

**П.А. Феклистов, Ж.А. Бруева, И.Н. Болотов, С.С. Макаров,  
А.И. Чудецкий**

## **ИЗМЕНЕНИЕ СОСНОВЫХ ФИТОЦЕНОЗОВ В ПРОЦЕССЕ ПЕРВИЧНОЙ СУКЦЕССИИ**

*Введение.* Под сукцессиями понимают последовательную смену одной экосистемы другой, а последовательный ряд закономерно сменяющихся друг друга сообществ называется сукцессионной серией. Проследить и изучить всю сукцессионную серию от вселения организмов на незанятую территорию до климаксового сообщества не представляется возможным из-за длительности этого процесса. Но вопросы сукцессионных изменений очень важны и освещаются в литературе [Wardle, Zackrisson, 2005; Song et al., 2007; Liu et al., 2008; Hansen et al., 2013]. В то же время отдельные этапы этого процесса можно вычлениить и изучить. Общие представления о сукцессионных изменениях имеются, однако конкретных данных о сукцессионных сериях очень мало, особенно по первичным сукцессиям, которые начинаются на лишённом жизни участке территории, так как предполагают, что таких почти нет. Также немногочисленны данные о сукцессионных сериях в лесных экосистемах, где роль эдификаторов принадлежит деревьям, которые имеют большую продолжительность жизни [Framstad et al., 2013; Voiffin et al., 2015].

Вторичные сукцессии после рубки леса более или менее изучены, что связано с необходимостью восстановления лесов [Беляев, 2011; Широких и др., 2013; Мартыненко и др., 2014; Зарубина, Коновалов, 2015; Широких и др., 2019]. Также много работ посвящено вторичным сукцессиям на землях, вышедших из сельскохозяйственного пользования [Назаренко, Батюшева, 2021; Телеснина, 2021; Широких и др., 2023]. Первичные сукцессии на отвалах породы, появившихся в результате добычи полезных ископаемых, также нашли отражение в литературе [Осипов, 2006; Хомушку, Самбуу, 2015]. Имеет значение исторический фактор в сукцессионной динамике [Рысин, 2006]. Отдельные этапы в сукцессионной серии ценны, так как позволяют выявить наиболее важные закономерности в их изменении и развитии. Как видим, первичные сукцессии в лесных экосистемах изучены недостаточно.

В связи с этим была поставлена цель изучить протекание этого процесса на песчаном острове в Белом море, где было очевидно, что это первичная сукцессия.

*Материалы и методика исследования.* На острове Ягры, который располагается в Двинском заливе Белого моря (в Яндовой губе) близ г. Северодвинска Архангельской области, происходят заметные и интересные в научном плане сукцессионные изменения в составе растительности. Фактически здесь можно наблюдать первичную сукцессию по вселению на некогда песчаный остров серии сообществ. Сначала это были сообщества из травянистой растительности, а затем появились сосновые фитоценозы. Вселение сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.) и других видов древесной растительности, по-видимому, происходило с юга и юго-востока острова Ягры за счет налета семян с островов, отделенных от него небольшими протоками. На северной или северо-восточной части острова лесные массивы прерываются бывшим сенокосом и тростниковыми зарослями, а в крайней точке (у маяка) образовался лесной массив из соснового древостоя (рис. 1).



Рис. 1. Сосновый древостой, сформировавшийся на месте лугового фитоценоза: (а) – островок соснового леса на северо-восточной оконечности острова Ягры; (б) – внутри древостоя

*Fig. 1.* A pine stand formed on the site of a meadow phytocenosis: (a) – an island of pine forest at the northeastern tip of Yagry Island; (b) – inside the stand

Этот сосняк отделен от основного массива лесов острова довольно большим промежутком (800–900 м) с луговой растительностью и тростниковыми зарослями (рис. 2). Здесь, а также в ближайшем сосняке в сплошном лесном массиве были заложены пробные площади с подробным лесотаксационным (табл. 1) и геоботаническим описанием. При этом руководствовались общепринятыми рекомендациями [Анучин, 1982; Лесная..., 2023]. Кроме того, были взяты керны возрастным буровом для изучения возрастной структуры и прироста деревьев сосны (50 деревьев).



Рис. 2. Фрагмент о. Ягры с древостоями сосны на разных стадиях сукцессии (на севере – 1 стадия, на юге – 2 стадия, пробные площади выделены белыми прямоугольниками) (Яндекс.Карты)

Fig. 2. Fragment of Jagry Island with stands of pine at different stages of succession (in the north – stage 1, in the south – stage 2) (Yandex.Maps)

Измерение прироста проводили с помощью микроскопа МБС-9 с точностью  $\pm 0,05$  мм. Для оценки синхронности прироста использовалась ранее предложенная формула [Феклистов, 1978; Феклистов, и др. 2020]:

$$K = \frac{\sum_1^n |A + B|^+}{\sum_1^n |A| + |B|}, \quad (1)$$

где  $A$  – разница в величине прироста между соседними годами в одном ряду;  $B$  – разница в величине прироста между соседними годами в другом

ряду;  $|A+B|^+$  – абсолютная величина «вес» однонаправленных интервалов, обе разности с одним значком;

$|A|+|B|$  – сумма абсолютных величин, общий «вес» всех интервалов, сумма абсолютных величин всех разниц.

Коэффициент синхронности учитывает, как тенденцию изменения прироста от года к году, так и абсолютную величину отклонений. Это способствует приданию «веса» наиболее крупным и заметным изменениям прироста. Данный коэффициент изменяется от 0% до 100%. Если коэффициент менее 50%, дендрошкалы асинхронны, если более 50% – наблюдается синхронность дендрошкал.

При изучении живого напочвенного покрова использовались индексы Жаккара ( $I_J$ , (2)) и Серенсена-Чекановского ( $I_S$ , (3)). Эти коэффициенты равны 1 в случае полного совпадения видов сообществ и равны 0, если выборки различны и не включают общих видов:

$$I_J = \frac{c}{(a+b-c)} * 100, \quad (2)$$

$$I_S = \frac{2c}{(a+b)} * 100, \quad (3)$$

где  $a$  – число видов в первом описании,  $b$  – число видов во втором описании,  $c$  – число видов, общих для двух сравниваемых сообществ.

Базисную плотность определяли исходя из рекомендаций Г.А. Чибисова и др. [2005].

Таблица 1

**Таксационная характеристика древостоев**

**Taxation characteristics of stands of trees**

№ ПП	Тип леса	Состав	Порода	Средние		Полнота		Возраст, лет	Бонитет	Запас, м <sup>3</sup> /га
				диаметр, см	высота, м	абсолютная, м <sup>2</sup> /га	относительная			
6	Сосняк брусничный	10С	С	19,4±0,7	14,2±0,2	25,7	0,89	53	4	185
7	Сосняк чернично-злаковый	10С	С	18,6±0,9	13,5±0,4	30,2	1,05	44	4	206

*Результаты исследования и их обсуждение.* Изученные сосняки представляют из себя часть сукцессионной серии. Хотя это не начальная ста-

дия, но это важная часть сукцессионной серии вселения сосны на белесую часть песчаного острова. Изначально появилась травянистая растительность, и лишь потом – деревья сосны. Продолжительность существования травянистой растительности неизвестна, а вот время заселения сосной можно проследить по годичным кольцам деревьев (возрасту деревьев). Средний возраст сосняков различается примерно на 10 лет. Для удобства изложения сосняк более молодой условно будем относить к первой стадии сукцессии, а постарше – ко второй стадии.

В типологическом отношении оба сосняка с трудом вписываются в типологические построения В.Н. Сукачева, так как они, с одной стороны, содержат значительное число видов растений напочвенного покрова, характерных для луговой растительности, а с другой – и чисто лесные виды. Кроме того, они формировались на песках и в классическом понимании должны бы относиться по меньшей мере к лишайниковой группе типов леса. Но здесь нет и намек на виды растений напочвенного покрова, типичные для этой группы типов. Руководствуясь методическими рекомендациями В.Н. Сукачева и С.В. Зонна [1961], а также сравнением с другими сосняками острова Ягры, авторы дали названия сообществам по доминантам: сосняк на первой стадии – чернично-злаковый, на второй – брусничный. Сосняк в первой стадии несмотря на довольно большую густоту древостоя (1112 шт./га) и низкую освещенность под пологом этого сосняка (освещенность на высоте груди составляет в среднем 2583 лкс, а на уровне травяно-кустарничкового яруса – 1062 лкс в солнечную ясную погоду), сохранилось большое количество светолюбивых видов с высоким проективным покрытием (табл. 2). В напочвенном покрове преобладают злаки: луговик извилистый, щучка дернистая, полевица обыкновенная. Встречаются чемерица, папоротник Линнея (голокучник), но в то же время появляются и такие теневыносливые виды, как черника, майник, седмичник, а в мохово-лишайниковом ярусе – плеуроциум Шребера.

За 10 лет со многими видами произошли существенные изменения. Щучка дернистая, полевица обыкновенная, пырей ползучий, исчезли полностью; из злаков остался лишь луговик извилистый, но его проективное покрытие сократилось более чем в 2 раза (рис. 3). Исчезли чемерица, дерен шведский, голокучник. Напротив, увеличилось проективное покрытие майника, черники, седмичника и особенно сильно плеуроциума Шребера. Одним из доминантов стала брусника, ранее отсутствовавшая. Теперь можно с уверенностью говорить, что на второй стадии формируется сосняк брусничный.

Таблица 2

**Изменение напочвенного покрова по стадиям сукцессии**  
**Change in ground cover by stages of succession**

Вид	Проективное покрытие по стадиям сукцессии и пробным площадям, %	
	2 стадия (ПП №6)	1 стадия (ПП №7)
Травяно-кустарничковый ярус		
Черника обыкновенная <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	3	2,7
Брусника обыкновенная <i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	11,2	–
Майник двулистный <i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F.W.Schmidt	11,2	2,5
Луговик извилистый <i>Avenella flexuosa</i> (L.) Drejer	12,2	28,5
Седмичник европейский <i>Trientalis europaea</i> L.	0,8	1,3
Осока <i>Carex</i> sp.	–	1
Дерен шведский <i>Chamaeperichlymenum suecicum</i> (L.) Asch. & Graebn.	–	0,5
Щучка дернистая <i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	–	10,6
Кипрей узколистный <i>Chamaenerion angustifolium</i> (L.) Scop.	0,8	–
Полевица обыкновенная <i>Agrostis tenuis</i> Sibth.	–	2,9
Папоротник Линнея (Голокучник трехраздельный) <i>Gymnocarpium dryopteris</i> (L.) Newman	–	0,2
Чемерица Лобеля <i>Veratrum lobelianum</i> Bernh.	–	0,2
Пырей ползучий <i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	–	0,1
Водяника черная <i>Empetrum nigrum</i> L.	0,1	–
Мохово-лишайниковый ярус		
Плеуроциум Шребера <i>Pleurozium schreberi</i> (Willd.ex Brid.) Mitt.	11,3	1,7
Кукушкин лен обыкновенный <i>Polytrichum commune</i> Hedw.	–	0,6

Общность растительных сообществ по видовому составу растений напочвенного покрова составляет по коэффициенту Жаккара 0,4, а по коэффициенту Сьеренсена – 0,57.

Наиболее важными являются изменения древесного яруса, так как именно он является эдикатором. Если на первой стадии сукцессии возраст в среднем составляет 44±1 лет (среднее значение достоверно, критерий Стьюдента 46 при  $t_{0,05}=2,1$ ), то на второй стадии средний возраст – 53±6 лет (среднее значение достоверно, критерий Стьюдента  $F_{st} = 47$ ).

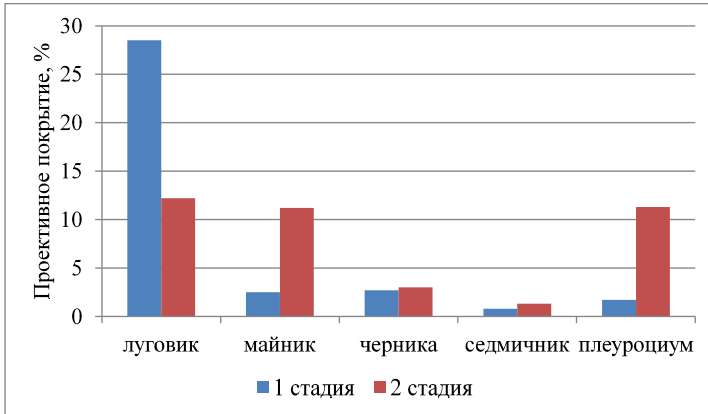


Рис. 3. Изменение проективного покрытия некоторых видов напочвенного покрова на разных стадиях сукцессии

Fig. 3. Changes in the projective coverage of some types of ground cover at different stages of succession

Изменение возрастной структуры сосняка за 10 лет происходило следующим образом. Деревья в возрасте 21 – 40 лет перешли в следующий класс возраста и пополнили возрастную категорию 41–60 лет, а из 41–60 лет – соответственно, в 61–80 лет (рис. 4).

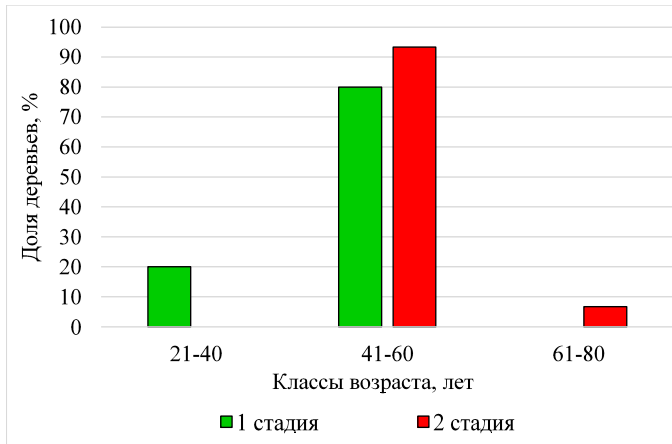


Рис. 4. Изменение возрастной структуры по стадиям сукцессии

Fig. 4. Changes in the age structure by stages of succession

Средний диаметр деревьев за 10 лет увеличился на 0,8 см, высота – на 0,7 м, а число деревьев, наоборот, уменьшилось на 72 шт./га, следуя известному правилу самоизреживания (табл. 3).

Таблица 3

**Сукцессионные изменения наиболее важных параметров древостоя**

**Successional changes in the most important tree stand parameters**

Стадия сукцессии	Средний диаметр, см	Средняя высота, м	Густота, шт./га
1 стадия	18,6	13,5	942
2 стадия	19,4	14,2	869

Примечание: густота приведена к одинаковой полноте древостоев

Интересно сравнение средней многолетней динамики радиального прироста на двух стадиях сукцессии (рис. 5). Сравнение производится за период с 1992 г., так как именно с этого времени можно было использовать для получения средних значений все взятые учетные деревья. Если брать более продолжительный период, то из-за их разного возраста и, соответственно, разной продолжительности временного ряда их количество неуклонно сокращалось бы.

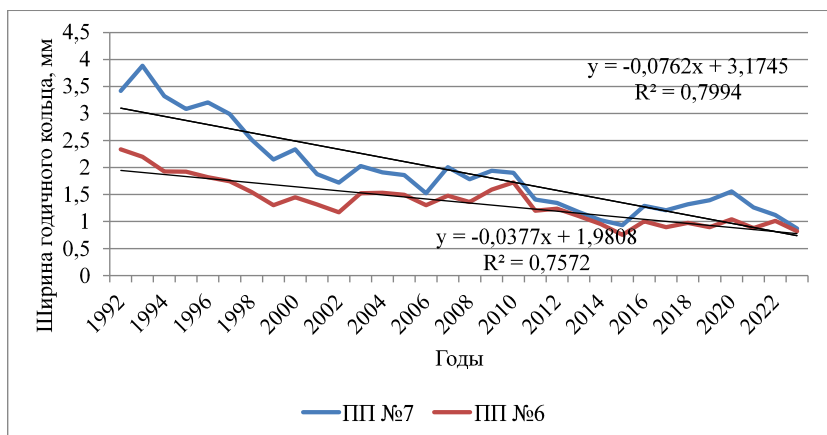


Рис. 5. Сравнительная динамика радиального прироста

Fig. 5. Comparative dynamics of radial growth

Радиальный прирост на разных стадиях сукцессии по абсолютным величинам существенно отличается (рис. 5). Например, ширина годичного

кольца в 1992 г. на первой стадии составляет 3,4 мм, а на второй – лишь 2,3 мм, то есть в 1,5 раза меньше. Однако и в том, и в другом случае наблюдается устойчивый тренд уменьшения ширины годичного слоя с годами. Радиальный прирост становится практически равным на обеих стадиях (0,8 мм) через 40–50 лет после возникновения сосняков. Можно предположить, что снижение радиального прироста продолжится и в дальнейшем, судя по линиям тренда.

Обращает на себя внимание тот факт, что динамика прироста на обеих пробных площадях исключительно синхронна: увеличение или уменьшение ширины годичного кольца в одном случае соответствует такому же изменению в другом. Расчет коэффициента синхронности показал, что он находится на уровне 87%. Следовательно, динамика прироста определяется общими факторами, а разница в абсолютных величинах определяется разными стадиями сукцессии.

Интересно проследить изменение базисной плотности древесины на разных стадиях. Разница примерно в 10 лет между моментом возникновения сосняков дает различия между стадиями в базисной плотности древесины, но тенденции в изменениях исключительно схожи (рис. 6). С годами базисная плотность увеличивается и в том, и в другом случае. На первой стадии сукцессии (ПП № 7) в целом базисная плотность ниже, чем на второй (ПП № 6), разница сохраняется с течением времени и составляет примерно 7–8 кг/м<sup>3</sup>.

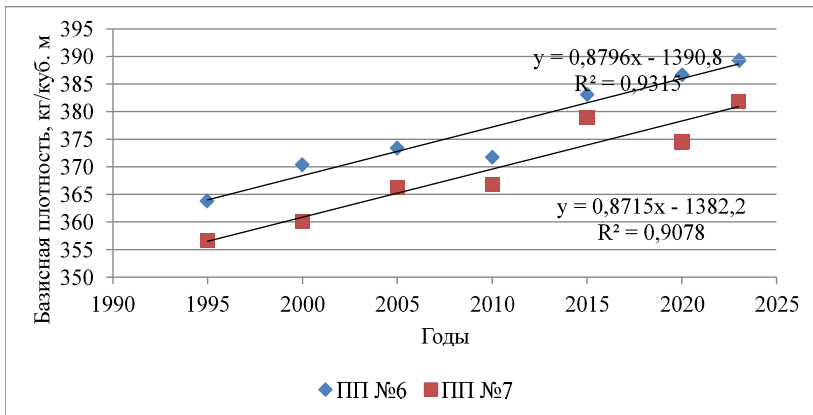


Рис. 6. Базисная плотность древесины на разных этапах сукцессии

Fig. 6. Basic density of wood at different stages of succession

На момент исследования базисная плотность на первой стадии сукцессии составляет  $381 \text{ кг/м}^3$ , а на второй –  $389 \text{ кг/м}^3$ . За весь период наблюдения базисная плотность колебалась от  $356\text{--}389 \text{ кг/м}^3$ . В целом это ниже плотности, приводимой для северных сосняков [Чибисов и др., 2005] –  $373\text{--}436 \text{ кг/м}^3$ .

*Заключение.* Таким образом, по результатам проведенных исследований выявлено, что в процессе сукцессии под пологом соснового древостоя на острове Ягры (Архангельская область) существенно изменился напочвенный покров. Исчезли из состава злаки (щучка дернистая, полевика обыкновенная, пырей ползучий), а также такие виды, как чемерица, дерн шведский, голокучник. Вышли в доминанты, существенно увеличив проективное покрытие, брусника в травяно-кустарничковом и плеуроциум Шребера в мохово-лишайниковом ярусах. По возрастной структуре сосняки разновозрастные, деревья относятся к двум классам возраста. Средний диаметр деревьев за 10 лет увеличился на 0,8 см, высота – на 0,7 м, а число деревьев, наоборот, уменьшилось на 72 шт./га. Наблюдается высокая степень синхронности в изменении радиального прироста по годам. Коэффициент синхронности составляет 87%. Радиальный прирост в абсолютных величинах на первой стадии больше примерно в 1,5 раза, чем на второй, но с течением времени их величины сравнялись. На первой стадии сукцессии базисная плотность ниже, чем на второй, разница сохраняется с годами. Базисная плотность на первой стадии сукцессии составляет  $381 \text{ кг/м}^3$ , а на второй –  $389 \text{ кг/м}^3$ , что ниже, чем в северной тайге, на 5–11%.

*Вклад авторов.* Авторы внесли эквивалентный вклад в проведение исследований и написание научной статьи.

*Сведения о финансировании.* Исследования выполнены в рамках государственного задания Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН [№ гос. регистрации – 125021902596-8].

*Конфликт интересов.* Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### **Библиографический список**

- Анучин Н.П.* Лесная таксация. М.: Лесн. пром-сть, 1982. 552 с.
- Беляев В.В.* Восстановление лесов Европейского Севера России. Архангельск: Поморский гос. ун-т, 2011. 324 с.
- Зарубина Л.В., Коновалов В.Н.* Эколого-биологические особенности ели в северотаежных фитоценозах (состояние, антропогенное влияние): монография. Архангельск: САФУ, 2015. 186 с.

Лесная таксация. Часть 4. Закладка, таксация и описание пробных площадей при проведении научных исследований и подготовке выпускных квалификационных работ: учеб. пособие. Архангельск: САФУ, 2023. 119 с.

Мартыненко В.Б., Широких П.С., Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Синтаксономический анализ восстановительных сукцессий после вырубki светлехвойных лесов Южно-Уральского региона // Журнал общей биологии. 2014. Т. 75, № 6. С. 478–490.

Назаренко Н.Н., Батюшева С.Ю. Трансформация растительности в условиях неинтенсивной сельскохозяйственной нагрузки (на примере окрестностей деревни Октябрьск Учалинского района Республики Башкортостан) // Самарский научный вестник. 2021. Т. 10, № 1. С. 121–127.

Осинов С.В. Серийная растительность участков золотодобычи в таежной зоне Нижнего Приамурья // Ботанический журнал. 2006. Т. 91, № 4. С. 521–532.

Рысин Л.П. Исторический фактор в современной сукцессионной динамике лесов центра Русской равнины // Лесоведение. 2006. № 6. С. 3–11.

Сукачев В.Н., Зонн С.В. Методические указания к изучению типов леса. М.: АН СССР, 1961. 144 с.

Телеснина В.М. Динамика растительности при естественном постагрогенном зарастании сенокосов (Костромская область) // Изучение и сохранение биоразнообразия Тульской области и других регионов России: мат. Всерос. науч. конф., посвящ. перспективам создания национального парка «Тульские засеки». Тула, 2021. С. 171–179.

Феклистов П.А. К методике установления сходства дендрохронологических рядов // Дендроклиматические исследования в СССР: тез. докл. 3-й Всесоюзной конф. Архангельск, 1978. С. 71–72.

Феклистов П.А., Бызова Н.М., Пашкевич А.И., Сазанова Е.В., Соболев А.Н. Дендрохронологическое исследование древесины в исторически значимых Арктических объектах // ИВУЗ. Лесной журнал. 2020. № 5. С. 106–118. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-106-118.

Хомушку Н.Г., Самбуу А.Д. Первичная сукцессия растительности техногенных отвалов Каа-Хемского угольного разреза республики Тыва // Успехи современного естествознания. 2015. № 6. С. 132–136.

Чибисов Г.А., Москалева С.А., Крыжановская Л.Е. Качество древесины сосны и ели, метод его определения // Вопросы таежного лесоводства на Европейском Севере. Архангельск, 2005. С. 89–99.

Широких П.С., Мартыненко В.Б., Салихов Д.М. Флористические особенности различных стадий восстановительных сукцессий в гемибореальных лесах ассоциации *Vurpleugo-Pinetum* // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 3-5. С. 1522–1525.

Широких П.С., Мартыненко В.Б., Бикбаев И.Г., Наумова Л.Г., Баишева Э.З. Восстановительные сукцессии на вырубках темнохвойно-широколиственных лесов южного Урала // Естественные и технические науки. 2019. № 11 (137). С. 192–197.

Широких П.С., Федоров Н.И., Туктамышев И.Р., Бикбаев И.Г., Мартыненко В.Б. Закономерности лесовосстановительных сукцессий на заброшенных сельскохозяйственных землях Башкирского Предуралья // Экология. 2023. № 3. С. 179–187.

Boiffin J., Aubin I., Munson A.D. Ecological controls on post-fire vegetation assembly at multiple spatial scales in eastern North American boreal forests // *Journal of Vegetation Science*. 2015. Vol. 26. P. 360–372.

Framstad E., Wit H., Mäkipää R., Larjavaara M., Vesterdal L., Karlton E. Biodiversity, carbon storage and dynamics of old northern forests. Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2013. 130 p.

Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz S.J., Loveland T. R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J.R.G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change // *Science*. 2013. Vol. 342. P. 850–853.

Liu W., Song C., Schroeder T.A., Cohen W.B. Predicting forest successional stages using multitemporal Landsat imagery with forest inventory and analysis data // *International Journal of Remote Sensing*. 2008. Vol. 29, no. 13. P. 3855–3872.

Song C., Schroeder T.A., Cohen W.B. Predicting temperate conifer forest successional stage distributions with multitemporal Landsat Thematic Mapper imagery // *Remote Sensing of environment*. 2007. Vol. 106. P. 228–237.

Wardle D.A., Zackrisson O. Effects of species and functional group loss on island ecosystem properties // *Nature*. 2005. Vol. 435. P. 806–810. DOI: 10.1038/nature03611.

## References

- Anuchin N.P. Forest taxation. Moscow: Forest Industry, 1982. 552 p. (In Russ.)
- Belyaev V.V. Restoration of forests of the European North of Russia. Arkhangelsk: Pomor State University, 2011. 324 p. (In Russ.)
- Boiffin J., Aubin I., Munson A.D. Ecological controls on post-fire vegetation assembly at multiple spatial scales in eastern North American boreal forests. *Journal of Vegetation Science*, 2015, vol. 26, pp. 360–372.
- Chibisov G.A., Moskaleva S.A., Kryzhanovskaya L.E. The quality of pine and spruce wood, the method of its determination. *Issues of Taiga Forestry in the European North*. Arkhangelsk, 2005, pp. 89-99. (In Russ.)
- Feklistov P.A. On the methodology of establishing the similarity of dendrochronological series. *Dendroclimatic research in the USSR: proceedings of 3<sup>rd</sup> int. conf.* Arkhangelsk, 1978, pp. 71-72. (In Russ.)

Feklistov P.A., Byzova N.M., Pashkevich A.I., Sazanova E.V., Sobolev A.N. Dendrochronological study of wood in historically significant Arctic objects. *Russian Forestry Journal*, 2020, no. 5, pp. 106-118. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-5-106-118. (In Russ.)

Forest taxation. Pt. 4. Laying, taxation and description of test areas during scientific research and preparation of final qualifying papers: the training manual. Arkhangelsk: NArFU, 2023. 119 p. (In Russ.)

Framstad E., Wit H., Mäkipää R., Larjavaara M., Vesterdal L., Karlton E. Biodiversity, carbon storage and dynamics of old northern forests. Copenhagen: Nordic Council of Ministers, 2013. 130 p.

Hansen M.C., Potapov P.V., Moore R., Hancher M., Turubanova S.A., Tyukavina A., Thau D., Stehman S.V., Goetz S.J., Loveland T.R., Kommareddy A., Egorov A., Chini L., Justice C.O., Townshend J.R.G. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 2013, vol. 342, pp. 850-853.

Khomushku N.G., Sambuu A.D. Primary vegetation succession in man-made landfills of the Kaakhemsky coal mine in the Republic of Tyva. *Successes of Modern Natural Science*, 2015, no. 6, pp. 132-136. (In Russ.)

Liu W., Song C., Schroeder T.A., Cohen W.B. Predicting forest successional stages using multitemporal Landsat imagery with forest inventory and analysis data. *International Journal of Remote Sensing*, 2008, vol. 29, no. 13, pp. 3855-3872.

Martynenko V.B., Shirokikh P.S., Mirkin B.M., Naumova L.G. Syntaxonomic analysis of regenerative successions after deforestation of light coniferous forests of the South Ural region. *Journal of General Biology*, 2014, vol. 75, no. 6, pp. 478-490. (In Russ.)

Nazarenko N.N., Batusheva S.Yu. Vegetation transformation under conditions of low-intensity agricultural load (on the example of the vicinity of the village of Oktyabrsk in the Uchalinsky district of the Republic of Bashkortostan). *Samara Scientific Bulletin*, 2021, vol. 10, no. 1, pp. 121-127. (In Russ.)

Osipov S.V. Serial vegetation of gold mining sites in the taiga zone of the Lower Amur region. *Botanical Journal*, 2006, vol. 91, no. 4, pp. 521-532. (In Russ.)

Rysin L.P. Historical factor in the modern succession dynamics of forests in the center of the Russian Plain. *Forestry Science*, 2006, no. 6, pp. 3-11. (In Russ.)

Shirokikh P.S., Martynenko V.B., Salikhov D.M. Floristic features of various stages of regenerative successions in hemiboreal forests of the Bupleuro-Pinetum Association. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2013, vol. 15, no. 3-5, pp. 1522-1525. (In Russ.)

Shirokikh P.S., Martynenko V.B., Bikbaev I.G., Naumova L.G., Baisheva E.Z. Restorative successions in deforestation of dark coniferous and broadleaf forests of the southern Urals. *Natural and Technical Sciences*, 2019, no. 11, pp. 192-197. (In Russ.)

*Shirokikh P.S., Fedorov N.I., Tuktamyshev I.R., Bikbaev I.G., Martynenko V.B.* Patterns of reforestation successions on abandoned agricultural lands of the Bashkir Urals. *Ecology*, 2023, no. 3, pp. 179-187. (In Russ.)

*Song C., Schroeder T.A., Cohen W.B.* Predicting temperate conifer forest successional stage distributions with multitemporal Landsat Thematic Mapper imagery. *Remote Sensing of Environment*, 2007, vol. 106, p. 228-237.

*Sukachev V.N., Zonn S.V.* Methodological guidelines for the study of forest types. Moscow: AN USSR, 1961. 144 p. (In Russ.)

*Telesnina V.M.* Vegetation dynamics during natural postagrogenic overgrowth of hayfields (Kostroma region). *Study and conservation of biodiversity of Tula Oblast and other regions of Russia: mat. of the All-Russ. sci. conf. dedicated to the prospects of creating the Tula Zaseki National Park*. Tula, 2021, pp. 171-179. (In Russ.)

*Wardle D.A., Zackrisson O.* Effects of species and functional group loss on island ecosystem properties. *Nature*, 2005, vol. 435, pp. 806-810. DOI: 10.1038/nature03611.

*Zarubina L.V., Konovalov V.N.* Ecological and biological features of spruce in North taiga phytocenoses (state, anthropogenic influence). Arkhangelsk: NArFU. 2015. 186 p. (In Russ.)

*Материал поступил в редакцию 23.01.2025*

---

**Феклистов П.А., Бруева Ж.А., Болотов И.Н., Макаров С.С., Чудецкий А.И.** Изменение сосновых фитоценозов в процессе первичной сукцессии // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2025. Вып. 256. С. 305–321. DOI: 10.21266/2079-4304.2025.256.305-321

Исследования проводили на острове Ягры в Двинском заливе Белого моря. Это песчаный остров, который почти весь зарос лесом, за исключением самой северной части. Были заложены пробные площади в двух сосновых фитоценозах, где были изучены все имеющиеся ярусы растительности. Один сосняк образовался позже и обособлен от общего лесного массива (условно первая стадия сукцессии). Другой примерно на 10 лет старше и расположен на расстоянии около 1 км от первого (условно вторая стадия сукцессии). Установлено, что за 10 лет в сосняках произошли существенные изменения в видовом составе растений живого напочвенного покрова. Если в начале вселения сосны в напочвенном покрове преобладали светолюбивые виды, прежде всего злаки, то через 10 лет они исчезли (щучка дернистая) или значительно сократили покрытие (полевица обыкновенная). Существенно увеличили проективное покрытие и вышли в доминанты теневыносливые виды – брусника в травяно-кустарничковом и плеуроциум Шребера в мохово-

лишайниковом ярусах. Показано, что по возрастной структуре сосняки разновозрастные, деревья относятся к двум классам возраста. Определены параметры деревьев сосны. Средний диаметр деревьев за 10 лет увеличился на 0,8 см, высота на 0,7 м, а число деревьев, наоборот, уменьшилось на 72 шт./га. Показана высокая степень синхронности в изменении радиального прироста по годам. Коэффициент синхронности составляет 87%. Радиальный прирост в абсолютных величинах на первой стадии в начале вселения примерно в 1,5 раза больше, чем на второй, но с течением времени их величины сравнялись. Установлено, что на первой стадии сукцессии базисная плотность ниже, чем на второй, разница сохраняется с годами. Базисная плотность на первой стадии сукцессии составляет 381 кг/м<sup>3</sup>, а на второй – 389 кг/м<sup>3</sup>, что ниже, чем в северной тайге, на 5–11%.

Ключевые слова: сукцессия, сосновые фитоценозы, возрастная структура, радиальный прирост, базисная плотность древесины, живой напочвенный покров.

**Feklistov P.A., Brueva Zh.A., Bolotov I.N., Makarov S.S., Chudetsky A.I.** Changes in pine phytocenoses during primary succession. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnicheskoj Akademii*, 2025, iss. 256, pp. 305–321 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2025.256.305-321

The research was conducted on Yagry Island in the Dvina Bay of the White Sea. It is a sandy island, which is almost completely overgrown with forest except for the northernmost part. Sample plots were laid out in two pine phytocenoses, where all vegetation layers were studied. One pine forest was formed the latest and is isolated from the general forest area (conditionally the first stage of succession). The other is about 10 years older and is located at a distance of about 1 km from the first (conditionally the second stage of succession). It has been established that significant changes in the species composition of living ground cover plants have occurred in the pine forests over the past 10 years. If, at the beginning of the pine's settlement, light-loving species prevailed in the ground cover, above all, cereals, after 10 years they disappeared (tufted hairgrass) or their cover significantly decreased (common bent). Shade-tolerant dominant species such as lingonberry in the grass-shrub layer and Schreber's pleurocium in the moss-lichen layer have significantly increased in the projective coverage. It is shown that the pine forests are of different ages in terms of age structure, the trees belong to two age classes. The parameters of pine trees have been determined. The average diameter of trees in 10 years increased by 0.8 cm, height by 0.7 m, and the number of trees, on the contrary, decreased by 72 pcs/ha. A high degree of synchronicity in the variation of radial increment over the years is shown. The synchronicity coefficient is 87%. The radial increase in absolute values at the first stage at the beginning of the settlement is about 1.5 times greater than at the

second, but over time their values have equalized. It has been established that at the first stage of succession, the basic density is lower than at the second and the difference persists over the years. The basic density at the first stage of succession is  $381 \text{ kg/m}^3$ , and at the second  $5\text{--}389 \text{ kg/m}^3$ , which is 55–11% lower than in the northern taiga.

**Key words:** succession, pine phytocenoses, age structure, radial growth, basic density of wood, living ground cover.

---

**ФЕКЛИСТОВ Павел Александрович** – главный научный сотрудник Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН, профессор, доктор сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 4825-2695. ORCID: 0000-0002-7961-8318.

163020, Никольский пр., д. 20, г. Архангельск, Россия. E-mail: pfeklistov@yandex.ru

**FEKLISTOV Pavel A.** – DSc (Agricultural), Chief Researcher, Federal Research Center for Integrated Arctic Studies named after Academician N.P. Laverov, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Professor. SPIN-code: 4825-2695. ORCID: 0000-0002-7961-8318.

163020. Nikolsky av. 20. Arkhangelsk. Russia. E-mail: pfeklistov@yandex.ru

**БРУЕВА Жанна Алексеевна** – аспирант Северного (Арктического) Федерального университета им. М.В. Ломоносова. ORCID: 0009-0008-9177-1316.

163002, наб. Северной Двины, д. 17, г. Архангельск, Россия. E-mail: bruevazh@bk.ru

**BRUEVA Zhanna A.** – PhD student, M.V. Lomonosov Northern (Arctic) Federal University. ORCID: 0009-0008-9177-1316.

163002. Severnaya Dvina emb. 17. Arkhangelsk. Russia. E-mail: bruevazh@bk.ru

**БОЛОТОВ Иван Николаевич** – директор Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики им. академика Н.П. Лаверова УрО РАН, доктор биологических наук. ORCID: 0000-0002-3878-4192.

163020, Никольский пр., д. 20, г. Архангельск, Россия. E-mail: inepras@yandex.ru

**BOLOTOV Ivan N.** – DSc (Biological), Director, Federal Research Center for Integrated Arctic Studies named after Academician N.P. Laverov, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. ORCID: 0000-0002-3878-4192.

163020. Nikolsky av. 20. Arkhangelsk. Russia. E-mail: inepras@yandex.ru

**МАКАРОВ Сергей Сергеевич** – заведующий кафедрой декоративного садоводства и газоноведения Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, доктор сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 9173-6049. ORCID: 0000-0003-0564-8888.

127550, ул. Тимирязевская, д. 49, г. Москва, Россия. E-mail: s.makarov@rgau-msha.ru

**MAKAROV Sergey S.** – DSc (Agricultural), Head of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. SPIN-code: 9173-6049. ORCID: 0000-0003-0564-8888.

127550. Timiryazevskaya str. 49. Moscow. Russia. E-mail: s.makarov@rgau-msha.ru

**ЧУДЕЦКИЙ Антон Игоревич** – доцент кафедры декоративного садоводства и газоноведения Российского государственного аграрного университета – МСХА имени К.А. Тимирязева, кандидат сельскохозяйственных наук. SPIN-код: 5973-5759. ORCID: 0000-0003-4804-7759.

127550, ул. Тимирязевская, д. 49, г. Москва, Россия. E-mail: chudetski@rgau-msha.ru

**CHUDETSKY Anton I.** – PhD (Agricultural), Associate Professor of the Department of Ornamental Horticulture and Lawn Science, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy. SPIN-code: 5973-5759. ORCID: 0000-0003-4804-7759.

127550. Timiryazevskaya str. 49. Moscow. Russia. E-mail: chudetski@rgau-msha.ru