхоза от 10.11.2011 г. М., 2011. С. 119 – 120.
- 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.
- Пукинская М. Ю.* О происхождении древостоев неморальных ельников Центрально-Лесного заповедника // Ботанический журнал. 2020 а. Т. 105, № 12. С. 1191 – 1206.
- Пукинская М. Ю.* Смена пород в неморальных ельниках Центрально-Лесного заповедника // Поволжский экологический журнал. 2020 б. № 4. С. 459 – 476. <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-4-459-476>
- Санников С. Н.* Эколого-генетическая классификация типов леса на основе экодинамических рядов развития биогеоценозов // Сибирский лесной журнал. 2019. № 1. С. 3 – 15.
- Черепанов С. К.* Сосудистые растения России и сопредельных государств. СПб. : Мир и семья-95, 1995. 992 с.
- Boriso A. N., Ivanov V. V.* *Pinus sylvestris* L. growth depending on available resources in ecological niche // Environmental Analysis & Ecology Studies. 2019. Vol. 5, iss. 5. P. 571 – 573. <https://doi.org/10.31031/EAES.2019.05.000624>
- 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. Vol. 38. P. 295 – 304. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.01.013>
- 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. Vol. 399. P. 197 – 205.
- 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. Vol. 388. P. 67 – 78.
- Keeley J. E., van Mantgem P., Falk D. A.* Fire, climate and changing forests // Nature Plants. 2019. Vol. 5, iss. 8. P. 774 – 775.

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. Vol. 400. P. 531 – 541.

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. Vol. 10, № 1. P. 2521 – 2528.

Maesano M., Ottaviano M., Lidestav G., Lasserre B., Matteucci G., Scarascia Mugnozza G., Marchetti M. Forest certification map of Europe // *iForest – Biogeosciences and Forestry*. 2018. Vol. 11, iss. 4. P. 526 – 533. <https://doi.org/10.3832/ifer2668-011>

Nigatu M. Review on role of forest certification // *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*. 2019. Vol. 18, iss. 4. P. 121 – 123.

Sannikov S. N., Petrova I. V., Sannikova N. S., Kochubey A. A., Sannikov D. S. Divergence of biogeocenoses within pine forest types // *Russian Journal of Ecology*. 2017. Vol. 48, iss. 4. P. 340 – 349.

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. Vol. 11, № 6. P. 653 – 672.

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., Reyser C. P. O. Forest disturbances under climate change // *Nature Climate Change*. 2017. Vol. 7. P. 395 – 402.

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. Vol. 139, iss. 3. P. 483 – 498. <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01263-x>

Dynamics of ecosystems of fresh subor (pine woods on sandy soils) in the central part of the Volga Upland

A. Yu. Kudryavtsev

Saratov Branch of A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences
24 Rabochaya St., Saratov 410028, Russia

Received: 20 July 2022 / revised: 18 August 2022 / accepted: 27 August 2022

Abstract. The results of our study of the dynamics of fresh subor (B2), a widespread type of forest ecosystems in the central part of the Volga Upland, are presented. The study was carried out on the territory of the Upper Sura section of the Privolzhskaya Forest-Steppe Nature Reserve. The course of the process was studied in the age series identified in homogeneous forest conditions based on the principles of dynamic classification of forest types. As a result of processing the forest inventory data, the average values of forest stand taxation indicators were obtained for each age class. At the same time, analysis of changes in all the components of plantations 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 were described by nonlinear equations. The study showed the resulting age series to be a series of transformation of forest communities. Violation of the course of the forest formation process led to a large-scale change of indigenous plantations to derivative ones. After the beginning of the use of clear-cutting fellings, the area occupied by deciduous trees (primarily birch) has been constantly growing. The large-scale use of intermediate-use, sanitary and voluntary-selective cuttings resulted in the formation of sparse pine stands. At the same time, transformation of the lower tiers of communities took place. These factors caused deterioration of the conditions for natural pine regeneration (*Pinus sylvestris* L.). As a result, by now the possibility of forming pine forest stands through natural regeneration is almost completely excluded.

Keywords: forest-growth conditions, dynamic series, anthropogeneous transformation, Volga Upland

For citation: 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, pp. 279–291 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2022-3-279-291>

REFERENCES

- Abaturov A. V., Antyukhina V. V. *Dinamika khvoynykh lesov Podmoskov'ia* [Dynamics of Coniferous Forests of the Moscow region]. Moscow, Nauka Publ., 2000. 222 p. (in Russian).
- Abaturov A. V., Melankholin P. N. *Estestvennaia dinamika lesa na postoiannykh probnykh ploshchadiakh v Podmoskov'e* [Natural Dynamics of the Forest on Permanent Trial Areas in the Moscow Region]. Tula, Grif i K Publ., 2004. 336 p. (in Russian).
- Borisov A. N., Ivanov V. V. Simulation modeling of the growth of pine stands. *Siberian Journal of Forest Science*, 2022, no. 3, pp. 40 – 47 (in Russian). <https://doi.org/10.15372/SJFS20220306>

✉ *Corresponding author.* Laboratory of Ecology of Terrestrial Vertebrates of the Steppe Zone, Saratov branch of A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences, Russia.

ORCID and e-mail address: Alexey Yu. Kudryavtsev: akydtaks@mail.ru.

- Dyrenkov S. A. *Struktura i dinamika taezhnykh el'nikov* [Structure and Dynamics of Taiga Spruce Forests]. Leningrad, Nauka. Leningradskoye otdeleniye Publ., 1984. 173 p. (in Russian).
- Kudryavtsev A. Forest types of the “Surskaya Shishka” upland. *Forestry Information*, 2020, no. 3, pp. 27–45 (in Russian).
- 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, pp. 427–441 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-4-427-441>
- Kurnaev S. F. *Osnovnye tipy lesa srednei chasti Russkoi ravniny* [Main Types of Forest in the Middle Part of the Russian Plain]. Moscow, Nauka Publ., 1968. 354 p. (in Russian).
- Lesnoe khoziaistvo: Terminologicheskii slovar. Pod obshch. red. A. N. Filipchuka* [A. N. Filipchuk, ed. Forestry: Terminology Dictionary]. Moscow, VNIILM Publ., 2002. 480 p. (in Russian).
- 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, iss. 2, pp. 643–655 (in Russian).
- Maslov A. A. Old-growth broad-leaved forest in the center of Moscow City: Structure and dynamics over 20 years of observations. *Forestry Information*, 2020, no. 4, pp. 32–39 (in Russian).
- Metodicheskie rekomendatsii po provedeniiu gosudarstvennoi inventarizatsii lesov. Uтверждены приказом № 472 Рослесkhoza от 10.11.2011 г.* [Methodical Recommendations on the State Forest Inventory Conduct. Approved by Order No. 472 of the Federal Forestry Agency of 10 November 2011]. Moscow, 2011, pp. 119–120 (in Russian).
- Mirin D. M., Tikhodeeva M. Yu. Change of Vegetation of Reserved Oak-Wood “Les na Vorskle” During 60 Years. *Botanicheskii zhurnal*, 2020, vol. 105, no. 7, pp. 672–686 (in Russian).
- Pukinskaya M. Yu. On the origin of nemoral spruce forest stands in the Central Forest Reserve. *Botanicheskii zhurnal*, 2020 a, vol. 105, no. 12, pp. 1191–1206 (in Russian).
- Pukinskaya M. Yu. Tree change in nemoral spruce forests of the Central Forest Reserve. *Povolzhskiy Journal of Ecology*, 2020 b, no. 4, pp. 459–476 (in Russian). <https://doi.org/10.35885/1684-7318-2020-4-459-476>
- Sannikov S. N. Ecologic and genetic classifications of forest types based on ecologic and genetic series of development of biogeocenoses. *Siberian Journal of Forest Science*, 2019, no. 1, pp. 3–15 (in Russian).
- Cherepanov S. K. *Vascular Plants of Russia and Adjacent States (the former USSR)*. Saint Petersburg, Mir i sem'ia-95 Publ., 1995. 992 p. (in Russian).
- Borisov A. N., Ivanov V. V. *Pinus sylvestris* L. growth depending on available resources in ecological niche. *Environmental Analysis & Ecology Studies*, 2019, vol. 5, iss. 5, pp. 571–573. <https://doi.org/10.31031/EAES.2019.05.000624>
- 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, vol. 38, pp. 295–304. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2019.01.013>
- 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, vol. 399, pp. 197–205.
- 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, vol. 388, pp. 67–78.
- Keeley J. E., van Mantgem P., Falk D. A. Fire, climate and changing forests. *Nature Plants*, 2019, vol. 5, iss. 8, pp. 774–775.

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, vol. 400, pp. 531–541.

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, vol. 10, no. 1, pp. 2521–2528.

Maesano M., Ottaviano M., Lidestav G., Lasserre B., Matteucci G., Scarascia Mugnozza G., Marchetti M. Forest certification map of Europe. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, 2018, vol. 11, iss. 4, pp. 526–533. <https://doi.org/10.3832/ifer2668-011>

Nigatu M. Review on role of forest certification. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 2019, vol. 18, iss. 4, pp. 121–123.

Sannikov S. N., Petrova I. V., Sannikova N. S., Kochubey A. A., Sannikov D. S. Divergence of biogeocenoses within pine forest types. *Russian Journal of Ecology*, 2017, vol. 48, iss. 4, pp. 340–349.

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, vol. 11, no. 6, pp. 653–672.

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., Reyser C. P. O. Forest disturbances under climate change. *Nature Climate Change*, 2017, vol. 7, pp. 395–402.

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, vol. 139, iss. 3, pp. 483–498. <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01263-x>