



УДК 630\*182.22:630\*231.32

DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-9-23

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЕЛОВЫХ ЛЕСОВ: ТЕОРИЯ, ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ ОПЫТ И МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ

*Н.Н. Теринов<sup>1</sup>, д-р с.-х. наук, проф.; ResearcherID: [N-2884-2019](https://orcid.org/0000-0001-5936-208X),*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5936-208X>*

*Е.М. Андреева<sup>2</sup>, канд. биол. наук, ст. науч. сотр.; ResearcherID: [AAD-3340-2020](https://orcid.org/0000-0003-2651-2541),*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2651-2541>*

*С.В. Залесов<sup>1</sup>, д-р с.-х. наук, проф.; ResearcherID: [H-2605-2019](https://orcid.org/0000-0003-3779-410X),*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>*

**Н.А. Луганский<sup>1</sup>**, д-р с.-х. наук, проф.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3341-116X>

*А.Г. Магасумова<sup>1</sup>, канд. с.-х. наук., доц.; ResearcherID: [H-1607-2019](https://orcid.org/0000-0002-1727-2008),*

*ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1727-2008>*

<sup>1</sup>Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт, д. 37, г. Екатеринбург, Россия, 620100; e-mail: n\_n\_terinov@mail.ru, zalesov@usfeu.ru, aspir.usfeu@gmail.com

<sup>2</sup>Ботанический сад Уральского отделения РАН, ул. 8 Марта, д. 202а, г. Екатеринбург, Россия, 620144; e-mail: e\_m\_andreeva@mail.ru

За многолетний период подробно проанализирована нормативная и научная литература, касающаяся проблемы восстановления коренных темнохвойных лесов через смену пород. В основе решения проблемы лежит разработанная проф. Б.П. Колесниковым теория лесообразовательного процесса, согласно которой восстановление ельников происходит через стадию формирования коротко- и длительно-производных мягколиственных насаждений. Первые являются наиболее перспективными, так как обладают наиболее высоким демутиационным потенциалом. Высказано предположение, что в процессе произрастания производных мягколиственных древостоев на месте коренных ельников насаждение восстанавливает нарушенные в результате рубок структуру и энергетический баланс. В этот период происходит накопление органического вещества и элементов питания в почве, которые были изъяты из экосистемы с вырубленной древесиной. Подчеркивается, что существенное улучшение водно-физических свойств, химического состава почвы и достижение ею исходного уровня плодородия возможно после 40–60 лет только после произрастания производных мягколиственных древостоев на месте чистых ельников. Сделан вывод, что смена темнохвойных пород на мягколиственные после сплошных рубок – явление массовое, объективное и с точки зрения улучшения лесорастительных условий положительное. С этой позиции ее следует рассматривать не только как стадию в восстановлении, но и как механизм сохранения коренных темнохвойных насаждений. Предлагается использовать период произрастания мягколиственных древостоев в системе лесного хозяйства в качестве восстановительного этапа для формирования продуктивных темнохвойных насаждений. При решении этой задачи конкретно для ельников разработан и запатентован новый метод, получивший название «рубка трансформации». Суть его заключается в том, что на ранних этапах развития производного мягколиственного древостоя проводится уход за молодыми поколениями темнохвойных пород. Весь процесс формирования темнохвойного молодняка или средневозрастного древостоя завершается вырубкой верхнего мягколи-

ственного яруса в возрасте деревьев 45–55 лет, т. е. до достижения ими возраста рубки спелых мягколиственных древостоев. Включение в систему лесного хозяйства этого метода потребует некоторых изменений и дополнений при инвентаризации лесного фонда, составлении проектной документации, а также технического и технологического сопровождения предписанных мероприятий. Например, таксацию производных мягколиственных насаждений необходимо начинать со стадии средневозрастного древостоя и определять полную таксационную характеристику древостоя по поколениям с указанием состава, возраста, высоты и количества древесных пород. Использование в системе хозяйства разработанного метода рубок трансформации для темнохвойных насаждений позволит на первоначальном этапе сдерживать процесс смены пород, а в дальнейшем сбалансировать лиственное и хвойное хозяйство исходя из экологического значения лесных насаждений, лесорастительных условий и перспектив развития конкретной территории.

**Для цитирования:** Теринов Н.Н., Андреева Е.М., Залесов С.В., Луганский Н.А., Магасумова А.Г. Восстановление еловых лесов: теория, отечественный опыт и методы решения // Изв. вузов. Лесн. журн. 2020. № 3. С. 9–23. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-9-23

*Ключевые слова:* смена пород, мягколиственные насаждения, рубка трансформации, формирование еловых насаждений.

### *Введение*

Замена хвойных лесов на производные мягколиственные насаждения характерна для многих регионов России, что прежде всего связано с почти абсолютным доминированием сплошнолесосечной формы хозяйства. Процесс смены пород можно проиллюстрировать на примере Свердловской области, где доля мягколиственных лесов от почти нулевой отметки в начале XX в. [3] увеличилась до 24,0 % к началу 30-х гг. [27]. В 1994 г. производные мягколиственные насаждения занимали уже 37,0 % [13]. По последним официальным данным, площадь производных березняков и осинников в лесном фонде области достигла 42,9 % [21]. В подавляющем большинстве это производные мягколиственные насаждения, сформировавшиеся на месте вырубок еловых древостоев. Замена хвойных насаждений на лиственные происходит ежегодно на площади примерно 270 км<sup>2</sup>. При отсутствии антропогенных воздействий на экосистемы и сохранении современных климатических условий восстановление хвойных формаций на территории Свердловской области займет около 130 лет [5]. Таким образом, смена коренных хвойных насаждений на производные мягколиственные осуществляется под воздействием человеческого фактора, что приводит к снижению комплексной продуктивности лесов [22] и является нежелательным процессом. Это позволяет сделать не противоречащий мнению других исследователей [33] вывод, что с точки зрения воспроизводства ценных хвойных насаждений современная система управления лесами не эффективна.

В странах Западной Европы задача замены одной древесной породы на другую не стоит. Современный тренд лесной политики этих стран – отказ от монокультуры и формирование смешанных насаждений [44], что определяет направление исследований, заключающееся в сравнении смешанных и чистых насаждений по их устойчивости и биоразнообразию [42, 45], структуре и производительности [49, 50], качеству древесины [53].

Цель настоящего исследования – обоснование разработанного метода хозяйства в ельниках с перспективой его включения в систему управления лесными ресурсами России.

*Анализ литературных источников по теме исследования*

В основе реализации поставленной цели лежит теория лесообразовательного процесса проф. Б.П. Колесникова [18], впоследствии дополненная другими учеными. В соответствии с ней после гибели древостоя в результате какого-либо экзогенного фактора (например, пожара, сплошной рубки, ветровала) естественное восстановление коренных (условно-коренных) насаждений через смену пород возможно через коротко- или длительно-производные насаждения.

В первом случае формирование древостоя с преобладанием коренной древесной породы обеспечивается за период жизни одного ее поколения. Насаждение характеризуется существенным участием этой породы в составе верхнего яруса древостоя или подростка. Такое направление лесообразовательного процесса считается наиболее предпочтительным, так как максимально используются потенциальные возможности насаждения. На него ориентированы научные исследования, нормативные документы и проектная документация.

Во втором случае формирование условно-коренных насаждений происходит по длительно-производному типу лесообразования. Как правило, длительно-производное насаждение характеризуется двумя поколениями главной породы. Одно в небольшом количестве (1–3 ед.) представлено в составе верхнего яруса древостоя, другое доминирует в составе подростка. По этой причине рассчитывать на восстановление насаждения коренной древесной породой за время жизни как минимум одного поколения временно преобладающих мягколиственных деревьев не приходится.

На основании анализа материалов лесоустройства и других исследований по изучению лесообразовательного процесса можно утверждать, что в таежной зоне формирование темнохвойных насаждений естественным способом, как правило, происходит через смену пород [14]. Объективно это подтверждается наличием на значительных лесных территориях производных мягколиственных насаждений, сформировавшихся в 30–40-х гг. XX в. после проведения сплошных концентрированных рубок [37].

Изучение темнохвойных насаждений позволяет предположить механизм формирования ельников через смену древесных пород. В период произрастания мягколиственных древостоев постепенно восстанавливаются структура и энергетический баланс, или «относительное динамическое равновесие биохимических циклов минеральных элементов» [25]. По данным В.Г. Семеновской [34], после вырубki и трелевки деревьев с кронами из ельника удаляется 60 % азота и зольных элементов от их общего количества в насаждении. При трелевке в хлыстах этот показатель снижается на 25 %. По другим данным с лесосеки сплошной рубки при хлыстовой трелевке с древесиной вывозится 40...44 % углерода, 24...28 % азота и 22...23 % зольных элементов, накопленных в фитомассе древостоя [2]. При рубках ухода низовым способом интенсивностью 20 % с заготовленной древесиной отчуждается в 3–5 раз больше элементов питания, чем их поступает с опадом [16].

Возможность компенсировать потерю минеральных веществ и улучшить плодородие лесных почв реализуется в период произрастания производных мягколиственных насаждений на месте вырубок хвойных древостоев [36]. Мягколиственные древостои, подлесок и находящаяся под ними травяная растительность ежегодно дают большее количество разложившегося биологически активного опада, который богат азотом и зольными элементами, по сравнению с хвойными насаждениями [4, 12, 35, 43]. В лиственных лесах формируется индивидуальный химический состав водотока, где концентрации карбонат- и сульфат-ионов, кальция, магния, натрия и железа выше, чем в водотоке ельника [11]. Существенно ускоряется время разложения лесной подстилки [23] с элементами питания, накопленными в период произрастания хвойных древостоев [1]. Это обстоятельство наряду с развитием почвенной биоты [10, 46–48, 51], в частности дождевых червей [52], способствует активному ее разложению, выделению и накоплению углекислоты в приземном слое воздуха, в зоне расположения подроста древесных пород. Все это особенно важно в начальный период формирования древостоев, когда потребление минеральных элементов преобладает над их возвратом [19]. Достижение почвой исходного уровня плодородия, а также существенное улучшение ее водно-физических свойств и химического состава происходит через 40–60 лет после произрастания березняков и осинников на месте чистых ельников [8, 41]. Кроме того, в этот период, который соответствует обороту рубки мягколиственных древостоев, увеличивается численность подроста ели. Позднее его отпад начинает преобладать над его накоплением [15].

Резюмируя изложенное выше, можно сделать вывод, что формирование производных мягколиственных насаждений на месте гибели (вырубки) коренных ельников – явление объективное, распространенное и положительное с точки зрения улучшения лесорастительных условий. Его нужно рассматривать как один из этапов восстановления ельников, а возможно и как механизм сохранения коренных темнохвойных насаждений. Из этого следует практический вывод о необходимости включения процесса смены пород в систему управления лесами.

#### *Анализ нормативных документов и рекомендаций по теме исследования*

Восстановление темнохвойных лесов будет наиболее эффективно в насаждениях, где после удаления верхнего мягколиственного яруса древостоя с высокой долей вероятности можно ожидать восстановление коренных древесных пород естественным методом. В этом отношении наиболее перспективными являются первично-производные насаждения, следующие по коротко-производному типу лесообразования, формирующиеся на месте гибели или вырубки коренных древостоев и обладающие высоким восстановительным (демутационным) потенциалом. Вероятность формирования чистых или с преобладанием коренных древесных пород древостоев в первично-производных насаждениях достаточно высокая, и период протекания этого процесса сведен до минимума. Термины первично- и вторично-производного насаждений характеризуют степень удаленности производных мягколиственных насаждений по отношению к коренному (хвойному) типу леса [24]. С увеличением степени производности вероятность восстановления лесов из коренных хвойных пород снижается. Процесс может затормозиться, пользуясь терминологией Б.П. Колесникова, при формировании

«устойчиво-производного насаждения». В этом случае восстановление коренной древесной породы возможно только искусственным методом.

Теперь, когда имеется некая теоретическая основа для решения проблемы смены пород в ельниках и установлены перспективные объекты, необходимо определиться с методом практической реализации восстановления темнохвойных лесов. Для этого исследуем имеющуюся нормативную базу. Согласно Наставлениям по рубкам ухода в лесах Урала [26], главная задача этого мероприятия – получение максимального количества древесины к возрасту рубки спелых древостоев. Даже такие специфические рубки, как рубки переформирования, назначаются в средневозрастных и приспевающих смешанных древостоях в целях повышения их производительности за счет доминирования в составе верхнего яруса главной породы, т. е. наличие только «ясно выраженного второго яруса и достаточное количество жизнеспособного подроста из темнохвойных пород» не могут быть основанием для проектирования рубки переформирования. В противном случае это противоречило бы пункту 2.7 упомянутых выше Наставлений [26], где отмечается, что «пользование древесиной при рубках ухода должно производиться не в ущерб главному пользованию...». При проведении прореживания и проходной рубки в смешанных березняках и осинниках уход осуществляется за хвойными и лиственными деревьями из категории «лучшие», но именно деревья этой категории, в первую очередь материнские ель и пихта, оказывают отрицательное влияние на рост подроста темнохвойных пород [7, 17]. Позднее при рубках эти хорошо развитые особи существенно повреждают нижние ярусы древесной растительности, в том числе подрост. В результате такие рубки ухода в производных мягколиственных насаждениях не в полной мере отвечают задаче восстановления темнохвойных лесов.

В более поздней редакции Правил ухода за лесами (2007 г.) в производных мягколиственных древостоях с участием хвойных пород проектируются рубки переформирования [28], которые начинаются в средневозрастном приспевающем древостое и касаются изменения состава только верхнего его яруса. В мягколиственных древостоях с хвойным подростом проводятся проходные рубки, обеспечивающие только его сохранение. В этом случае переход насаждения из лиственного в хвойное хозяйство откладывается на более позднее время, после рубки спелой березы и осины. При таком подходе существует большая вероятность гибели основной части перспективных молодых поколений и деревьев темнохвойных пород, а естественное восстановление коренных хвойных древостоев может быть отложено на неопределенный срок.

Ныне действующими Правилами ухода за лесами уже предусматривается восстановление хвойных древостоев из молодых поколений деревьев рубками переформирования средневозрастных и приспевающих насаждений [29]. При этом используются способы рубок, регламентированные для спелых древостоев: равномерно-постепенная и чересполосная постепенная. С этим нельзя согласиться. Во-первых, происходит не изменение возрастной, вертикальной структуры древостоя или его породного состава, а формирование совершенно другого насаждения, что не входит в задачи рубок ухода за лесом. Во-вторых, на законных основаниях допускается вырубка древостоев, не достигших возраста спелости. В-третьих, практическая реализация такого мероприятия крайне сложна, потому что возникает много вопросов при оформлении разрешения на его проведение.

Из источников, носящих рекомендательный характер, следует отметить Руководство по организации и технологии рубок главного и промежуточного пользования в мягколиственных насаждениях со вторым ярусом и подростом хвойных пород (1997 г.) [32], рекомендованное для равнинных лесов европейской части России. В нем даны предложения проектным организациям об образовании временных хозяйственных секций, куда бы входили мягколиственные насаждения со вторым ярусом и подростом хвойных пород. Хозяйствующим субъектам в качестве способов восстановления коренных темнохвойных насаждений рекомендованы чересполосные постепенные рубки и проходные рубки высокой интенсивности – 40...50 %. Последние нацелены на выращивание крупномерных деревьев березы и осины «с последующим преобразованием насаждений в хвойные». Также предложены рубка переформирования и равномерно-постепенная рубка высокой интенсивности. При этом в первый прием предполагается вырубать наиболее развитые древесные породы. Оставшиеся до второго приема рубки деревья используются в качестве защитного полога для подростка темнохвойных пород. При всех несомненных достоинствах Руководства нельзя не отметить смешение приоритетов, заключающееся в желании одновременно с максимальным эффектом решить две задачи: первая – выращивание к возрасту рубки спелых производительных древостоев, но высокоинтенсивная рубка переформирования и проходная рубка (рубка простора) не способствуют ее решению; вторая – создание благоприятных лесорастительных условий для темнохвойного подростка, которая также не может быть реализована в полном объеме. При выборочных рубках высокой и очень высокой степени изреживания верхнего яруса древостоя создаются жесткие конкурентные отношения между быстрорастущей порослью мягколиственных пород и темнохвойным подростом. Это является серьезным препятствием для восстановления темнохвойных лесов даже через смену пород [6] и создает высокую вероятность формирования вторично-производных мягколиственных насаждений. Кроме того, при проведении рубки переформирования высокой интенсивности, ориентированной на доминирование деревьев ели в составе древостоя, повышается вероятность ветровала. Рекомендованные Руководством мероприятия по восстановлению темнохвойных лесов являются дополнительными по отношению к перечисленным в основных нормативных документах. Это означает, что им предшествуют все те же основные виды рубок ухода (осветление, прочистка, прореживание, проходная рубка) с их строго определенными задачами и методологией отбора деревьев в рубку.

В еще более ранней работе «Организация хозяйств в мягколиственных и смешанных елово-лиственных насаждениях в зоне интенсивного лесного хозяйства» (1967 г.) [20] рекомендовалось относить лиственные древостои к высокотоварному лиственно-хвойному и мягколиственному хозяйству. Основанием для этого разделения являлся ряд характеристик насаждений (товарная структура древостоя, наличие второго яруса и подростка темнохвойных пород, экономические условия и др.). Предполагалось, что вся необходимая информация будет отражена в материалах лесоустройства. Особое внимание уделялось данным о нижних ярусах древесной растительности на всех возрастных стадиях древостоя. Выдвигались предложения по практической реализации этой задачи, но, по словам самого автора, достичь этого ключевого момента не удалось. Для восстановления ельников в производных мягколиственных и

смешанных елово-лиственных насаждениях рекомендовалась равномерно-постепенная рубка интенсивностью в первый прием 50...60 % от исходного запаса верхнего яруса древостоя. При этом вырубались крупномерные деревья березы и осины, затеняющие молодое поколение темнохвойных пород. При необходимости данное мероприятие дополнялось низовым методом ухода. Но все это проводилось в формате устоявшейся концепции рубок ухода за лесом и рубок главного пользования.

Были попытки выйти за рамки этих правил. Еще в 60-х гг. XX в. Н.Е. Декатов предлагал в 30–40-летних 2-ярусных лиственно-еловых древостоях удалять верхний ярус мягколиственных деревьев за 2 приема рубки [9]. Позднее он подтвердил справедливость этого вывода на основании обследования опытных рубок, выполненных Д.М. Кравчинским в Сиверском опытном лесхозе. Другие исследователи (В.Г. Рубцов и Г.И. Майоров) рекомендовали проведение первого приема постепенной рубки при возрасте мягколиственных древостоев 35 лет. Основанием для такого заключения являлось изучение динамики текущего прироста по высоте деревьев ели, произрастающих во втором ярусе производного мягколиственного насаждения [30]. Уже в современный период при обследовании М.В. Рубцовым и А.А. Дерюгиным сплошных вырубок 45-летних средневозрастных березняков отмечено формирование через 20 лет на их месте чистых или с преобладанием темнохвойных пород древостоев. Этому способствовала вырубка оставшихся после сплошной рубки тонкомерных деревьев березы и осины [31]. Полученные результаты и предложения только сейчас учтены и реализованы в виде рубок реформирования в упомянутых выше действующих Правилах ухода за лесами (2017 г.) [29].

#### *Результаты исследования и их обсуждение*

Необходимо четко разделить хозяйственные мероприятия и круг выполняемых ими задач. Рубки спелых и перестойных древостоев специализируются на промышленной заготовке древесины. В задачи рубок ухода за лесом входят повышение комплексной продуктивности насаждений и формирование высокопроизводительных спелых древостоев. Масштабная смена пород и формирование производных мягколиственных насаждений на месте сосняков и ельников вызвали необходимость искать другой подход в сложившейся ситуации. Бесспорно, известные способы рубок спелых древостоев и рубок ухода в определенной мере решают проблему смены пород, но они недостаточно эффективны в силу их специализации. Критериями эффективности являются степень вероятности и продолжительность периода перехода насаждений из лиственного хозяйства в хвойное. Чтобы повысить эту вероятность и сократить период восстановления еловых лесов до разумного минимума, необходимо уже в средневозрастных мягколиственных древостоях создавать условия для успешного роста нижних ярусов темнохвойных пород. Поэтому уход в таких насаждениях должен осуществляться не за «лучшими» деревьями верхнего яруса древостоя, а за перспективными поколениями ели, пихты и кедра. Это в корне расходится с основополагающими принципами и задачами рубок ухода. Более того, на сегодняшний день ни одна из известных систем рубок последовательно и целенаправленно не занимается заменой березняков и осинников на древостой из подростка темнохвойных пород, который специально формируется под пологом

мягколиственных насаждений. Однако расчеты и полученные практические результаты показывают, что такой подход при соответствующем правовом, техническом и технологическом обеспечении позволит с высокой вероятностью сформировать темнохвойный молодняк или средневозрастной темнохвойный древостой как минимум на 10 лет раньше, чем если бы это происходило по принятой на сегодняшний день схеме [39].

Поэтому необходимо разработать систему мероприятий, включая рубки, направленные исключительно на трансформацию (от лат. *transformation* – преобразование, превращение) производных мягколиственных насаждений в темнохвойные. Таким образом, систему мероприятий, главной целью которых является уход за темнохвойным подростом в период произрастания производного мягколиственного древостоя и проводимых до возраста рубки спелого мягколиственного древостоя, предлагается именовать рубками трансформации. Результат этих рубок – формирование темнохвойных насаждений из древесных пород, произрастающих в нижнем ярусе древостоя. Следовательно, мероприятия по восстановлению темнохвойного насаждения коренной древесной породой начинаются на ранних стадиях онтогенеза производного мягколиственного древостоя и завершаются вырубкой деревьев верхнего мягколиственного яруса в возрасте 45–55 лет.

Включение в систему хозяйства рубок трансформации предусматривает их техническое и технологическое сопровождение. Кроме того, потребуется внесение некоторых изменений и дополнений при проведении таксационных работ и составлении проектной документации. Например, таксацию производных мягколиственных насаждений следует начинать со стадии средневозрастного древостоя с описанием нижних ярусов древесной растительности (состав, возраст, высота и количество здоровых особей). Количество рубок в цикле рубок трансформации может составлять от 1 до 3. Срок проведения первой рубки трансформации определен на основании экспериментальных исследований, осуществляется в возрасте подростка темнохвойных пород 15, 20, 25 и 30 лет и зависит от возраста мягколиственных пород в момент появления всходов ели и пихты. Так, при одновременном заселении вырубki мягколиственными и темнохвойными породами первая рубка трансформации для темнохвойного подростка проводится в возрасте 30 лет, а если всходы появились под пологом 5-летнего лиственного молодняка, то в возрасте 25 лет. И в том, и другом случае возраст деревьев верхнего мягколиственного яруса составит 30 лет. При появлении темнохвойных пород под пологом 10–20-летнего мягколиственного молодняка первая рубка трансформации проводится при возрасте подростка ели и пихты 20 лет. Соответственно, возраст березы и осины составит 30–40 лет. При появлении всходов ели и пихты в 25–35-летнем мягколиственном древостое рубка трансформации проводится при достижении темнохвойным подростом возраста 15 лет, при этом возраст верхнего мягколиственного яруса – 40–50 лет. В последнем случае трансформация мягколиственного насаждения в темнохвойное осуществляется с помощью одноразовой рубки с использованием двухприемного равномерно-постепенного или чересполосного постепенного способа. Во всех других вариантах с периодом 8 лет проводятся 2 или 3 рубки. Продолжительность периода между рубками также устанавливается экспериментально. В первую очередь в рубку назначаются наиболее

развитые деревья, которые согласно хозяйственно-биологической классификации относятся к категории «лучшие». Интенсивность рубки зависит от относительной полноты древостоя. При высокой относительной полноте (0,8–1,0) она снижается до 0,6, при средней (0,7) – до 0,5. Снижение полноты до требуемых значений обеспечивается 30...35 %-й выборкой деревьев по запасу в пасаках между технологическими коридорами (пасечными волоками). При этом общая степень изреживания верхнего яруса древостоя – 45...50 %. Наиболее оптимальным вариантом является ситуация, когда при последней рубке трансформации возраст деревьев ели и пихты, планируемых для замены мягколиственных древостоев, находится в интервале 40...50 лет. Более полно тема рубок трансформации с практическим подтверждением изложенных выше рекомендаций раскрыта в другой работе [38] одного из соавторов данной статьи.

Институтом интеллектуальной и промышленной собственности в 2014 г. на метод формирования темнохвойных насаждений был оформлен патент [40].

### Выводы

1. В лесах таежной зоны России, в том числе на Урале, идет массовая смена коренных темнохвойных насаждений на производные мягколиственные.

2. Согласно теории лесообразовательного процесса Б.П. Колесникова восстановление ельников происходит через стадию формирования коротко- и длительно-производных мягколиственных насаждений.

3. Из всей совокупности производных мягколиственных насаждений наиболее перспективными являются первично-производные, формирующиеся по коротко-производному типу лесообразования.

4. Метод рубок трансформации, разработанный на основе прошлого опыта и исследований в области лесоведения, подтвержден на практике, построен на принципах сопровождения и разумного ускорения естественного процесса лесообразования и наравне с рубками спелых древостоев и рубками ухода служит самостоятельным мероприятием.

5. Включение в систему хозяйства разработанного метода рубок трансформации для ельников позволит на первоначальном этапе сдерживать увеличение площадей производных насаждений, а в перспективе – сбалансировать листовое и хвойное хозяйство исходя из экологического значения лесов, лесорастительных условий и перспектив развития конкретной территории.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Анциферова О.А. Влияние еловых насаждений на свойства буроземов Калининградской области // Вестн. Балт. федер. ун-та им. И. Канта. Сер.: Естеств. и мед. науки. 2010. № 7. С. 111–116. [Antsiferova O.A. The Impact of Spruce Plantations on Burozem in the Kaliningrad Region. *Vestnik Baltiyskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Estestvennyye i meditsinskiye nauki* [IKBFU's Vestnik. Ser. Natural and Medical Sciences], 2010, iss. 7, pp. 111–116].

2. Бобкова К.С., Лиханова Н.В. Вынос углерода и элементов минерального питания при сплошнолесосечных рубках в ельниках Средней тайги // Лесоведение. 2012. № 6. С. 44–54. [Bobkova K.S., Likhanova N.V. Losses of Carbon and Mineral Nutrients in Clear Cuttings of Spruce Forests in the Middle Taiga. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2012, no. 6, pp. 44–54].

3. Боков В.Е. Артинская казенная горнозаводская дача // Лесн. журн. 1901. № 4. С. 21–32. [Bokov V.E. The Arti Metallurgical State Forests. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 1901, no. 4, pp. 21–32].

4. Винокурова Р.И., Лобанова О.В. Специфичность распределения макроэлементов в органах древесных растений елово-пихтовых лесов республики Марий Эл // Вестн. Поволж. гос. техн. ун-та. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. 2011. № 2. С. 76–83. [Vinokurova R.I., Lobanova O.V. Specificity of Distribution of Macrocells in Parts of Wood Plants of Spruce-Fir Forests in the Republic of Mari El. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovaniye* [Vestnik of Volga State University of Technology. Series «Forest. Ecology. Nature management»], 2011, no. 2, pp. 76–83].

5. Водные и лесные ресурсы Свердловской области. Режим доступа: <http://py-страна.рф/article.php?nid=12193> (дата обращения 18.04.2019). [*Water and Forest Resources of Sverdlovsk Region*].

6. Данилик В.Н. Совершенствование рубок главного пользования на Урале // Материалы науч. конф. по вопросам лесн. хоз-ва /под ред. К.Б. Лосицкого, А.В. Побединского, Н.М. Набатова. Пушкино: ВНИИЛМ, 1970. С. 102–105. [Danilik V.N. Improvement of Harvest Cuttings in the Urals. *Proceedings of the Scientific Conference on Forestry*. Ed. by K.B. Lositskiy, A.V. Pobedinskiy, N.M. Nabatov. Pushkino, VNIILM Publ., 1970, pp. 102–105].

7. Данченко А.М., Бех И.А. Перспективы освобождения кедрового подроста из-под полога других пород // Вестн. Томск. гос. ун-та. Сер.: Биология. 2010. № 1(9). С. 68–77. [Danchenko A.M., Beh J.A. Outlooks of Siberian Stone Pine Undergrowth Liberation Cuttings from Various Tree Canopy. *Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta. Biologiya* [Tomsk State University Journal of Biology], 2010, no. 1(9), pp. 68–77].

8. Дедков В.С., Павлова Т.С., Прокопович Е.В., Агафонов Л.И. Рубки леса и свойства горно-лесных буро-подзолистых почв Среднего Урала // Антропогенные воздействия на свойства почв. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. С. 21–35. [Dedkov V.S., Pavlova T.S., Prokopovich E.V., Agafonov L.I. Forest Cuttings and Properties of Mountain Brown Podzolic Forest Soils of the Middle Urals. *Anthropogenic Impacts on Soil Properties*. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR Publ., 1987, pp. 21–35].

9. Декатов Н.Е. Повысить эффективность содействия лесовозобновлению // Лесн. хоз-во. 1962. № 8. С. 19–23. [Dekатов N.E. Improve the Effectiveness of Promotion for Reforestation. *Lesnoye khozyaystvo*, 1962, no. 8, pp. 19–23].

10. Долгин М.М., Колесникова А.А., Конакова Т.Н. Почвенная мезофауна средне-таежных лесов Республики Коми // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Естеств. науки. 2012. № 3. С. 73–85. [Dolgin M.M., Kolesnikova A.A., Konakova T.N. Soil Meso-fauna of the Komi Republic Middle Taiga Forests. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennyye nauki* [Arctic Environmental Research], 2012, no. 3, pp. 73–85].

11. Дымов А.А. Химический состав водотоков в коренном еловом и производном лиственно-хвойном лесах // Вода: химия и экология. 2013. № 4(58). С. 97–101. [Dymov A.A. Chemical Composition of Water Streams in Native Spruce and Secondary Deciduous-Coniferous Forests. *Voda: khimiya i ekologiya* [Water: chemistry and ecology], 2013, no. 4(58), pp. 97–101].

12. Дымов А.А., Бобкова К.С., Тужилкина В.В., Ракина Д.А. Растительный опад в коренном ельнике и лиственно-хвойных насаждениях // Изв. вузов. Лесн. журн. 2012. № 3. С. 7–18. [Dymov A.A., Bobkova K.S., Tuzhilkina V.V., Rakina D.A. Tree Waste in an Aboriginal Spruce Forest and Mixed Stands. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2012, no. 3, pp. 7–18]. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/e87/gkujl1.pdf>

13. Залесов С.В., Луганский Н.А. Основные тенденции в динамике лесного фонда Свердловской области и пути оптимизации лесопользования // Леса Урала и хозяйство

в них. 1994. № 17. С. 4–23. [Zalesov S.V., Luganskiy N.A. The Main Trends in the Dynamics of the Forest Fund of Sverdlovsk Region and Ways to Optimize Forest Management. *Lesnaya Urala i khozyaystvo v nikh*, 1994, no. 17, pp. 4–23].

14. Запруднов В.И., Пинягина Н.Б., Горшенина Н.С. Современное состояние лесного сектора Российской Федерации, задачи и перспективы развития лесозаготовительной промышленности // Вестн. МГУЛ–Лесн. вестн. 2014. Т. 18, № 3. С. 81–101. [Zaprudnov V.I., Piniagina N.B., Gorshenina N.S. Current State of the Russian Federation Forest Sector, Tasks and Prospects of Forest Industry Development. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Forestry Bulletin], 2014, vol. 18, no. 3, pp. 81–101].

15. Изучить процессы возобновления, смены древесных пород и формирования древостоев, разработать системы и способы рубок в лесах различных групп. Разработать лесоводственные требования и применительно к ним новую технику, а также новую технологию для сплошных и несплошных рубок главного пользования, обеспечивающих выращивание высокопродуктивных насаждений: отчет о НИР (заключ.). Шифр темы 053026. Пушкино: ВНИИЛМ, 1975. 102 с. [To Study the Processes of Renewal, Succession of Tree Species and Formation of Forest Stands, to Develop Systems and Methods of Cuttings in Forests of Various Groups. To Work out Forest Requirements and the New Technique for Them, as Well as the New Technology for Clear and Selective Final Cuttings, which Provide Growing of High-Productivity Forest Stands: Research Report. Pushkino, VNIILM Publ., 1975. 102 p.].

16. Казимиров Н.И., Морозов Р.М. Биологический круговорот веществ в ельниках Карелии. Л.: Наука, 1973. 175 с. [Kazimirov N.I., Morozov R.M. *Biological Cycle of Substances in Spruce Forests of Karelia*. Leningrad, Nauka Publ., 1973. 175 p.].

17. Калачев А.А., Залесов С.В. Качество подроста пихты сибирской под пологом пихтовых и березовых насаждений Рудного Алтая // Аграр. вестн. Урала. 2014. № 4(122). С. 64–67. [Kalachev A.A., Zalesov S.V. Undergrowth Quality of Fir Siberian under Firry and Birch Stands Canopy in Rudny Altai. *Agrarnyy vestnik Urala* [Agrarian Bulletin of the Urals], 2014, no. 4(122), pp. 64–67].

18. Колесников Б.П., Зубарева Р.С., Смолоногов Е.П. Лесорастительные условия и типы лесов Свердловской области. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. 275 с. [Kolesnikov B.P., Zubareva R.S., E.P. Smolonogov. *Forest Site Conditions and Forest Types in Sverdlovsk Region*. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR Publ., 1973. 275 p.].

19. Комаров А.С., Чертов О.Г., Быховец С.С., Припутина И.В., Шанин В.Н., Видягина Е.О., Лебедев В.Г., Шестибратов К.А. Воздействие осинового плантация с коротким оборотом рубки на биологический круговорот углерода и азота в лесах бореальной зоны: модельный эксперимент // Мат. биология и биоинформатика. 2015. Т. 10, вып. 2. С. 398–415. [Komarov A.S., Chertov O.G., Bykhovets S.S., Pripulina I.V., Shanin V.N., Vidjagina E.O., Lebedev V.G., Shestibratov K.A. Effects of the Aspen Short-Rotation Plantation on the C and N Biological Cycles in Boreal Forests: The Model Experiment. *Matematicheskaya biologiya i bioinformatika* [Mathematical Biology and Bioinformatics], 2015, vol. 10, iss. 2, pp. 398–415]. DOI: [10.17537/2015.10.398](https://doi.org/10.17537/2015.10.398)

20. Костылев А.С. Организация хозяйств в мягколиственных и смешанных елово-лиственных насаждениях в зоне интенсивного лесного хозяйства. М.: ЦНИИТЭИ-леспром, 1967. 20 с. [Kostylev A.S. *Organization of Facilities in Deciduous and Mixed Spruce-Deciduous Forest Stands in the Zone of Intensive Forestry*. Moscow, TsNIITEIlesprom Publ., 1967. 20 p.].

21. Лесной план Свердловской области на 2009–2018 гг.: указ губернатора Свердлов. обл. № 279-УГ от 03.06.2013 г. Екатеринбург, 2013. 368 с. [Forest Plan of Sverdlovsk Region for the 2009–2018 Period: Decree of the Governor of Sverdlovsk Region No. 279-UG on June 3, 2013. Yekaterinburg, 2013. 368 p.].

22. Луганский Н.А., Залесов С.В., Луганский В.Н. Лесоведение. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2010. 432 с. [Luganskiy N.A., Zalesov S.V., Luganskiy V.N. *Forest Science*. Yekaterinburg, USFEU Publ., 2010. 432 p.].

23. Лукина Н.В., Орлова М.А., Исаева Л.Г. Плодородие лесных почв как основа взаимосвязи почва–растительность // Лесоведение. 2010. № 5. С. 45–56. [Lukina N.V., Orlova M.A., Isaeva L.G. Forest Soil Fertility: The Base of Relationships between Soil and Vegetation. *Lesovedenie* [Russian Journal of Forest Science], 2010, no. 5, pp. 45–56].

24. Лысов Л.А. Моделирование роста и динамики производительности производных березовых древостоев на Среднем Урале // Экологические основы рационального использования и воспроизводства лесов Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1986. С. 93–94. [Lysov L.A. Modeling of Growth and Productivity Dynamics of Secondary Birch Forest Stands in the Middle Urals. *Ecological Background of Sustainable Use and Regeneration of Forests in the Urals*. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR Publ., 1986, pp. 93–94].

25. Манаков К.Н., Никонов В.В. Биологический круговорот минеральных элементов и почвообразование в ельниках Крайнего Севера. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1981. 196 с. [Manakov K.N., Nikonov V.V. *Biological Cycle of Mineral Elements and Soil Formation in Spruce Forests of the Far North*. Leningrad, Nauka Publ., 1981. 196 p.].

26. Наставления по рубкам ухода в лесах Урала / Федер. служба лесн. хоз-ва России. М.: Всерос. науч.-исслед. информ. центр по лесным ресурсам, 1994. 100 с. [*Instructions for Thinning in the Ural Forests*. Federal Forestry Service of Russia. Moscow, All-Russian Research and Information Center for Forest Resources Publ., 1994. 100 p.].

27. Переход В.И. Краткая характеристика лесоэкономических условий Уральской области // Зап. лесопром. ф-та УПИ. Свердловск: УПИ, 1929. Вып. 1. С. 15–27. [Perekhod V.I. A Brief Description of Forest Economic Conditions of Ural Region. *Zapiski lesopromyshlennogo fakul'teta UPI*. Sverdlovsk, UPI Publ., 1929, iss. 1, pp. 15–27].

28. Правила ухода за лесами: приказ М-ва прир. ресурсов РФ № 185 от 16.07.2007 г. М.: МПР РФ, 2007. 43 с. [*Rules for the Forest Care: Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation No. 185 on July 16, 2007*. Moscow, MNR RF Publ., 2007. 43 p.].

29. Правила ухода за лесами: приказ М-ва прир. ресурсов и экологии РФ № 626 от 22.11.2017 г. М.: МПРиЭ РФ, 2017. 163 с. [*Rules for the Forest Care. Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation No. 626 on November 22, 2017*. Moscow, MNRiE RF Publ., 2017. 163 p.].

30. Рубцов В.Г., Майоров Г.И. Оптимальные возрасты постепенных рубок в лиственных и смешанных насаждениях лесов II и I групп Северо-Запада европейской части СССР // Сб. науч.-исслед. работ по лесн. хоз-ву. М.: Лесн. пром-сть, 1966. Вып. 10. С. 50–58. [Rubtsov V.G., Mayorov G.I. Optimal Ages of Gradual Cuttings in Deciduous and Mixed Forest Stands of II and I Groups of the North-West of the European Part of the USSR. *Collection of Scientific and Research Papers on Forestry*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1966, iss. 10, pp. 50–58].

31. Рубцов М.В., Дерюгин А.А. Отпад деревьев после рубки древостоев березы с сохранением ели в южной тайге центральной части Русской равнины // Изв. вузов. Лесн. журн. 2015. № 5. С. 9–25. [Rubtsov M.V., Deryugin A.A. Mortality of Trees after a Birch Cutting with Preservation of Spruce in Southern Taiga in the Centre of the Russian Plain. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2015, no. 5, pp. 9–25]. DOI: [10.17238/issn0536-1036.2015.5.9](https://doi.org/10.17238/issn0536-1036.2015.5.9), URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/7af/rubtsov.pdf>

32. Руководство по организации и технологии рубок главного и промежуточного пользования в мягколиственных насаждениях со вторым ярусом и подростом хвойных пород (для равнинных лесов европейской части России) / Федер. служба лесн. хоз-ва России. М.: ВНИИЦлесресурс, 1997. 55 с. [*Manual for Organization and Technology of Final and Intermediate Cuttings in Deciduous Forests with Understorey and Undergrowth*

*of Coniferous Species (For Plain Forests of the European Part of Russia)*. Federal Forestry Service of Russia. Moscow, VNIITslesresurs Publ., 1997. 55 p.].

33. Седых В.Н. Лесообразовательный процесс. Новосибирск: Наука, 2009. 163 с. [Sedykh V.N. *The Forest Formation Process*. Novosibirsk, Nauka Publ., 2009. 163 p.].

34. Семенова В.Г. Влияние рубок главного пользования на почвы и круговорот веществ в лесу. М.: Лесн. пром-сть, 1975. 183 с. [Semenova V.G. *The Influence of Final Cuttings on Soils and Cycle of Substances in the Forest*. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1975. 183 p.].

35. Солодовников А.Н. Показатели плодородия почв под лиственными и хвойными лесами в среднетаежной подзоне Северо-Запада России // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 6. Режим доступа: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=23221> (дата обращения: 18.04.2019). [Solodovnikov A.N. Indicators of Deciduous and Coniferous Forest's Soil Fertility of North-West Russia Middle-Taiga Zone. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2015, no. 6].

36. Тарасов П.А. Оценка влияния смены сосны березой на свойства почв в условиях Приангарья // Изв. вузов. Лесн. журн. 2012. № 2. С. 14–19. [Tarasov P.A. Evaluation of Pine-Birch Succession Effect on the Soil Properties in the Angara River Area. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2012, no. 2, pp. 14–19]. URL: <http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/9f3/glo2.pdf>

37. Теринов Н.И. Возобновление ели на концентрированных вырубках 1929–1931 гг. в хвойно-широколиственных лесах Среднего Урала // Леса Урала и хозяйство в них. 1970. № 5. С. 107–109. [Terinov N.I. Reforestation of the Spruce Species on the Concentrated Cuttings in 1929–1931 in the Coniferous-Deciduous Forest Stands of the Middle Urals. *Lesy Urala i khozyaystvo v nikh*, 1970, no. 5, pp. 107–109].

38. Теринов Н.Н. Метод формирования темнохвойных насаждений // Тр. СПбНИИ лесн. хоз-ва. 2013. Вып. 1. С. 64–71. [Terinov N.N. The Method of Formation of Dark-Coniferous Forest Stands. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystva* [Proceedings of the Saint Petersburg Forestry Research Institute], 2013, iss. 1, pp. 64–71].

39. Теринов Н.Н. Концепция трансформации производных мягколиственных насаждений в темнохвойные с целью повышения продуктивности лесов Урала: автореф. дис. ... д-ра. с.-х. наук. Екатеринбург, 2014. 44 с. [Terinov N.N. *The Concept of Transformation of the Secondary Deciduous Forest Stands into Dark Coniferous Forest Stands to Order to Increase the Forest Productivity in the Urals*: Dr. Agric. Sci. Diss. Abs. Yekaterinburg, 2014. 44 p.].

40. Теринов Н.Н. Способ трансформации производных мягколиственных насаждений в темнохвойные: патент № 2521706. М.: ФГУ ФИПС, 2014. [Terinov N.N. *Method of Transformation of Derived Softwood Planting to Dark Coniferous*. Patent RF no. 2521706, 2014].

41. Теринов Н.И., Турков В.Г. Антропогенная динамика горных лесов Среднего Урала // Эколого-географические и генетические принципы изучения лесов. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1983. С. 158–163. [Terinov N.I., Turkov V.G. Anthropogenic Dynamics of Mountain Forests in the Middle Urals. *Ecological, Geographical and Genetic Principles of the Study of Forests*. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR Publ., 1983, pp. 158–163].

42. Carnol M., Baeten L., Branquart E., Grégoire J.-C., Heughebaert A., Muys B., Ponette Q., Verheyen K. Ecosystem Services of Mixed Species Forest Stands and Monocultures: Comparing Practitioners' and Scientists' Perceptions with Formal Scientific Knowledge. *Forestry: An International Journal of Forest Research*, 2014, vol. 87, iss. 5, pp. 639–653. DOI: [10.1093/forestry/cpu024](https://doi.org/10.1093/forestry/cpu024)

43. Carnol M., Bazgir M. Nutrient Return to the Forest Floor through Litter and Throughfall under 7 Forest Species after Conversion from Norway Spruce. *Forest Ecology and Management*, 2013, vol. 309, pp. 66–75. DOI: [10.1016/j.foreco.2013.04.008](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.04.008)

44. Chauvat M., Titsch D., Zaytsev A.S., Wolters V. Changes in Soil Faunal Assemblages during Conversion from Pure to Mixed Forest Stands. *Forest Ecology and Management*, 2011, vol. 262, iss. 3, pp. 317–324. DOI: [10.1016/j.foreco.2011.03.037](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2011.03.037)
45. Felton A., Lindbladh M., Brunet J., Fritz Ö. Replacing Coniferous Monocultures with Mixed-Species Production Stands: An Assessment of the Potential Benefits for Forest Biodiversity in Northern Europe. *Forest Ecology and Management*, 2010, vol. 260, iss. 6, pp. 939–947. DOI: [10.1016/j.foreco.2010.06.011](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2010.06.011)
46. Korboulewsky N., Perez G., Chauvat M. How Tree Diversity Affects Soil Fauna Diversity: A Review. *Soil Biology and Biochemistry*, 2016, vol. 94, pp. 94–106. DOI: [10.1016/j.soilbio.2015.11.024](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.11.024)
47. López-Mondéjar R., Voříšková J., Větrovský T., Baldrian P. The Bacterial Community Inhabiting Temperate Deciduous Forests is Vertically Stratified and Undergoes Seasonal Dynamics. *Soil Biology and Biochemistry*, 2015, vol. 87, pp. 43–50. DOI: [10.1016/j.soilbio.2015.04.008](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2015.04.008)
48. Prescott C.E., Grayston S.J. Tree Species Influence on Microbial Communities in Litter and Soil: Current Knowledge and Research Needs. *Forest Ecology and Management*, 2013, vol. 309, pp. 19–27. DOI: [10.1016/j.foreco.2013.02.034](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.034)
49. Pretzsch H., Biber P. Tree Species Mixing Can Increase Maximum Stand Density. *Canadian Journal of Forest Research*, 2016, vol. 46, no. 10, pp. 1179–1193. DOI: [10.1139/cjfr-2015-0413](https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0413)
50. Pretzsch H., Schütze G. Effect of Tree Species Mixing on the Size Structure, Density, and Yield of Forest Stands. *European Journal of Forest Research*, 2016, vol. 135, pp. 1–22. DOI: [10.1007/s10342-015-0913-z](https://doi.org/10.1007/s10342-015-0913-z)
51. Thoms C., Gleixner G. Seasonal Differences in Tree Species' Influence on Soil Microbial Communities. *Soil Biology and Biochemistry*, 2013, vol. 66, pp. 239–248. DOI: [10.1016/j.soilbio.2013.05.018](https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.05.018)
52. Verstraeten G. *Conversion of Deciduous Forests to Spruce Plantations and Back: Evaluation of Interacting Effects on Soil, Forest Floor, Earthworm and Understorey Communities*. PhD Thesis in Applied Biological Sciences. Ghent, Belgium, Ghent University, 2013. 152 p.
53. Zeller L., Ammer Ch., Annighöfer P., Biber P., Marshall J., Schütze G., del Río Gaztelurrutia M., Pretzsch H. Tree Ring Wood Density of Scots Pine and European Beech Lower in Mixed-Species Stands Compared with Monocultures. *Forest Ecology and Management*, 2017, vol. 400, pp. 363–374. DOI: [10.1016/j.foreco.2017.06.018](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.06.018)

## RESTORATION OF SPRUCE FORESTS: THEORY, NATIONAL PRACTICE AND PROBLEM SOLVING

**N.N. Terinov<sup>1</sup>**, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [N-2884-2019](https://orcid.org/0000-0001-5936-208X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5936-208X>

**E.M. Andreeva<sup>2</sup>**, Candidate of Biology, Senior Research Scientist; ResearcherID: [AAD-3340-2020](https://orcid.org/0000-0003-2651-2541),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2651-2541>

**S.V. Zalesov<sup>1</sup>**, Doctor of Agriculture, Prof.; ResearcherID: [H-2605-2019](https://orcid.org/0000-0003-3779-410X),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3779-410X>

**N.A. Lyganskiy<sup>1</sup>**, Doctor of Agriculture, Prof.; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3341-116X>

**A.G. Magasumova<sup>1</sup>**, Candidate of Agriculture, Assoc. Prof.; ResearcherID: [H-1607-2019](https://orcid.org/0000-0002-1727-2008),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1727-2008>

<sup>1</sup>Ural State Forest Engineering University, Sibirskiy trakt, 37, Yekaterinburg, 620100, Russian Federation; e-mail: [n\\_n\\_terinov@mail.ru](mailto:n_n_terinov@mail.ru), [zalesov@usfeu.ru](mailto:zalesov@usfeu.ru), [aspir.usfeu@gmail.com](mailto:aspir.usfeu@gmail.com)

<sup>2</sup>Botanical Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, ul. 8 Marta, 202a, Yekaterinburg, 620144, Russian Federation; e-mail: e\_m\_andreeva@mail.ru

Detailed analysis of standard and scientific literature on the problem of restoration of primary dark coniferous forests through the species succession is made for a long-term period. The forest formation theory developed by Professor B.P. Kolesnikov is behind the problem solution. According to this theory the restoration of spruce forests occurs through the formation stage of short-term and long-term secondary soft-leaved plantations. The short-term plantations are the most promising as they have the highest regeneration potential. It has been suggested that during the growth process of secondary soft-leaved forest stands on the site of primary spruce forests the plantation restores its structure and energy balance that were changed as a result of cuttings. Over this period accumulation of organic matter and nutrients, which had been removed from the ecosystem with cut trees, occurs in the soil. We shall underline that substantial improvement of water-physical properties, chemical composition of soil and its achievement of initial level of fertility is possible only after 40–60 years when secondary soft-leaved stands will grow in the place of pure spruce forests. It was concluded that succession of dark coniferous species to soft-leaved ones after clear cuttings is a massive and objective phenomenon; and from the point of view of improvement of the forest site conditions it is positive. In this case it should be considered not only as a stage of restoration, but, perhaps, as a mechanism of preservation of primary dark coniferous forest plantations. The growing period of soft-leaved plantations is proposed to use in the forestry system as a restoration stage for the formation of productive dark coniferous plantations. A new method named transformation cutting was developed and patented specifically for spruce forests in order to solve this issue. Its essence lies in the fact that care of young generations of dark coniferous species is taken in the early stages of the secondary soft-leaved stand development. The entire process of formation of dark coniferous young growth or middle-aged forest stand finishes with cutting of upper soft-leaved storey at the tree age of 45–55 years, i.e. before they reach the cutting age of mature soft-leaved stands. The inclusion of this method in the system of forestry would require some changes and additions in inventory of forest fund, preparation of project documents, as well as technical and engineering support of the prescribed measures. For instance, it is necessary to start the valuation of secondary soft-leaved forest plantations with the middle-aged stand and determine the full valuation description of the stand by generations indicating the composition, age, height and number of tree species. The use of the developed method for dark coniferous forest plantations in forestry will allow to slow down the process of species succession and later on to balance deciduous and coniferous forests based on the ecological value of forest stands, forest site conditions and prospects for the development of a specific area.

**For citation:** Terinov N.N., Andreeva E.M., Zalesov S.V., Lyganskiy N.A., Magasumova A.G. Restoration of Spruce Forests: Theory, National Practice and Problem Solving. *Lesnoy Zhurnal* [Russian Forestry Journal], 2020, no. 3, pp. 9–23. DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-9-23

**Keywords:** succession of species, soft-leaved plantations, transformation cutting, forming of spruce stands.

Поступила 20.05.19 / Received on May 20, 2019

---