ОСНОВНЫЕ КОНЦЕПЦИИ И МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИРОДНЫХ ЛЕСОВ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ

В. Н. Коротков

Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Россия, 119991, г. Москва, Ленинские горы, 1
E-mail: korotkovv@list.ru

BASIC CONCEPTS AND METHODS OF RESTORATION OF NATURAL FORESTS IN EASTERN EUROPE

V. N. Korotkov

Lomonosov Moscow State University, 1 Leninskiye gory, Moscow, 119991, Russia
E-mail: korotkovv@list.ru

Аннотация. Современные леса на территории хвойно-широколиственной (гемибореальной) и широколиственной зон Восточной Европы сформировались в результате длительного антропогенного воздействия. Это привело к полной утрате природных лесов и к абсолютному господству вторичных лесов в сочетании с монокультурами ели и сосны, которые были созданы на вырубках, гарях и залежах. Модель лесовосстановления, распространенная в конце XIX – первой половине XX в. и ориентированная на создание монокультур хозяйственно ценных хвойных видов деревьев (ель и сосна) на обширных территориях, привела к снижению биоразнообразия, возрастанию риска повреждения культур в результате вспышек размножения патогенных микроорганизмов и насекомых-фитофагов, уменьшению почвенного плодородия, снижению почвозащитных и водоохраных функций лесов. При восстановлении аналогов природных лесов необходимо опираться на современные представления синэкологии и модельных реконструкциях лесного покрова в доантропогенный период, которые кратко рассмотрены в статье. На основе анализа литературы и собственного опыта исследований предложена концепция восстановления природных лесов, которая может быть применима прежде всего к хвойно-широколиственным и широколиственным лесам. Основная цель – создание разновозрастных полидоминантных лесных экосистем, близких к естественным и отличающихся более высокой устойчивостью к грибным болезням и вспышкам численности насекомых-фитофагов. Область применения разрабатываемой концепции – особо охраняемые природные территории (национальные парки, природные парки, заказники и др.), различные категории защитных лесов, расположенные в пределах зон хвойно-широколиственных и широколиственных лесов на Восточно-Европейской равнине. Формирование разновозрастной структуры лесов возможно при проведении группово-выборочных и котловинных рубок, которые в значительной степени имитируют естественную оконную мозаику древостоев. Формирование новых поколений деревьев возможно как за счет естественного возобновления, так и путем создания лесных культур. Максимально полный набор видов деревьев для создания лесных культур применительно к хвойно-широколиственным лесам, краткие рекомендации по технологии их создания, описание необходимых мероприятий по уходу были предложены.

Ключевые слова: восстановление природных лесов, экосистемные функции, биоразнообразие, многовидовые разновозрастные леса, многовидовые культуры, группово-выборочные рубки, хвойно-широколиственные леса, широколиственные леса.

Для цитирования: Коротков, В. Н. Основные концепции и методы восстановления природных лесов Восточной Европы / В. Н. Коротков // Russian Journal of Ecosystem Ecology. – 2017. – Vol. 2 (1). – <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2017-1-1>

Abstract. The modern forest in coniferous-broadleaf (hemiboreal) and broadleaf zones of Eastern Europe were formed as a result of long-term human impact. This led to the loss of natural forests and total dominance of secondary forests combined with monocultures of spruce and pine that were created in clearings, burned areas and fallow lands. The reforestation model that was common in the late XIX and first half of the XX century and that was focused on the establishment of monocultures commercially valuable coniferous tree species (spruce and pine) over large areas has resulted in declining biological diversity, increasing risk of tree damage due to outbreaks of pathogens and phytophagous insects, decreasing soil fertility, worsening soil and water conservation functions of forests. When restoring the prototypes of natural forests it is necessary to be guided by the modern concepts of synecology and model reconstructions of forest cover in pre-anthropogenic period that are briefly discussed in the paper. Based on the analysis of literature and research experience the author proposes the concept of natural forest restoration that can be applied primarily to the coniferous-broadleaf and broadleaf forests. The main goal is

to create multiple-aged and polydominant near-natural forest ecosystems with higher resistance to fungal diseases and outbreaks of phytophagous insects. The field of concept application is specially protected natural areas (national parks, natural parks, wildlife sanctuaries, etc.), different categories of protective forests located within the zones of coniferous-broadleaf and broadleaf forests on the East European Plain. The formation of multiple-aged forests is possible when group felling and group-clear felling that largely imitate the natural gap-mosaic stand are implemented. The formation of new generations of trees is possible both due to the natural regeneration and the development of forest cultures. The article provides the full set of tree species for the development of forest cultures relating to the mixed coniferous-broadleaved forests, brief recommendations on the process of their creation, description of required care activities.

Key words: natural forest restoration, ecosystem functions, biological diversity, multispecies multiple-aged forest, mixed-species plantation, group felling, coniferous-broadleaf forest, broadleaf forest.

For citation: Korotkov V.N. Basic concepts and methods of restoration of natural forests in Eastern Europe. Russian Journal of Ecosystem Ecology. 2017;2(1). (In Russ.). Available from: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2017-1-1>

Современные проблемы устойчивого существования цивилизаций напрямую зависят от состояния лесного покрова Земли. Это следует из классических высказываний палеонтологов о господстве лесов в покрове суши начиная с девонского периода [1], а также из современной теории биотического насоса атмосферной влаги, объясняющей роль природного лесного покрова в поддержании оптимального климата и гидрологического режима Земли на протяжении всей ее доантропогенной истории [2].

Как показывают многочисленные исследования, современные леса были многократно преобразованы в периоды как присваивающего, так и производящего хозяйства на всей территории Земли и в силу этого не способны в полной мере реализовать основные экосистемные функции [3–6]. Это определило необходимость разработки представлений о потенциальном экосистемном покрове современных лесов [4, 6]. Они основаны на синтезе ведущих концепций экологии биосистем, таких как «*hierarchical continuum concept*», «*gap mosaic concept*», «*mosaic cycle concept of ecosystem*», «*natural disturbance concept*», «*aedificator, keystone species, ecosystem engineer concept*» и «*популяционно-демографическая концепция*» [6], а также антропобиотической концепции исторической экологии [7, 8].

Современные леса на территории хвойно-широколиственной (*гемибореальной*) и широколиственной зон Восточной Европы сформировались в результате длительного антропогенного воздействия, включающего сельскохозяйственное освоение и забрасывание территории, лесохозяйственные мероприятия (разные виды рубок и создание монокультур), разные типы пожаров [8, 9].

В результате лесной фонд этих зон в настоящее время представлен преимущественно вторичными мелколиственными лесами из березы

и осины, сформировавшимися на месте заброшенных сельхозугодий и вырубок, а также монокультурами ели и сосны, созданными на вырубках, гарях и залежах [4, 10, 11].

Эти леса отличаются бедным видовым составом, одновозрастными древостоями с упрощенной структурой [4, 12, 13]. А площади заповедных лесов очень малы и в них, как правило, не полностью восстановилась биота после введения заповедного режима, что делает их очень уязвимыми в окружении антропогенно предельно упрощенных лесов, выступающих как очаги инфекций даже и для разновозрастных, но малых по площади заповедных лесов. Чем сильнее и длительнее предшествующее антропогенное нарушение лесов, в которых введен заповедный режим, тем они медленнее восстанавливают природное состояние. Поэтому введение заповедного режима на антропогенно нарушенных территориях зачастую не приводит к естественному восстановлению лесной растительности и не обеспечивает сохранение биологического разнообразия [12, 13].

Природные хвойно-широколиственные и широколиственные леса сохранились на небольших разрозненных участках и занимают менее 1 % от всей площади зоны. Нередко они имеют островной характер, поскольку окружены сельскохозяйственными угодьями и населенными пунктами, что определяет их дальнейшую деградацию.

К настоящему времени четко проявились последствия модели лесовосстановления, распространенной в конце XIX – первой половине XX в. на рассматриваемой территории [4, 8]. Ориентация на создание монокультур хозяйственно ценных хвойных видов деревьев (ель и сосна) на обширных территориях привело к снижению биоразнообразия, возрастанию риска повреждения культур в результате вспышек размножения патогенных микроорганизмов и

насекомых-фитофагов, уменьшению почвенного плодородия, снижению почвозащитных и водоохраных функций лесов [4, 14–18]. Так, в последние годы только в Московской области короед-типограф уничтожил около 100 тыс. га ельников [19]. Больше всего страдают именно монодоминантные еловые леса [20], особенно монокультуры, отличающиеся низким генетическим разнообразием [21].

Принципиальные изменения неудовлетворительного состояния лесов могут быть достигнуты только в результате постепенного восстановления многовидовых и разновозрастных хвойно-широколиственных и широколиственных лесов, значительно более устойчивых к вспышкам насекомых-вредителей и болезней леса, чем монокультуры [4, 16–18, 22–24]. Кроме того, многовидовые разновозрастные леса более устойчивы к пожарам, а также намного более привлекательны в рекреационном отношении, чем одновидовые леса. Сейчас более половины лесов в хвойно-широколиственных и широколиственных зонах отнесено к защитным, в том числе таким категориям, как зеленые зоны и лесопарки, основным целевым назначением которых является обеспечение отдыха населения, сохранение оздоровительной и эстетической ценности природных ландшафтов. Однако сложившаяся практика ведения лесного хозяйства не обеспечивает достижения защитными лесами поставленных целей.

Очевидно, что восстановление многовидовых разновозрастных лесов позволит воссоздать лесные ландшафты, более близкие по своим характеристикам к доагрикультурным, однако это невозможно сделать, практикуя современные одновидовые посадки. Природный лесной покров наиболее эффективно осуществляет основные экосистемные функции: оптимизацию климата, гидрологического и температурного режимов, а также поддержание высокого уровня биологического разнообразия и продуктивности [25].

Природный лесной покров обеспечивает максимально полное поглощение осадков [2, 26], что связано с его гетерогенной структурой (мозаика окон возобновления и ветровально-почвенных комплексов (рис. 1), бобровые ландшафты, зоогенные поляны (рис. 2)), сформированной средопреобразующей деятельностью компаний ключевых и подчиненных видов растений, животных и представителей других царств [4]. Высокая влагопоглощающая способность лесного покрова способствует относительному постоянству уровня грунтовых вод и предотвращению катастрофических паводков и периодов засух [27]. В приземной атмосфере и почве формируется особый микроклимат, происходит ослабление суточных, сезонных и годовых колебаний температур [27].

Рис. 1. Схематическое изображение гетерогенной мозаики возрастных парцелл в хвойно-широколиственных лесах [4]

Рис. 2. Схематическое изображение зоогенных мозаик, сформированных зубрами и бобрами [4]

Высокий уровень биологического разнообразия и продуктивности обеспечивается за счет непрерывного существования иерархически организованной, динамичной гетерогенности лесного покрова в результате спонтанных потоков поколений ключевых и подчиненных видов растений, животных и представителей других царств [25]. Спонтанное развитие природного лесного покрова происходит по типу модели благоприятствования: каждый вид в ходе популяционной жизни преобразует среду, увеличивая разнообразие экосистемы, и тем самым обеспечивает сосуществование как предшествующих, так и последующих компаний видов и способствует увеличению биологической продуктивности экосистемы в целом [28].

Научное обоснование восстановления аналогов природных лесов должно базироваться на современных представлениях синэкологии и модельных реконструкциях лесного покрова в доантропогенный период. Такие реконструкции основаны на палеонтологических, археологических, исторических и современных данных о распространении, о биологии и об экологии сохранившихся до настоящего времени или недавно исчезнувших мощных средообразователях (ключевых видах) растений и животных и сопутствующих им видах разных трофических групп [29, 30]. В качестве точки отсчета целесообразно рассматривать период, близкий к современному по климатическим условиям: начало – середина позднего голоцена, 2500–1800 лет назад [31, 32]. В то время практически на всей территории современной зоны хвойно-широколиственных лесов сосуществовали темнохвойные (ель и пихта) и широколиствен-

ные (дуб, липа, ясень, клен, вяз и др.) деревья; мелколиственные и светлохвойные деревья занимали подчиненное положение. Леса были заселены крупными стадными копытными, формирующими внутрилесные и приводопойные поляны; большинство малых рек и ручьев было заселено бобрами, поддерживающими устойчивый водный режим [4, 30, 33]. Наличие травяных (луговых и лугово-степных), лесных сообществ и экотонов в пределах доисторических хвойно-широколиственных лесов определяло возможность приживания и устойчивого существования в растительном покрове многих светолюбивых видов деревьев, кустарников и трав. К светолюбивым видам деревьев, не возобновляющимся в современных лесах, относятся дуб черешчатый, сосна обыкновенная, лиственница сибирская (или редко возобновляющимся: *Pyrus communis* L., *Malus sylvestris* (L.) Mill., *Prunus avium* (L.) L., *Crataegus* spp. и пр.) [4].

Восстановление разновозрастной гетерогенной структуры лесов

Перспективный способ восстановления разновозрастной структуры лесов – группово-выборочные рубки в сочетании с посадками отсутствующих природных видов деревьев. Как показывает опыт [34], в работы по восстановлению природного разнообразия лесов в лесопарках, городских лесах и зеленых зонах охотно вовлекается население, что способствует сохранению и даже восстановлению биологического разнообразия антропогенно преобразованных лесных ландшафтов.

В. Г. Нестеров [35] отмечал, что группово-выборочные рубки в производственных лесах учитывают биологию видов лесной биоты и условия среды; они обеспечивают, как правило, успешное естественное возобновление, создавая местообитания, которые имитируют вывальную или «оконную» динамику. При этом почвенный покров сильно не нарушается, что благоприятно для постоянного выращивания леса. Лес при этой системе рубок постоянно реализует почвозащитные и водоохранные функции, не допуская эрозии почв и нарушений водного баланса. Это особенно важно в горных районах на сухих песчаных почвах и по берегам водоемов.

Группово-выборочные рубки весьма эффективны и для создания красивых лесных пейзажей. Они позволяют сочетать естественное возобновление местных видов деревьев с искусственным разведением декоративных видов деревьев и кустарников, которые могут вписываться в местный пейзаж, не внося в него больших искажений [36]. Группово-выборочные рубки обеспечивают постоянство лесной среды в течение всего оборота рубки, в значительной степени имитируют естественную оконную мозаику древостоев за счет групповой выборки деревьев, сохраняют полноценную возрастную структуру древостоя за счет растянутой во времени выборки старых деревьев [37].

Опыт восстановления разновозрастных лесов

На основе ведущих концепций экологии биосистем были проведены натурные исследования в наиболее хорошо сохранившихся лесах бывшего СССР и разработаны лесоводственные мероприятия, направленные на восстановление разновозрастных широколиственных лесов природного типа [38]. Они предусматривают проведение котловинных рубок (площадь окон – 0,2–0,4 га, сроки примыкания 30–40 лет) с посадкой или посевом дуба в окнах и с последующими рубками ухода. Рекомендации были опробованы в ходе экспериментов, проводимых в широколиственных лесах европейской части СССР. Более подробно описаны результаты экспериментов в Липниковском лесничестве Львовской области [3].

В этом же ключе были заложены опыты по восстановлению смешанных широколиственных лесов на территории природно-исторического заповедника-леспаркхоза «Гор-

ки» (южная часть ближнего Подмосковья) [39]. В результате проведения котловинных рубок были созданы «окна» размерами 0,16–0,25 га, в которые высаживались зональные эдификаторы (дуб черешчатый, липа мелколистная, клен остролистный, ясень обыкновенный, ель европейская). К настоящему времени культуры перешли в генеративное состояние – в центре лесного массива сформировались источники семян позднесукцессионных видов деревьев.

Эксперименты, отражающие разные способы формирования окон (искусственные вывалы, рубка, кольцевание), проведены в сомкнутых, порослевых (шестое-седьмое поколение), грабовых лесах Каневского заповедника, сформированных рубками на месте многовидовых широколиственных лесов [3, 40]. Было установлено, что наиболее перспективным способом ускорения демулационных процессов и формирования «оконной» структуры лесов оказались искусственные вывалы, когда осветление подполового пространства сопровождалось созданием ветровально-почвенных комплексов (ВПК) [3, 40]. На обнаженном субстрате ВПК отмечено семенное возобновление *Salix caprea* L., *Betula pendula* Roth., *Populus tremula* L., *Carpinus betulus* L., *Ulmus glabra* Huds., *Sambucus nigra* L. Перечисленные виды не возобновляются в ненарушенном травяном покрове под сомкнутым пологом леса. Кроме того, в окнах искусственных вывалов в два-три раза увеличилось видовое разнообразие сосудистых растений, появились новые виды мхов [40].

Восстановление видового разнообразия синузии деревьев

Многие отечественные лесоводы, работавшие в XIX и XX столетиях – Ф. К. Арнольд, Г. Ф. Морозов, М. Е. Ткаченко, В. В. Огиевский, Н. И. Рубцов, В. Г. Нестеров, П. С. Погребняк, Н. П. Калиниченко и др. – отмечали более высокую продуктивность многовидовых насаждений по сравнению с одновидовыми за счет более полного использования почвенного плодородия, света, влаги и т.д. В лесоводственной литературе есть много примеров создания таких культур в практике лесоводов Восточной Европы [41–53]. Чаще всего речь идет о двухвидовых культурах, а многовидовые культуры – крайне редкий случай. В теории и практике лесоводства обычно ставится задача создания продуктивных древостоев, которые отличаются устойчивостью к вредителям и болезням дере-

вьев. На практике обычно создавались монокультуры хвойных пород, пользующихся спросом на рынке, однако такие древостои оказываются уязвимыми к вспышкам размножения патогенных микроорганизмов и насекомых-фитофагов.

В мировой практике лесовосстановления монокультуры очень широко распространены, а смешанные насаждения создают значительно реже [24]. Считается, что чистые культуры, как правило, нежелательны, однако экономические преимущества монокультур превышают лесохозяйственные недостатки. К наиболее важным преимуществам относятся следующие: создание проекта лесных культур не требует высокой квалификации и специальных знаний, легче дополнять культуры и осуществлять уход за ними, проще проводить рубку спелых древостоев.

В последнее десятилетие растет внимание к смешанным культурам. Иностранные публикации последнего времени свидетельствуют о том, что для увеличения продуктивности лесных экосистем и усиления других экосистемных функций целесообразно создавать многовидовые насаждения [54–56]. Лесные насаждения, которые отличаются генотипическим, видовым и структурным разнообразием, лучше адаптированы к изменяющимся условиям окружающей среды, чем монокультуры [18, 21, 22], что особенно актуально в связи с климатическими изменениями, которые нередко приводят к повреждению и гибели древостоев [57]. Это требует разработки таких способов создания разнообразных лесных насаждений, которые могут увеличить их устойчивость и продуктивность и обеспечить выполнение других экосистемных функций.

К наиболее важным преимуществам смешанных культур относятся [18, 24, 35, 36, 41, 47]:

1) меньшее повреждение ветровалами и более полное использование элементов минерального питания во всем объеме почвы в связи с сочетанием видов деревьев с поверхностной и глубокой корневой системой;

2) меньшее повреждение патогенными грибами и насекомыми-фитофагами, массовые инвазии которых затруднены в таких культурах.

Серьезные ошибки, допущенные при выборе видов для искусственного восстановления, легче исправить в смешанных насаждениях, чем в чистых культурах; смешанные насаждения легче трансформируются для удовлетворения ны-

нешних или будущих вероятных потребностей рынка.

Смешанные насаждения с включением видов, способных к симбиотической азотфиксации [24, 41, 50], целесообразно создавать для восстановления полноценного питательного режима почв. Смешанные насаждения, включающие быстрорастущие светолюбивые и медленнорастущие теневыносливые виды, при оптимальном пространственном размещении более полно используют фотосинтетическую активность радиации Солнца, что приводит к увеличению их продуктивности [24].

Заслуживает внимания международный проект по исследованию влияния эффекта видового разнообразия деревьев на биоразнообразие других компонентов лесных экосистем разных географических зон – TreeDivNet (<http://www.treedivnet.ugent.be>) (рис. 3). В рамках проекта TreeDivNet в 2009 и 2012 гг. было заложено 18 экспериментальных площадок в бореальном, умеренном, средиземноморском, субтропическом и тропическом регионах. Размеры пробных площадей от 10 м² до 4 га, число высаживаемых древесных видов от 1 до 24, возраст культур от 1 года до 15 лет. В рамках этого проекта будут сравниваться монокультуры и смешанные культуры с разным числом видов деревьев. Схема посадки саженцев – 1,5×1,5 м. Размер одновидовых биогрупп составляет 4,5×4,5 м² (т.е. каждая биогруппа состоит из 9 деревьев). Смешанные культуры из двух видов представляют собой чередование биогрупп в шахматном порядке, а в многовидовых культурах биогруппы размещают в случайном порядке. Размер экспериментальных площадок с тем или иным составом лесных культур составляет 36×36 м². В качестве примера на рис. 4 представлена схема экспериментальных культур, заложенных в Бельгии в рамках подпрограммы FORBIO [58]. К очевидному недостатку эксперимента относится небольшой размер биогрупп, которые намного меньше, чем размеры одного взрослого дерева. Для формирования одновидовой группы из трех-пяти взрослых деревьев минимальная площадь должна быть не менее 400 м² [4]. Кроме того, рассматриваемый проект не ставит задачу восстановления потенциального видового разнообразия синустии деревьев природных лесов разных географических зон и не исключает использование интродуцентов в экспериментальных посадках. Пока результаты этих экспериментальных посадок не опубликованы.

Рис. 3. География экспериментальных работ по проекту TreeDivNet [58]

Рис. 4. Схема экспериментов по сравнению одно-, двух-, трех- и четырехвидовых лесных культур в рамках проекта FORBIO (Бельгия) [58]

Предложения по восстановлению аналогов природных хвойно-широколиственных лесов

Невозможность полноценной реализации лесами экосистемных функций при традиционном лесном хозяйстве, направленном на выращивание

преимущественно одновидовых и маловидовых одновозрастных древостоев, заставляет искать новые подходы, сочетающие решение не только продукционных, но и экологических задач.

В настоящее время необходимо решение задачи воссоздания разновозрастных лесов, отличающихся полнотой видового состава древес-

ных видов и структурно близких к природным лесам, развивающимся длительное время в спонтанном режиме без катастрофических нарушений.

На основе анализа литературы и собственного опыта исследований разработана концепция восстановления природных лесов, которая может быть применима, прежде всего, к хвойно-широколиственным и широколиственным лесам. Область применения разрабатываемой концепции – особо охраняемые природные территории (национальные парки, природные пар-

ки, заказники и др.), различные категории защитных лесов, расположенные в пределах зоны хвойно-широколиственных лесов на Восточно-Европейской равнине.

Основная задача лесохозяйственных мероприятий – создание разновозрастной мозаики лесных участков с полным набором видов деревьев, характерных для зоны хвойно-широколиственных лесов, в сочетании с лесными полянами вместо одновозрастных моновидовых насаждений, формирующихся при традиционном ведении лесного хозяйства (рис. 5).

Рис. 5. Примерная схема формирования гетерогенной разновозрастной и разновидовой мозаики хвойно-широколиственного леса на водоразделе (по [59]). В левой части рисунка – исходное состояние лесного массива, представленного одновозрастными моновидовыми насаждениями, сформировавшимися после сплошных рубок и создания лесных культур (например, березняки, осинники, сосняки, ельники). В правой части рисунка – ожидаемый результат восстановления разновозрастной и разновидовой мозаики хвойно-широколиственного леса. Разными цветами показаны насаждения с доминированием разных видов и разного возраста. Не обязательно, что элементы мозаики должны быть квадратной формы и одинакового размера

Основные направления работ по восстановлению разновозрастных полидоминантных хвойно-широколиственных лесов:

- 1) восстановление структурного разнообразия (разновозрастной системы мозаик окон возобновления) путем создания искусственных окон (прогалин) в пологе леса;
- 2) восстановление видового разнообразия на основе естественного возобновления и создания лесных культур природных обитателей анализируемой территории;
- 3) восстановление генетического разнообразия путем использования семенного материала близлежащих локальных популяций древесных видов.

Восстановление структурного разнообразия (разновозрастной системы мозаик окон возобновления) путем создания искусственных окон (прогалин) в пологе леса

Имеющиеся расчеты и данные показывают, что оптимальные размеры окон составляют по диаметру 1,5–2 высоты окружающего полога леса (0,2–0,3 га) [3, 38]. В окнах такого размера создаются благоприятные условия как для светолюбивых, так и для теневыносливых видов деревьев. Окна в пологе леса можно создавать, проводя группово-выборочные и котловинные рубки, кольцевание коры деревьев (возможна также инъекция арборицидов), вызывающее их усыхание, а также искусственные вывалы.

Возможно формирование окон меньшего размера, благоприятных для теневыносливых видов деревьев, или более крупных окон (до 0,5–1 га) путем проведения узколесосечных рубок, в которых ширина лесосек не будет превышать 50 м. Создание окон путем кольцевания коры или инъекции арборицидов особенно целесообразно в осиновых насаждениях, поскольку после вырубki осины в массе появляются ее корнеотпрысковое возобновление, которое может свести на нет усилия по созданию лесных культур. Для восстановления устойчивых разновозрастных популяций древесных видов в антропогенно нарушенных лесных массивах необходимо на площади не менее 50 га отдельные лесохозяйственные мероприятия объединить в единую систему [38]. Формируемый разновозрастный массив целесообразно рассматривать как единый хозяйственный выдел. Если принять, что среднее время оборота поколений деревьев составляет 200 лет, то для хозяйственного выдела размером 50 га в рубку может назначаться не более одной котловины площадью 0,25 га ежегодно или не более нескольких котловин или узколесосечных рубок общей площадью 2,5 га один раз в десять лет. Котловины выбираются с таким расчетом, чтобы непосредственное примыкание вырубаемых участков происходило не раньше, чем через 30–40 лет. Участки для проведения котловинных рубок выбираются на местах со спелыми и перестойными древостоями. В очагах усыхания древостоев назначают санитарные рубки с сохранением подроста хвойных и широколиственных деревьев. В зависимости от состояния и сохранности подроста на участках котловинных рубок может проводиться посадка лесных культур недостающих видов деревьев с последующим проведением рубок ухода (осветления, проредки, прореживания).

Результатами проводимых лесохозяйственных мероприятий являются: 1) благоприятные условия для роста и развития молодого поколения хвойных и широколиственных видов деревьев, которые высаживаются в окнах при недостатке естественного возобновления; 2) формирование в ближайшем будущем группы семенных деревьев, которые будут служить источником семян и обеспечат дальнейшее естественное восстановление природных лесов на прилегающих территориях.

При планировании лесохозяйственных мероприятий необходимо учитывать возможности распространения семян позднесукцессионных видов деревьев. Создаваемые группы семенных деревьев разных видов необходимо более или менее равномерно размещать по территории, занимаемой производными насаждениями, на расстоянии не более 200–400 м друг от друга.

Восстановление видового разнообразия за счет естественного возобновления в сочетании с созданием лесных культур недостающих древесных видов

Рекомендуемый ассортимент должен включать максимально полный набор видов деревьев и некоторых кустарников, характерных для хвойно-широколиственных лесов.

Уточнение видового состава деревьев, их количественного соотношения, выбор способов посадки и ухода за лесными культурами должны основываться на результатах натурного обследования территории, включающих геоботанические описания, анализ состояния популяций древесных видов, в том числе анализ естественного возобновления (видовой состав, онтогенетическое состояние и жизненность подроста), оценку типов условий местопрорастания, учет особенностей почв, режима увлажнения и локального климата.

Для восстановления потенциального разнообразия лесных сообществ необходимо предусмотреть возможность реинтродукции утраченных видов деревьев (например, граба обыкновенного, лиственницы сибирской, пихты сибирской, сосны сибирской и др.), существовавших в пределах Восточно-Европейской равнины в историческом прошлом.

Рекомендуемый набор видов деревьев и кустарников для лесовосстановления в зоне подтаежных восточноевропейских лесов включает: хвойные деревья (сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris* L.), ель европейская (*Picea abies* (L.) Karst.), лиственница сибирская (*Larix sibirica* Ledeb.), пихта сибирская (*Abies sibirica* Ledeb.), сосна сибирская (*Pinus sibirica* Du Tour)); широколиственные деревья (дуб черешчатый (*Quercus robur* L.), ясень обыкновенный (*Fraxinus excelsior* L.), липа мелколистная (*Tilia cordata* Mill.), клен остролистный (*Acer platanoides* L.), вяз гладкий (*Ulmus laevis* Pall.), вяз голый (ильм) (*Ulmus glabra* Huds.), граб обыкновенный (*Carpinus betulus* L.)); мелколиственные деревья (ольха черная (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.); ольха серая (*Alnus incana* (L.) Moench), береза повислая (*Betula pendula* Roth), береза пушистая (*Betula pubescens* Ehrh.), осина обыкновенная (*Populus tremula* L.)); прочие виды (груша обыкновенная (*Pyrus communis* L.), яблоня лесная (*Malus sylvestris* (L.) Mill.), черемуха обыкновенная (*Padus avium* Mill.), рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia* L.)); кустарники (лещина обыкновенная (*Corylus avellana* L.), бересклет европейский (*Euonymus europaeus* L.), бересклет бородавчатый (*Euonymus verrucosus* Scop.), шиповник майский (*Rosa majalis* Herrm.), шиповник иглистый (*Rosa acicularis* Lindl.), ка-

лина обыкновенная (*Viburnum opulus* L.), жимолость лесная (*Lonicera xylosteum* L.), можжевельник обыкновенный (*Juniperus communis* L.)).

Состав лесных культур

При выборе видового состава лесных культур преимущество надо давать тем видам, которые были распространены раньше, а в настоящее время редки или отсутствуют в пределах лесного массива. На большей части зоны хвойно-широколиственных лесов Европейской России преимущество надо давать широколиственным видам (дубу черешчатому, ясеню обыкновенному, грабу обыкновенному, липе мелколистной, клену остролистному, вязу голому, ильму), а также лиственнице сибирской и пихте сибирской, а затем уже сосне и ели.

Видовой состав и схема размещения лесных культур должны определяться не только работниками лесного хозяйства, но и лесными экологами, которые могут оценить современное состояние лесных массивов, эдафические условия, особенности естественного возобновления, состояние живого напочвенного покрова, возможности заноса семян древесных видов с соседних территорий.

Для обеспечения необходимого ассортимента важно создание лесных питомников, направленных на выращивание возможно более полного состава древесных растений из смеси семян, собранных из ближайших локальных популяций древесных видов.

Принципы проектирования лесных культур

Проектирование и создание лесных культур должно быть направлено на формирование куртинно-поляннотипа насаждений (группы

деревьев чередуются с полянами и прогалинами). Существующие внутрилесные поляны подлежат обязательному сохранению; для этого необходимо сенокошение. В зависимости от видового состава и сохранности подроста можно создавать сплошные или частичные культуры.

Опыт лесокультурных работ показывает нецелесообразность рядового смешения деревьев [17, 41]. Целесообразным признается кулисное смешение, когда несколько рядов одного вида чередуется с несколькими рядами другого вида, или создание одновидовых биогрупп разных видов деревьев в пределах одной лесокультурной площади. При равномерной посадке саженцев по схеме 3–5×1–2 м, размеры одновидовых биогрупп могут быть 0,04–0,09 га.

Возможно создание культур густыми одновидовыми биогруппами площадью 1–2 м² («густая культура местами» по В. Д. Огиевскому [60]). В. Д. Огиевский рекомендовал такой способ для создания культур дуба, при котором на каждую площадку размером 2 м² высаживается 50–100 желудей или 25–50 одно-, двухлетних сеянцев для того, чтобы в дальнейшем получить только один хороший дуб. Возможно, что рекомендованная В. Д. Огиевским плотность посадки сеянцев на одну площадку размером 1–2 м² может быть снижена до 5–20 экземпляров в зависимости от качества посадочного материала. На лесокультурной площади возможно размещение таких густых биогрупп не только из дуба, но и из других видов деревьев по схеме 3–5×5 м.

Заслуживает внимания полишахматное размещение биогрупп на лесокультурной площади [41]. П. С. Погребняк предложил размещать биогруппы из видов деревьев квадратами (не менее 100 м²), каждый из которых представлен густым посевом или посадкой только одного вида (рис. 6).

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	4	6	8	10	1	3	5	7	9
3	6	9	1	4	7	10	2	5	8
4	8	1	5	9	2	6	10	3	7
5	10	4	9	3	8	2	7	1	6
6	1	7	2	8	3	9	4	10	5
7	3	10	6	2	9	5	1	8	4
8	5	2	10	7	4	1	9	6	3
9	7	5	3	1	10	8	6	4	2
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

Рис. 6. Пример полишахматного размещения биогрупп из десяти видов деревьев, каждый из которых представлен своим порядковым номером на площади 1 га (размер каждой биогруппы – 100 м²).

По П. С. Погребняку [41] с изменениями

Примерные схемы размещения биогрупп деревьев при создании лесных культур на сплошных вырубках показаны на рис. 7, в окнах группово-выборочной рубки – на рис. 8.

Рекомендуется посадка крупными качественными саженцами (возраст четыре-пять лет). Благодаря использованию крупномерных саженцев можно сократить объемы работ по посадке, ускоряется рост деревьев в толщину, повыша-

ется устойчивость их к ветровалу и снеголому, сокращается потребность в агротехнических уходах, поскольку саженцы устойчивей, чем сеянцы, к навалу травы, и быстрее растут. Если используются сеянцы, то густота посадки может быть увеличена. Желательно использовать саженцы с закрытой корневой системой, что позволит увеличить сроки посадки и улучшить приживаемость лесных культур.

Рис. 7. Примеры размещения биогрупп из разных видов деревьев при создании лесных культур на сплошных вырубках на площади 1 га: а, б – на суглинистых дренированных влажных почвах (тип условий местопроизрастания С3/D3); в, г – на супесчаных дренированных свежих почвах (тип условий местопроизрастания – С2). Размер каждой биогруппы составляет 0,04 га [по 59 с изменениями]

Рис. 8. Примеры возможных схем размещения одновидовых биогрупп в окнах группово-выборочной рубки размером 50×50 м (0,25 га). Размещение сеянцев – рядами. Расстояние между рядами – 3 м, расстояние между сеянцами в ряду – 1 м. Плотность посадки – 800 сеянцев на 0,25 га. а – тип условий местопроизрастания С3, б – тип условий местопроизрастания D3. Условные обозначения: С – сосна обыкновенная, Д – дуб черешчатый, Лп – липа мелколистная, Кло – клен остролистный, В3ш – вяз шершавый, В3г – вяз гладкий, Гр – граб обыкновенный, Яс – ясень обыкновенный, Лц – лиственница сибирская

Не следует создавать густых посадок. Целесообразно формировать деревья с мощными кронами. Наибольшей устойчивостью против влияния вредных факторов обладают деревья, имеющие хорошо развитые кроны. В междурядьях возможно выращивание декоративных и лекарственных растений местной флоры.

Посадка семян и саженцев может проводиться вручную под меч Колесова или под лопату. Возможна механизация работ. Например, в опытном лесном хозяйстве «Русский лес» (Московская область) положительно зарекомендовали себя следующие три технологии создания культур на вырубках [61]:

1) на участках с дренированными почвами, где возможна посадка культивируемых растений в дно борозд или на минерализованные полосы, обработка почвы производится нарезкой борозд глубиной 12–15 см, плугами ПКЛ-70 (или ПЛ-1) или минерализацией полос на глубину 9–12 см машиной для расчистки полос МРП-2. Для посадки семян и саженцев на полосы и в борозды возможно применение лесопосадочной машины МЛУ-1. Агротехнический уход за лесными культурами осуществляется культиватором КЛБ-1,7;

2) на вырубках с временно переувлажненными почвами проводится расчистка и раскорчевка полос шириной 2,5–3 м корчевателями Д-513 и МП-8 с последующей обработкой почвы на раскорчеванных полосах путем напашки гряд (микроповышений) высотой 20–25 см плугом ПЛМ-1,3. Посадка лесных культур на гряды и агротехнический уход за ними осуществляется вручную;

3) на участках с постоянным избыточным увлажнением почвы применялась сплошная корчевка пней на полосах шириной 2,5–3,0 м корчевателями Д-513 и МП-8, нарезка дренирующих борозд и напашка пластов плугом-канавокопателем ПКЛН-500 с последующей посадкой вручную семян на пласты. При всех этих технологиях создания лесных культур на вырубках среднее расстояние между рядами деревьев составляло 3,5–4,0 м. Лесные культуры создавались только методом посадки. Посадочные места размещались на площади по схеме (3,5–4,0 м) × (0,7–1,0 м). На 1 га высаживалось 2,5–3,5 тыс. растений. До 1985 г. основным посадочным материалом при создании культур были двухлетние семена сосны и трех-, четырехлетние семена ели. В последние 15 лет культуры в ОЛХ создавались только четырех-, пятилетними саженцами ели. Использование таких саженцев позволило сократить густоту посадки до 2,5 тыс. шт./га.

В дальнейшем необходимы постоянный мониторинг состояния лесных культур, регуляр-

ные агротехнические уходы и рубки ухода. К агротехническому уходу относятся: уничтожение растений живого напочвенного покрова и второстепенной древесно-кустарниковой растительности, затеняющей культуры и подрост ценных пород, предотвращение заваливания семян травой, оправка выжатым морозом семян.

В ходе рубок ухода (осветления и прочистки) удаляется порослевое и семенное возобновление мелколиственных деревьев и кустарников, затеняющих подрост широколиственных и хвойных деревьев, а также поддерживается оптимальная полнота формируемых древостоев.

К важному мероприятию, способствующему восстановлению природного лесного покрова, относится сохранение популяций бобров, выступающих в роли «природных пожарных». Бобровые ландшафты, включающие плотины, бобровые пруды, заболоченные леса и низинные болота, значительно снижают пожарную опасность и препятствуют распространению огня.

Немаловажным является сохранение внутрилесных полей для покосов и умеренного выпаса домашнего скота или диких животных, что значительно повышает биоразнообразие, в том числе ценных лекарственных растений и насекомых-опылителей, а также создает благоприятные условия для развития светолюбивых видов деревьев и кустарников на опушках леса.

Заключение

Концепция восстановления аналогов природных лесов должна базироваться на современных представлениях синэкологии и модельных реконструкциях лесного покрова в доантропогенный период. Основная цель – создание разновозрастных полидоминантных лесных экосистем, близких к естественным и отличающихся более высокой устойчивостью к грибным болезням и вспышкам численности насекомых-фитофагов. Область применения разрабатываемой концепции – особо охраняемые природные территории (национальные парки, природные парки, заказники и др.), различные категории защитных лесов, расположенные в пределах зоны хвойно-широколиственных лесов на Восточно-Европейской равнине. Формирование разновозрастной структуры лесов возможно при проведении котловинных рубок, которые в значительной степени имитируют естественную оконную мозаику древостоев за счет групповой выборки деревьев. Формирование новых поколений деревьев возможно как за счет есте-

ственного возобновления, так и путем создания лесных культур. Дано описание рекомендуемого породного состава создаваемых лесных культур, краткие рекомендации по технологии их создания, описание необходимых мероприятий по уходу. Рекомендуемый ассортимент посадочного материала включает максимально полный набор видов деревьев и некоторых кустарников, характерных для хвойно-широколиственных лесов. Необходима реинтродукция некоторых видов (например, граб обыкновенный, пихта сибирская и др.), которые относительно недавно существовали в пределах зоны хвойно-широколиственных лесов на Восточно-Европейской равнине.

На основе предложенной концепции возможна разработка проектов лесохозяйственных мероприятий, направленных на восстановление полидоминантных хвойно-широколиственных лесов. Конкретные проекты должны базироваться на результатах натурного обследования территории, включающих геоботанические описания, анализ состояния популяций древесных видов, в том числе анализ естественного возобновления (видовой состав, онтогенетическое состояние и жизненность подроста), оценку типов условий местопроизрастания, учет особенностей почв, режима увлажнения и локального климата. Оценить долгосрочные последствия проводимых лесохозяйственных мероприятий возможно с помощью методов имитационного моделирования [62].

Предложенная концепция позволит воплотить в жизнь основы государственной политики в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов в Российской Федерации на период до 2030 г., утвержденные распоряжением Правительства РФ от 26 сентября 2013 г. № 1724-р и предусматривающие «сохранение генетического, видового, экосистемного и ландшафтного разнообразия лесов, а также предотвращение фрагментации лесов (в первую очередь лесов, имеющих высокую экологическую ценность». В этом документе обращается внимание на «разработку и применение технологий, обеспечивающих сохранение экологических функций лесов и их биологического разнообразия, включая методы использования лесов, имитирующие их естественную динамику и обеспечивающие формирование разновозрастных многопородных насаждений».

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность главному научному сотруднику Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, доктору биологических наук, профессору О. В. Смирновой за ценные советы и помощь в подготовке статьи, а также директору лесной программы WWF России Н. М. Шматкову за поддержку этой работы.

Список литературы

1. Криштофович, А. Н. История палеоботаники в СССР / А. Н. Криштофович. – М. : Изд-во АН СССР, 1956. – 111 с.
2. Горшков, В. Г. Биотический насос атмосферной влаги, его связь с глобальной атмосферной циркуляцией и значение для круговорота воды на суше : препринт № 2655 / В. Г. Горшков, А. М. Макарьева. – Гатчина : Ин-т ядерной физики РАН, 2006. – 49 с.
3. Восточноевропейские широколиственные леса / отв. ред. О. В. Смирнова. – М. : Наука, 1994. – 364 с.
4. Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность / отв. ред. О. В. Смирнова. – М. : Наука, 2004. – Кн. 1. – 479 с. ; Кн. 2. – 575 с.
5. Kalyakin, V. N. The origin and development of the East European taiga in Late Cenozoic / V. N. Kalyakin, S. A. Turubanova, O. V. Smirnova // Russian Journal of Ecosystem Ecology. – 2016. – Vol. 1 (1). DOI: 10.21685/2500-0578-2016-1-2
6. Smirnova, O. V. Potential ecosystem cover – a new approach to conservation biology / O. V. Smirnova, N. A. Torgorova // Russian Journal of Ecosystem Ecology. – 2016. – Vol. 1 (1). DOI: 10.21685/2500-0578-2016-1-1
7. Антипина, Е. Е. Некоторые проблемы изучения истории взаимодействия хозяйственной деятельности человека с природными биоценозами / Е. Е. Антипина, С. П. Маслов // Эволюционная и историческая антропоэкология. – М. : Наука, 1994. – С. 111–120.
8. Бобровский, М. В. Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования / М. В. Бобровский. – М. : Товарищество научн. изданий КМК, 2010. – 359 с.
9. Пономаренко, Е. В. Подходы к реконструкции заселения территории по почвенным признакам / Е. В. Пономаренко, Д. С. Пономаренко, Д. А. Сташенков, А. Ф. Кочкина // Поволжская археология. – 2015. – № 1. – С. 126–160.
10. Барталев, С. А. Карта лесов Российской Федерации, окрашенная по преобладающим группам пород деревьев и сомкнутости древесного полога. Масштаб 1:14 000 000 / С. А. Барталев, Д. В. Ершов, А. С. Исаев, П. В. Потапов, С. А. Турубанова, А. Ю. Ярошенко. – М., 2004. – URL: <http://forestforum.ru/info/pictures/rusmap.pdf> (дата обновления: 07.02.17).

11. Леса центра и севера Европейской России: Карта масштаба 1 : 4 500 000 / А. Ю. Ярошенко, Д. А. Добрынин, А. В. Егоров, И. В. Журавлева, А. Е. Маниша, П. В. Потапов, С. А. Турубанова, Е. В. Хакимулин. – М. : Гринпис России, 2008. – URL: http://forestforum.ru/info/map_for_print.pdf (дата обновления: 07.02.17).
12. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России / отв. ред. Л. Б. Заугольнова. – М. : Научный мир, 2000. – 196 с.
13. Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия / под ред. О. В. Смирновой, Е. С. Шапошникова. – СПб. : РБО, 1999. – 549 с.
14. Воронцов, А. И. Патология леса / А. И. Воронцов. – М. : Лесная промышленность, 1978. – 270 с.
15. Гримальский, В. И. Комплексные профилактические мероприятия в хронических и потенциальных очагах вредителей сосны. Экспресс информация / В. И. Гримальский, Л. И. Энтин, Я. И. Марченко [и др.]. – М. : ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1981. – 16 с.
16. Стороженко, В. Г. Научные основы устойчивости лесов к дереворазрушающим грибам / В. Г. Стороженко, М. А. Бондарцева, В. А. Соловьев, В. И. Крутов – М. : Наука, 1992. – 221 с.
17. Felton, A. Replacing coniferous monocultures with mixed-species production stands: An assessment of the potential benefits for forest biodiversity in northern Europe / A. Felton, M. Lindbladha, J. Bruneta, Ö Fritz // Forest Ecology and Management. – 2010. – Vol. 260, Iss. 6. – P. 939–947.
18. Gamfeldt, L. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species / L. Gamfeldt, T. Snäll, R. Bagchi, M. Jonsson, L. Gustafsson, P. Kjellander, M. C. Ruiz-Jaen, M. Fröberg, J. Stendahl, C. D. Philipson, G. Mikusiński, E. Andersson, B. Westerlund, H. Andrén, F. Moberg, J. Moen, J. Bengtsson // Nature Communications. – 2013. – № 4. – P. 1340. – DOI: 10.1038/ncomms2328
19. Крылов, А. М. Мониторинг состояния ельников Московской области / А. М. Крылов, А. А. Соболев, Н. А. Владимирова // Вестник Московского государственного университета леса – Лесной вестник. – 2011. – № 4. – С. 54–60.
20. Маслов, А. Д. Короед-типограф и усыхание еловых лесов / А. Д. Маслов. – М. : ВНИИЛМ, 2010. – 138 с.
21. Макеева, В. М. Сравнительная оценка состояния генофонда и жизнеспособности лесопосадок и естественных популяций ели европейской (*Picea abies* (L.) Karst.) в Москве и Подмоскowie / В. М. Макеева, А. В. Смуров, Д. В. Политов, М. М. Белоконов, Ю. С. Белоконов, Е. Г. Суслова, А. В. Русанов // Научные основы устойчивого управления лесами: Материалы II Всероссийской научной конференции (с международным участием). – М. : ЦЭПЛ РАН, 2016. – 109 с. – URL: <http://cepl.rssi.arkhilena.ru/наука/конференции/ноуул/ii-конференция/>
22. Bauhus, J. Ecosystem goods and services – the key for sustainable plantations / J. Bauhus, B. Pokorny, P. J. van der Meer, P. J. Kanowski and M. Kanninen // Ecosystem Goods and Services from Plantation Forests. – New York : Earthscan, 2010. – P. 205–227.
23. Jactel, H. The influences of forest stand management on biotic and abiotic risks of damage / H. Jactel, B. C. Nicoll, M. Branco, J. R. Gonzalez-Olabarria, W. Grodzki, B. Langstrom, F. Moreira, S. Netherer, C. Orazio, D. Piou, H. Santos, M. J. Schelhaas, K. Tojic, F. Vodde // Annals of Forest Science. – 2009. – Vol. 66, Iss. 701. – P. 1–22.
24. Nichols, J. D. Mixed-species plantations: prospects and challenges / J. D. Nichols, M. Bristow, J. K. Vanclyay // Forest Ecology and Management. – 2006. – 233. – P. 383–390.
25. Смирнова, О. В. Популяционная парадигма в экологии и экосистемные процессы / О. В. Смирнова, Н. А. Торопова, Д. Л. Луговая, А. А. Алейников // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 2011. – Т. 116, Вып. (4). – С. 41–47.
26. Makarieva, A. M. Revisiting forest impact on atmospheric water vapor transport and precipitation / A. M. Makarieva, V. G. Gorshkov, B.-L. Li // Theoretical and Applied Climatology. – 2013. – 111. – С. 79–96. DOI: 10.1007/s00704-012-0643-9
27. Молчанов, А. А. Влияние леса на окружающую среду / А. А. Молчанов. – М. : Наука, 1973. – 360 с.
28. Смирнова, О. В. Сукцессия и климакс как экосистемный процесс / О. В. Смирнова, Н. А. Торопова // Успехи современной биологии. – 2008. – Т. 128, № 2. – С. 129–144.
29. Смирнова, О. В. Теоретические основы оптимизации функции биоразнообразия лесного покрова (синтез современных представлений) / О. В. Смирнова, Л. Б. Заугольнова, В. Н. Коротков // Лесоведение. – 2015. – № 5. – С. 367–378.
30. Смирнова, О. В. Генезис восточноевропейской тайги в голоцене / О. В. Смирнова, В. Н. Калякин, С. А. Турубанова, Е. Ю. Бакун // Закономерности вековой динамики биогеоценозов. XXI Чтения памяти академика В. Н. Сукачева. – М. : Товарищество научн. изданий КМК, 2006. – С. 18–65.
31. Климанов, В. А. Цикличность и квазипериодичность климатических колебаний в голоцене / В. А. Климанов // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. – М. : Наука, 1989. – С. 29–33.
32. Хотинский, Н. А. Дискуссионные проблемы реконструкции и корреляции палеоклиматов голоцена / Н. А. Хотинский // Палеоклиматы позднеледниковья и голоцена. – М. : Наука, 1989. – С. 12–17.
33. Тюрюканов, А. Н. О чем говорят и молчат почвы / А. Н. Тюрюканов. – М. : Агропромиздат, 1990. – 228 с.
34. Ярошенко, А. Ю. Опыт народной посадки смешанных лесных культур в Щелковском учебно-опытном лесхозе. – URL: <http://rjee.ru/izopita/onpslk/>
35. Нестеров, В. Г. Общее лесоводство / В. Г. Нестеров. – М. ; Л. : Гослесбумиздат, 1954. – 655 с.
36. Мелехов, И. С. Лесоводство / И. С. Мелехов. – 2-е изд. – М. : МГУЛ, 2003. – 320 с.

37. Ярошенко, А. Ю. Способы минимизации негативного воздействия лесозаготовительной деятельности на природное биоразнообразие и естественную динамику леса / А. Ю. Ярошенко // Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность. – М. : Наука, 2004. – Кн. 2. – С. 507–530.
38. Смирнова, О. В. Методические рекомендации по воспроизводству разновозрастных широколиственных лесов европейской части СССР (на основе популяционного анализа) / О. В. Смирнова, Р. В. Попадюк, А. А. Чистякова [и др.]. – М. : ВАСХНИЛ, 1989. – 19 с.
39. Коротков, В. Н. Природно-исторический заповедник-леспаркхоз «Горки» / В. Н. Коротков // Сукцессионные процессы в заповедниках России и проблемы сохранения биологического разнообразия / под ред. О. В. Смирновой, Е. С. Шапошникова. – СПб. : Российское ботаническое общество, 1999. – С. 106–150.
40. Коротков, В. Н. Опыты по ускорению демулационных смен в грабовых лесах Каневского заповедника / В. Н. Коротков // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 1990. – Т. 95, Вып. 2. – С. 131–141.
41. Погребняк, П. С. Повышение продуктивности лесов путем создания смешанных насаждений / П. С. Погребняк // Вопросы лесоведения и лесоводства : докл. на V Всемирном Лесном конгрессе. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – С. 95–103.
42. Герасименко, М. В. Рост дуба, ясеня и клена в смешанных насаждениях / М. В. Герасименко, И. В. Соколовский // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. Института леса НАН Беларуси. – Гомель : Институт леса, 2010. – Вып. 70. – С. 210–215.
43. Исаченко, Х. М. Некоторые итоги облесения Учинского водохранилища / Х. М. Исаченко // Лесное хозяйство. – 1956. – № 2. – С. 47–52.
44. Кулыгин, А. А. Рост дуба черешчатого в смешанных искусственных насаждениях / А. А. Кулыгин, И. И. Ревяко // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1992. – № 5. – С. 27–30.
45. Ланина, В. В. Пути рекреационного использования лесных территорий лесопаркового защитного пояса г. Москвы / В. В. Ланина // Лесное хозяйство. – 1982. – № 2. – С. 51–53.
46. Матюк, И. С. Групповое размещение древесных пород в лесопарковых насаждениях / И. С. Матюк // Озеленение городов. Научные труды. – М. : Академия коммунального хозяйства им. К. Д. Памфилова, 1970. – Вып. 71, № 8. – С. 60–68.
47. Рахтеенко, Л. И. Рост и питание древесных пород в зависимости от количественного соотношения их в культурфитоценозах / Л. И. Рахтеенко // Ботаника. Исследования. – Минск : Наука и техника, 1984. – Вып. 26. – С. 115–117.
48. Решетников, В. Ф. Особенности группового размещения дуба в насаждениях естественного и искусственного происхождения / В. Ф. Решетников, К. М. Сторожишина, Е. Н. Лопес // Проблемы лесоведения и лесоводства : сб. науч. тр. Института леса НАН Беларуси. – Гомель : Институт леса, 2010. – Вып. 70. – С. 106–117.
49. Родионов, А. Я. Основные причины, снижающие устойчивость хвойных насаждений, и рекомендации по улучшению их состояния / А. Я. Родионов, В. С. Шумаков // Состояние насаждений лесопаркового пояса Москвы и меры по их улучшению. – М. : Лесная промышленность, 1966. – С. 140–153.
50. Титов, В. А. Опыт выращивания ольхи черной и ее почвоулучшающая роль в смешанных с ясенем обыкновенным культурах : автореф. дис. ... канд. сельскохозяйств. наук / Титов В. А. – Л. : ЛТА им. С. М. Кирова, 1980. – 19 с.
51. Удод, В. Е. Особенности роста рядовых и групповых культур дуба в условиях юго-востока Белоруссии / В. Е. Удод // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал. – 1989. – № 4. – С. 124–125.
52. Югай, А. Н. Взаимоотношение и особенности роста сосны с липой при совместном их произрастании (на примере лесной опытной дачи ТСХА) : автореф. дис. ... канд. сельскохозяйств. наук. / Югай А. Н. – М. : Моск. лесотехн. ин-т, 1980. – 21 с.
53. Якубюк, А. Н. Лесные культуры в лесопарковом поясе г. Москвы / А. Н. Якубюк // Лесное хозяйство. – 1960. – № 12. – С. 26–28.
54. Carnol, M. Ecosystem services of mixed species forest stands and monocultures: Comparing practitioners' and scientists' perceptions with formal scientific knowledge / M. Carnol, L. Baeten, E. Branquart, J. C. Gregoire, A. Heughebaert, B. Muys, Q. Ponette, and K. Verheyen // Forestry. – 2014. – 87. – P. 639–653. DOI:10.1093/forestry/cpu024
55. Scherer-Lorenzen, M. The functional role of biodiversity in the context of global change / M. Scherer-Lorenzen // Forests and Global Change. Ed. David A. Coomes, David F. R. P. Burslem and William D. Simonson. – Cambridge : Cambridge University Press, 2014. – P. 195–237.
56. Bravo-Oviedo, A. European Mixed Forests: definition and research perspectives / A. Bravo-Oviedo, H. Pretzsch, C. Ammer, E. Andenmatten, A. Barbati, S. Barreiro, P. Brang, F. Bravo, L. Coll, P. Corona, J. den Ouden, M. J. Ducey, D. I. Forrester, M. Giergiczny, J. B. Jacobsen, J. Lesinski, M. Löf, W. L. Mason, B. Matovic, M. Metslaid, F. Morneau, J. Motiejunaite, C. O'Reilly, M. Pach, Q. Ponette, M. del Rio, I. Short, J. P. Skovsgaard, M. Soliño, P. Spathelf, H. Sterba, D. Stojanovic, K. Strelcova, M. Svoboda, K. Verheyen, N. von Lüpke, T. Zlatanov // Forest Systems. – 2014. – Vol. 23 (3). – P. 518–533.
57. Hanewinkel, M. Climate change may cause severe loss in the economic value of European forest land. / M. Hanewinkel, D. A. Cullmann, M. J. Schelhaas, G.-J. Nabuurs, N. E. Zimmermann // Nature Climate Change. – 2013. – № 3. – P. 203–207. DOI: 10.1038/nclimate1687

58. Verheyen, K. Contributions of a global network of tree diversity experiments to sustainable forest plantations / K. Verheyen, M. Vanhellemont, H. Auge, L. Baeten, C. Baraloto, N. Barsoum, S. Bilodeau-Gauthier [et al.] // *Ambio. A Journal of the Human Environment*. – Published online. – 2015. – 12 August. – P. 1–13. DOI: 10.1007/s13280-015-0685-1
59. Коротков, В. Н. Концепция восстановления разновозрастных полидоминантных хвойно-широколиственных лесов Восточной Европы / В. Н. Коротков // *Устойчивое лесопользование*. – 2016. – № 3. – С. 3–7.
60. Огиевский, В. Д. Возобновление дуба посредством густой культуры местами / В. Д. Огиевский // Огиевский В. Д. Избранные труды. – М. : Лесная промышленность, 1966. – С. 171–191.
61. Родин, С. А. Лесные культуры в опытном лесном хозяйстве «Русский лес» / С. А. Родин, З. П. Володина // *Результаты опытных и научно-исследовательских работ в ОЛХ «Русский лес»*. – Пушкино : ВНИИЛМ, 1999. – 90 с.
62. Chumachenko, S. I. Simulation modelling of long-term stand dynamics at different scenarios of forest management for coniferous–broad-leaved forests / S. I. Chumachenko, V. N. Korotkov, M. M. Palenova, D. V. Politov // *Ecological Modelling*. – 2003. – № 170. – P. 345–361.

References

1. Krishtofovich A. N. *Istoriya paleobotaniki v SSSR* [History of paleobotany in the USSR]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1956, 111 p.
2. Gorshkov V. G., Makar'eva A. M. *Bioticheskiy nasos atmosfernoй vlagi, ego svyaz' s global'noy atmosfernoй tsirkulyatsiey i znachenie dlya krugovorota vody na sushe: preprint № 2655* [Biotic pump of atmospheric moisture, its connection with global atmosphere circulation and its meaning to hydrological cycle on land: preprint No. 2655]. Gatchina: In-t yadernoy fiziki RAN, 2006, 49 p.
3. *Vostochnoevropeyskie shirokolistvennye lesa* [Eastern European broadleaf forests]. Ed. by O. V. Smirnova. Moscow: Nauka, 1994, 364 p.
4. *Vostochnoevropeyskie lesa: istoriya v golotsene i sovremennost'* [Eastern European forests: history in Holocene and the present]. Ed. by O. V. Smirnova. Moscow: Nauka, 2004, bk. 1, 479 p.; bk. 2, 575 p.
5. Kalyakin V. N., Turubanova S. A., Smirnova O. V. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2016, vol. 1 (1). DOI: 10.21685/2500-0578-2016-1-2
6. Smirnova O. V., Toropova N. A. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2016, vol. 1 (1). DOI: 10.21685/2500-0578-2016-1-1
7. Antipina E. E., Maslov S. P. *Evolutsionnaya i istoricheskaya antropoekologiya* [Evolutionary and historical anthropoecology]. Moscow: Nauka, 1994, pp. 111–120.
8. Bobrovskiy M. V. *Lesnye pochvy Evropeyskoy Rossii: bioticheskie i antropogennye faktory formirovaniya* [Forest soil in European Russia: biotic and anthropogenic factors of formation]. Moscow: Tovarishestvo nauchn. izdaniy KMK, 2010, 359 p.
9. Ponomarenko E. V., Ponomarenko D. S., Stashenkov D. A., Kochkina A. F. *Povolzhskaya arkheologiya* [Volga region archeology]. 2015, no. 1, pp. 126–160.
10. Bartalev S. A., Ershov D. V., Isaev A. S., Potapov P. V., Turubanova S. A., Yaroshenko A. Yu. *Karta lesov Rossiyskoy Federatsii, okrashennaya po preobladayushchim gruppam porod derev'ev i somknutosti drevesnogo pologa. Masshtab 1:14 000 000* [Map of forests in the Russian Federation coloured according to the prevailing groups of wood species and density of canopy]. Moscow, 2004. Available at: <http://forestforum.ru/info/pictures/rus-map.pdf> (accessed February 7, 2017).
11. Yaroshenko A. Yu., Dobrynin D. A., Egorov A. V., Zhuravleva I. V., Manisha A. E., Potapov P. V., Turubanova S. A., Khakimulin E. V. *Les tsentra i severa Evropeyskoy Rossii: Karta masshtaba 1 : 4 500 000* [Forests in the centre and north of European Russia: Map in scale 1 : 4 500 000]. Moscow: Grinpis Rossii, 2008. Available at: http://forestforum.ru/info/map_for_print.pdf (accessed February 7, 2017).
12. *Otsenka i sokhranenie bioraznoobraziya lesnogo pokrova v zapovednikakh Evropeyskoy Rossii* [Estimation and maintenance of forest cover biological diversity in wildlife sanctuaries of European Russia]. Ed. by L. B. Zaugol'nova. Moscow: Nauchnyy mir, 2000, 196 p.
13. *Suktsessionnye protsessy v zapovednikakh Rossii i problemy sokhraneniya biologicheskogo raznoobraziya* [Successional processes in Russian wildlife sanctuaries and issues of biological diversity maintenance]. Ed. by O. V. Smirnova, E. S. Shaposhnikov. Saint-Petersburg: RBO, 1999, 549 p.
14. Vorontsov A. I. *Patologiya lesa* [Forest pathology]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1978, 270 p.
15. Grimal'skiy V. I., Entin L. I., Marchenko Ya. I. et al. *Kompleksnye profilakticheskie meropriyatiya v khronicheskikh i potentsial'nykh ochagakh vrediteley sosny. Ekspress informatsiya* [Complex prevention measures in inveterate and potential centres of pine pest. Express information]. Moscow: TsBNTI Gosleskhoza SSSR, 1981, 16 p.
16. Storozhenko V. G., Bondartseva M. A., Solov'ev V. A., Krutov V. I. *Nauchnye osnovy ustoychivosti lesov k derevorazrushayushchim gribam* [Scientific foundation of forests immunity to wood-destroying fungi]. Moscow: Nauka, 1992, 221 p.

17. Felton A., Lindbladha M., Bruneta J., Ö Fritz *Forest Ecology and Management*. 2010, vol. 260, iss. 6, pp. 939–947.
18. Gamfeldt L., Snäll T., Bagchi R., Jonsson M., Gustafsson L., Kjellander P., Ruiz-Jaen M. C., Fröberg M., Stendahl J., Philipson C. D., Mikusiński G., Andersson E., Westerlund B., Andrén H., Moberg F., Moen J., Bengtsson J. *Nature Communications*. 2013, no. 4, pp. 1340. DOI: 10.1038/ncomms2328
19. Krylov A. M., Sobolev A. A., Vladimirova N. A. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta lesa – Lesnoy vestnik* [Bulletin of Moscow State Forest University – Forest bulletin]. 2011, no. 4, pp. 54–60.
20. Maslov A. D. *Koroed-tipograf i usykhanie elovykh lesov* [Eight-dentated bark beetle and drying of spruce forests]. Moscow: VNIILM, 2010, 138 p.
21. Makeeva V. M., Smurov A. V., Politov D. V., Belokon' M. M., Belokon' Yu. S., Suslova E. G., Rusanov A. V. *Nauchnye osnovy ustoychivogo upravleniya lesami: Materialy II Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii (s mezhdunarodnym uchastiem)* [Scientific foundation of sustainable forest management: Proceedings of the II All-Russian scientific conference (with international participation)]. Moscow: TsEPL RAN, 2016, 109 p. Available at: <http://cepl.rssi.arkhilena.ru/nauka/konferentsii/nouul/ii-konferentsiya/>
22. Bauhus J., Pokorny B., van der Meer P. J., Kanowski P. J. and Kanninen M. *Ecosystem Goods and Services from Plantation Forests*. New York: Earthscan, 2010, pp. 205–227.
23. Jactel H., Nicoll B. C., Branco M., Gonzalez-Olabarria J. R., Grodzki W., Langstrom B., Moreira F., Netherer S., Orazio C., Piou D., Santos H., Schelhaas M. J., Tojic K., Vodde F. *Annals of Forest Science*. 2009, vol. 66, iss. 701, pp. 1–22.
24. Nichols J. D., Bristow M., Vanclay J. K. *Forest Ecology and Management*. 2006, 233, pp. 383–390.
25. Smirnova O. V., Toropova N. A., Lugovaya D. L., Aleynikov A. A. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskoy* [Bulletin of Moscow society of nature investigators. Biological department]. 2011, vol. 116, iss. (4), pp. 41–47.
26. Makarieva A. M., Gorshkov V. G., Li B.-L. *Theoretical and Applied Climatology*. 2013, 111, pp. 79–96. DOI: 10.1007/s00704-012-0643-9
27. Molchanov A. A. *Vliyaniye lesa na okruzhayushchuyu sredu* [Forest impact on the environment]. Moscow: Nauka, 1973, 360 p.
28. Smirnova O. V., Toropova N. A. *Uspekhi sovremennoy biologii* [Advances of modern biology]. 2008, vol. 128, no. 2, pp. 129–144.
29. Smirnova O. V., Zaugol'nova L. B., Korotkov V. N. *Lesovedenie* [Forest studies]. 2015, no. 5, pp. 367–378.
30. Smirnova O. V., Kalyakin V. N., Turubanova S. A., Bakun E. Yu. *Zakonomernosti vekovoy dinamiki biogeotsenozov. XXI Chteniya pamyati akademika V. N. Sukacheva* [Regularities of secular dynamics of biodeocenoses. XXI readings in memory of V.N. Sukachev, member of the Academy of Sciences]. Moscow: Tovarishestvo nauchn. izdaniy KMK, 2006, pp. 18–65.
31. Klimanov V. A. *Paleoklimaty pozdnelednikov'ya i golotsena* [Paleoclimates of Late Glaciation and Holocene]. Moscow: Nauka, 1989, pp. 29–33.
32. Khotinskiy N. A. *Paleoklimaty pozdnelednikov'ya i golotsena* [Paleoclimates of Late Glaciation and Holocene]. Moscow: Nauka, 1989, pp. 12–17.
33. Tyuryukanov A. N. *O chem govoryat i molchat pochvy* [What do soils mean]. Moscow: Agropromizdat, 1990, 228 p.
34. Yaroshenko A. Yu. *Opyt narodnoy posadki smeshannykh lesnykh kul'tur v Shchelkovskom uchebno-opytном leskhoze* [Best practices of public planting of mixed forest cultures in Shchelkovsky scientific and experimental forestry enterprise]. Available at: <http://rjee.ru/izopita/onpslk/>
35. Nesterov V. G. *Obshchee lesovodstvo* [General forestry]. Moscow; Leningrad: Goslesbumizdat, 1954, 655 p.
36. Melekhov I. S. *Lesovodstvo* [Forestry]. 2nd ed. Moscow: MGUL, 2003, 320 p.
37. Yaroshenko A. Yu. *Vostochnoevropeyskie lesa: istoriya v golotsene i sovremennost'* [Eastern European forests: history in Holocene and the present]. Moscow: Nauka, 2004, bk. 2, pp. 507–530.
38. Smirnova O. V., Popadyuk R. V., Chistyakova A. A. et al. *Metodicheskie rekomendatsii po vosproizvodstvu raznovozrastnykh shirokolistvennykh lesov evropeyskoy chasti SSSR (na osnove populyatsionnogo analiza)* [Recommended practices for regeneration of multiple-aged broadleaf forests in the European part of the USSR (based on population analysis)]. Moscow: VASKhNIL, 1989, 19 p.
39. Korotkov V. N. *Suktsessionnye protsessy v zapovednikakh Rossii i problemy sokhraneniya biologicheskogo raznoobraziya* [Successional processes in Russian wildlife sanctuaries and issues of biological diversity maintenance]. Saint-Petersburg: Rossiyskoe botanicheskoe obshchestvo, 1999, pp. 106–150.
40. Korotkov V. N. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskoy* [Bulletin of Moscow society of nature investigators. Biological department]. 1990, vol. 95, iss. 2, pp. 131–141.
41. Pogrebnyak P. S. *Voprosy lesovedeniya i lesovodstva: dokl. na V Vsemirnom Lesnom kongresse* [Issues of forest studies and forestry: report to the V World Forestry Congress]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1960, pp. 95–103.
42. Gerasimenko M. V., Sokolovskiy I. V. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sb. nauch. tr. Instituta lesa NAN Belarusi* [Issues of forest studies and forestry: Proceedings of Belorussia NAN Forest Institute]. Gomel: Institut lesa, 2010, iss. 70, pp. 210–215.
43. Isachenko Kh. M. *Lesnoe khozyaystvo* [Forest management]. 1956, no. 2, pp. 47–52.
44. Kulygin A. A., Revyako I. I. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [Bulletin of higher education institutions: Forest journal]. 1992, no. 5, pp. 27–30.

45. Lanina V. V. *Lesnoe khozyaystvo* [Forest management]. 1982, no. 2, pp. 51–53.
46. Matyuk I. S. *Ozelenenie gorodov. Nauchnye Trudy* [Urban forestry. Scientific papers]. Moscow: Akademiya kommunaln'nogo khozyaystva im. K. D. Pamfilova, 1970, iss. 71, no. 8, pp. 60–68.
47. Rakhteenko L. I. *Botanika. Issledovaniya* [Botany. Studies]. Minsk: Nauka i tekhnika, 1984, iss. 26, pp. 115–117.
48. Reshetnikov V. F., Storozhishina K. M., Lopes E. N. *Problemy lesovedeniya i lesovodstva: sb. nauch. tr. Instituta lesa NAN Belorusi* [Issues of forest studies and forestry: Proceedings of Belorussia NAN Forest Institute]. Gomel: Institut lesa, 2010, iss. 70, pp. 106–117.
49. Rodionov A. Ya., Shumakov V. S. *Sostoyanie nasazhdeniy lesoparkovogo poyasa Moskvy i mery po ikh uluchsheniyu* [State of plantings in Moscow forest belt and measures for their improvement]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1966, pp. 140–153.
50. Titov V. A. *Opyt vyrashchivaniya ol'khi chernoy i ee pochvouluchshayushchaya rol' v smeshannykh s yasenem obyknovennym kul'turakh: avtoref. dis. kand. sel'skokhoz. nauk* [Practice of European black alder growth and its soil-improving role in mixed with European ash cultures: synopsis of a thesis of Candidate of Agriculture]. Leningrad: LTA im. S. M. Kirova, 1980, 19 p.
51. Udod V. E. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Lesnoy zhurnal* [Bulletin of higher education institutions: Forest journal]. 1989, no. 4, pp. 124–125.
52. Yugay A. N. *Vzaimootnoshenie i osobennosti rosta sosny s lipoy pri sovместном ikh proizrastanii (na primere lesnoy opytной dachi TSKhA): avtoref. dis. kand. sel'skokhoz. nauk* [Interrelation and growth peculiarities of pine and linden in case of their joint sprouting]. Moscow: Mosk. lesotekhn. in-t, 1980, 21 p.
53. Yakubyuk A. N. *Lesnoe khozyaystvo* [Forest management]. 1960, no. 12, pp. 26–28.
54. Carnol M., Baeten L., Branquart E., Gregoire J. C., Heughebaert A., Muys B., Ponette Q., Verheyen K. *Forestry*. 2014, 87, pp. 639–653. DOI:10.1093/forestry/cpu024
55. Scherer-Lorenzen M. *Forests and Global Change*. Ed. David A. Coomes, David F. R. P. Burslem and William D. Simonson. Cambridge: Cambridge University Press, 2014, pp. 195–237.
56. Bravo-Oviedo A., Pretzsch H., Ammer C., Andenmatten E., Barbati A., Barreiro S., Brang P., Bravo F., Coll L., Corona P., J. den Ouden, Ducey M. J., Forrester D. I., Giergiczny M., Jacobsen J. B., Lesinski J., Löf M., Mason W. L., Matovic B., Metslaid M., Morneau F., Motiejunaite J., O'Reilly C., Pach M., Ponette Q., M. del Rio, Short I., Skovsgaard J. P., Soliño M., Spathelf P., Sterba H., Stojanovic D., Strelcova K., Svoboda M., K. Verheyen, N. von Lüpke, Zlatanov T. *Forest Systems*. 2014, vol. 23 (3), pp. 518–533.
57. Hanewinkel M., Cullmann D. A., Schelhaas M. J., Nabuurs G.-J., Zimmermann N. E. *Nature Climate Change*. 2013, no. 3, pp. 203–207. DOI: 10.1038/nclimate1687
58. Verheyen K., Vanhellefont M., Auge H., Baeten L., Baraloto C., Barsoum N., Bilodeau-Gauthier S. et al. *Ambio. A Journal of the Human Environment*. Published online. 2015, 12 August, pp. 1–13. DOI: 10.1007/s13280-015-0685-1
59. Korotkov V. N. *Ustoychivoe lesopol'zovanie* [Sustainable forest management]. 2016, no. 3, pp. 3–7.
60. Ogievskiy V. D. *Ogievskiy V. D. Izbrannye Trudy* [Ogievsky V.D. Selecta]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1966, pp. 171–191.
61. Rodin S. A., Volodina Z. P. *Rezultaty opytnykh i nauchno-issledovatel'skikh rabot v OLKh «Russkiy les»* [Results of experimental and research activities in experimental forest enterprise “Russian forest”]. Pushkino: VNIILM, 1999, 90 p.
62. Chumachenko S. I., Korotkov V. N., Palenova M. M., Politov D. V. *Ecological Modelling*. 2003, no. 170, pp. 345–361.