



К ВОПРОСУ О СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ МЕТОДОВ АДАПТИВНОГО ЛЕСОУПРАВЛЕНИЯ

Надежда Л. Прохорова¹, nadnov40@yandex.ru, 0000-0001-6558-7074

Зоран Говедар², zoran.govedar@sf.unibl.org, 0000-0001-9791-4113

¹ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, 394087, Россия

²Факультет лесного хозяйства, Баня-Лукский университет, б-р воеводы Степа Степановича, д. 75А, г. Баня Лука, Республика Сербская, Босния и Герцеговина, 78000

Основная цель современного лесного хозяйства на сегодняшний день – развитие и совершенствование методов управления, способных сочетать экономическую устойчивость, сохранение биоразнообразия и способность лесных экосистем адаптироваться к непрерывным изменениям окружающей среды. Значимость глобальных проблем приводит к повышенному интересу в изучении функционирования сложных природных экосистем. Для лесных экосистем характерна высокая структурная неоднородность, имеющая значение при сборе достоверной информации. В сложившейся критической ситуации с увеличением концентрации углекислоты в атмосфере изучение средообразующих функций леса приобретает наиважнейшее значение.

Ключевые слова: лес, система управления, адаптация, климат, методы, экосистемные услуги

Благодарности: Авторы благодарят рецензентов за вклад в экспертную оценку статьи.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Прохорова, Н. Л. К вопросу о совершенствовании методов адаптивного лесопользования / Н. Л. Прохорова, З. Говедар // Лесотехнический журнал. – 2021. – Т. 11. – № 2 (42). – С. 59–68. – Библиогр.: с. 65–68 (16 назв.). – DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.2/6>.

Поступила: 21.04.2021 **Принята к публикации:** 06.06.2021 **Опубликована онлайн:** 01.07.2021

TO THE QUESTION OF IMPROVING THE METHODS OF ADAPTIVE FOREST MANAGEMENT

Nadezhda L. Prokhorova¹, nadnov40@yandex.ru, 0000-0001-6558-7074

Zoran Govedar²: zoran.govedar@sf.unibl.org, 0000-0001-9791-4113

¹Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, 8 Timiryazeva street, Voronezh, 394087, Russian Federation

²Faculty of Forestry, Banja Luka University, 75A, b-r of the governor Stepa Stepanovic, Banja Luka, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina, 78000

Abstract

The main goal of modern forestry today is development and improvement of management methods that can combine economic sustainability, biodiversity conservation and the ability of forest ecosystems to adapt to continuous

environmental changes. The significance of global problems leads to increased interest in the study of the functioning of complex natural ecosystems. Forest ecosystems are characterized by high structural heterogeneity, which is important in collecting reliable information. In the current critical situation with an increase in the concentration of carbon dioxide in the atmosphere, the study of the environment-forming functions of forests is of paramount importance.

Keywords: forest, management system, adaptation, climate, methods, ecosystem services

Acknowledgments: The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

For citation: Prokhorova N. L., Govedar Z. (2021) To the question of improving the methods of adaptive forest management. *Lesotekhnicheskii zhurnal* [Forest Engineering journal], Vol. 11, No. 2 (42), pp. 59-68 (in Russian). DOI: <https://doi.org/10.34220/issn.2222-7962/2021.2/6>.

Received: 21.04.2021 **Accepted for publication:** 06.06.2021 **Published online:** 01.07.2021

Введение

Возрастающая с каждым годом антропогенная нагрузка на природную среду усиливает противоречия между обществом и природой. Характер производственной деятельности человека, направленный на получение результата, вторгается в природу, нарушая ее целостность. На фоне усугубляющегося антропогенного воздействия новой угрозой поддержанию сложившейся структуры, жизнеспособности и нормального функционирования лесов является необходимость адаптаций к изменениям климатических показателей.

Определение конкретной цели лесоводства в условиях климатических рисков является главным элементом планирования в лесном комплексе. Разработка координированных подходов для обеспечения системы контроля за сохранением лесных экосистем и устойчивого лесного хозяйства будет способствовать гармоничному развитию природы и общества.

Исследования в области разработки адаптивного управления имеют глобальное значение, а угроза сокращения лесного покрова планеты – общемировая проблема. Деятельность ученых в области лесного хозяйства направлена на предупреждение негативных последствий, связанных с этим явлением.

Мировой опыт показывает, что проблема изменения климата отрицательно влияет на лесные экосистемы и предоставление ими услуг. Стабиль-

ность и устойчивость экосистемных услуг в сложных социально-экологических условиях является приоритетной задачей стратегии адаптивного управления. Актуальность исследований в этой области подтверждают публикации отечественных и зарубежных авторов, которые в равной степени отмечают важность вопроса о роли особо охраняемых природных территорий в проекте сохранения биоразнообразия за счет сохранения естественной среды обитания. Изучение различных подходов и методов определения дальнейшего развития событий в использовании лесных ресурсов помогает выработать общую стратегию управления.

К примеру, в работе Tuffery, Davi, López-García (2021) показан комплексный подход к объединению биофизического моделирования и экспертной оценки непосредственных руководителей для разработки сценариев в изменении предоставления услуг горных лесных экосистем Средиземноморья в условиях климатических и социально-экономических трансформаций. Для обеспечения устойчивого управления лесами необходимо выполнение условия, при котором существующие разработанные критерии общенационального уровня будут соответствовать требованиям локального и регионального уровней управления. Отмечается, что широко обсуждаемая глобальная проблема лесовосстановления разрешается в процессе обсуждения и разработки национальных и региональных

стандартов устойчивого управления лесами на основе добровольной лесной сертификации [8].

Одним из способов оптимизации управления для поддержания адаптационной способности лесной экосистемы и сохранения ее биоразнообразия является функциональный сетевой подход. Метод, предложенный и используемый группой зарубежных ученых (Mina M., Messier C., Duveneck M., Fortin M., Aquilué N., 2020), учитывает особенности разнообразия видов и их функциональную зависимость, привязанность к ландшафту.

Простой и недорогой в применении пассивный тип адаптивного управления включает прогнозирование ответной адаптационной способности природных экосистем на деятельность управления. Наиболее часто этот тип управления используется, если лес имеет недостаточно большое экологическое и экономическое значение. Однако, помимо положительных качеств, этот тип управления имеет и ряд недостатков: не дает полной информации об изменениях экосистемы вследствие управленческой, хозяйственной деятельности или естественных процессов. К несовершенству данного типа относится и тот факт, что мониторинговые исследования проводятся до начальной стадии управления. Этих показателей недостаточно для контроля генерации содержимого базы данных и передачи информации разным источникам [10].

Основной предпосылкой способности лесов приспосабливаться к изменению климата является поддержание структуры, жизнеспособности и функционирования лесных экосистем, включая их заготовку и депонирование углерода [5].

Aquilué N., Messier C., Martins K. T., Seidl R., Thom D., Kautz M. (2020) и др. предложили функциональный сетевой подход для руководства лесохозяйственной деятельностью с учетом неопределенных будущих экологических и социально-экономических изменений, а также новых режимов нарушений. Авторы дополнили функциональный сетевой подход оценкой уязвимости древостоя к естественным нарушениям. Этот новый подход был применен к смешанному лесному ландшафту умеренного пояса на юго-востоке Канады для тестирования четырех сценариев управления, различающихся по интенсивности (5-40 % площади ланд-

шафта) и стратегии лесоводства, включая посадку видов деревьев из редких функциональных групп или сбор древесных пород из преобладающих функциональных групп. Насаждения были ранжированы в соответствии с функциональным разнообразием и уязвимостью к нарушениям, а виды рассматривались для посадки на основе их вклада в функциональное разнообразие и уровня уязвимости. Было установлено, что богатый видами лес может быть функционально бедной экосистемой, поэтому его адаптивная способность и устойчивость могут быть сильно подорваны в результате глобальных нарушений. А при высаживании функционально редких видов увеличивались функциональное разнообразие и взаимосвязи. Исследователями также подтверждается, что применяя функциональный сетевой подход, специалисты по лесному хозяйству получают новый простой в использовании инструмент для оценки состояния лесных систем, который можно использовать для разработки стратегии управления с целью повышения устойчивости экосистемы [1, 3].

Выделение территорий и включение их в структуру экологического каркаса представляет собой трудоемкий процесс, подчиненный определенному алгоритму последовательных действий, с проведением оценки репрезентативности и биоразнообразия крупных лесных массивов, предложенных в качестве ядер каркаса. Предлагаемые каркасы территории (зеленые коридоры, соединяющие узловые участки) представляют собой сложную структуру, разрабатываемую специалистами-профессионалами в разных отраслях хозяйства и экологии. Предлагаемый экологический каркас как таковой не является прямой природоохранной формой, это один из инструментов адаптивного управления, служащий поддержкой в восстановлении природных лесных сообществ в условиях климатических перемен без внешнего вмешательства. Это в дальнейшем обеспечит стабильность экосистемных услуг, длительное существование человека и используемых им природных ресурсов [15, 16].

Spathelf P., Stanturf J., Kleine M., Jandl R., Chiatante D., Bolte A. (2018) отмечают, что рост населения и изменения социальных потребностей в продуктах питания, биоэнергетике, водоснабжении

увеличивают потребность в экосистемных услугах лесов. Удовлетворение социальных потребностей в условиях воздействия климатических изменений на местные условия выращивания является одной из основных задач в области лесопользования. Адаптивное управление лесами и восстановление лесного ландшафта – это две основные концепции приспособления лесной экосистемы, повышающие функциональность леса и лесного ландшафта под многократным давлением глобальных изменений, заключающихся в перемене условий произрастания лесов под воздействием изменения климата. Управление включает все действия, повышающие адаптивную способность леса и лесных ландшафтов, таких как восстановление, уход или прореживание, уборка сухостоя. Хорошо согласуется с общей целью управления для повышения устойчивости и восстановления сохранение генетического разнообразия. Большое внимание уделяется роли неэндемичных видов, т. к. разные виды растений по-разному реагируют на стрессы и, возможно, смогут компенсировать потери более уязвимых аборигенных видов, а также сохранить фаунистическое видовое богатство: виды-антагонисты могут сдерживать неблагоприятные биотические факторы. В настоящее время в Центральной Европе одновозрастные монопородные леса преобразуются в разновозрастные смешанные леса, которые помогут увеличить сопротивляемость и устойчивость благодаря структурному разнообразию [12].

В исследовании J. Paluch, S. Keren, Z. Govedar (2020) проанализированы закономерности пространственной изменчивости базальной площади живых и мертвых деревьев и сложность структуры заповедных лесов Динарских гор, близких к первобытным. Результаты сравнили с аналогичным исследованием, проведенным в Западных Карпатах. Анализ выявил различные модели распределения древостоя. Долгосрочные исследования документально подтверждают, что устойчивость смешанных насаждений, динамика которых определяется небольшими размерами, имеет различия в определенных экологических свойствах, демонстрирует особые стратегии восстановления. Для изучения динамики развития рекомендуется проводить исследования на достаточно крупных участках, чтобы

видеть четкую картину всего спектра стадий развития в рамках сукцессии [9].

Современная система органов управления лесами России не отвечает в полной мере требованиям устойчивого лесопользования. Причина в постоянном изменении лесного законодательства, разобщении полномочий по надзору за лесами.

Объекты и методы исследований

В работе выполнены сравнительный анализ данных полевых исследований выделенных территорий и разработка рекомендаций для систем управления лесопользованием, применяемых в лесных экосистемах усыхающих скальных дубрав Балканского полуострова (горные районы Республики Сербской, Босния и Герцеговина), а также в лесных экосистемах Среднерусской лесостепи (Воронежская область, Россия), представляющих собой сложную зону с умеренно-континентальным климатом. Зонирование охраняемых территорий является основополагающим фактором в планировании управления и сохранения природных ресурсов. В процессе работы дана характеристика выделенных природных зон физико-географических районов на основе ландшафтного картографирования (Физико-географическое районирование ЦЧО, 1961). Каждая природная зона имеет свои особенности, флористическое разнообразие. Зональные характеристики позволили выделить (определить) типы растительности – реликтовые виды, а также виды, которые встречаются на небольших территориях. И эндемики, и реликтовые растения каждой зоны имеют большую научную ценность и требуют охранных мероприятий.

В процессе исследований, проводимых нами, были определены основные ООПТ регионального значения (заказники), приуроченные к определенным физико-географическим районам. Критериями выделения служили следующие особенности: покрытая лесом площадь (%), породный состав (лиственные и хвойные), возрастная структура и количество видов (рассчитан индекс биоразнообразия выделенных территорий). Понимание ландшафтной перспективы особенно важно в тех регионах, где лесные экосистемы разбросаны от крупных лесных массивов до более мелких фрагментированных участков. Ввиду того, что территория области

сильно фрагментирована, в работе был использован ландшафтный подход к разработке рекомендаций по управлению сетью охраняемых территорий.

Характеристика функционального разнообразия лесного фитоценоза, оценка его уязвимости различными факторами естественной природы позволит спрогнозировать различные сценарии управления лесами, разработать и предложить практические рекомендации по адаптации настоящих стратегий управления к проблемам, связанным с глобальными факторами экологических изменений.

Особое внимание уделено биологическим аспектам охраняемых территорий: выделены уникальные и типичные для данных районов системы. Определен индекс оценки биологической значимости различных ландшафтных элементов, определяющий репрезентативность охраняемых территорий (Михно В.Б., 2005).

Результаты и обсуждение

Нацеленное на сохранение лесных экосистем адаптивное управление представляет собой интерактивный процесс, опирающийся на результаты мониторинга, позволяющий найти оптимальные положительные решения для смягчения рискованных неблагоприятных факторов. С помощью такого вида управления, используя известные системы оценки и прогноза запасов углерода лесными экосистемами, возможно корректировать одну из важнейших функций леса – углерододепонирующую способность древостоя.

Недостаток достоверной информации затрудняет выработку оптимальных решений. Возникает острая необходимость систематического сбора и использования оперативной информации, которая полностью отражает реальную ситуацию определенного периода.

Разработка первичного адаптивного плана является начальной стадией. Обработка и анализ периодически представляемых данных в ходе наблюдений способствует выработке решений для действий по совершенствованию системы управления ресурсным потенциалом. Система мониторинга позволяет выявить эффективность принимаемых мер и прогнозировать дальнейшее развитие системы управления. Проведение периодической инвен-

таризации леса позволяет связать планирование с механизмами управления.

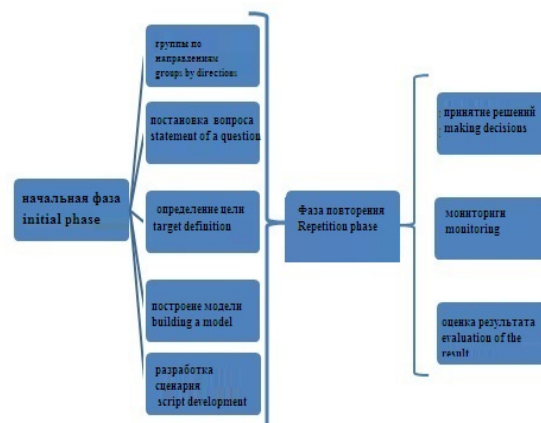


Рис. 1. Фазы адаптивного управления

Figure 1. Phases of adaptive control

Источник: собственная композиция авторов

Source: author's composition

Отличительной особенностью адаптивного и классического подходов к планированию является разный способ достижения цели. Основой для принятия решений при классическом подходе являются количественные показатели, не принимая во внимание неожиданные и непредсказуемые ситуации. Для адаптивного плана управления в лесном хозяйстве характерна выработка решений на основе информации, с учетом результатов контроля непредвиденных обстоятельств, с постоянным мониторингом используемых систем управления. Восстановление уникальных биологического и экономического компонентов в лесном хозяйстве вызывает трудности в прогнозировании возможных неопределенных ситуаций, связанных с переменной климата, стихийными бедствиями различного рода: штормовые ветра, пожары и т.д.

Действенность и значимость оценки адаптивного управления лесными комплексами определяется изменениями породного состава лесной экосистемы, ее жизнеспособностью, возрастной структурой, качеством проведенных лесохозяйственных работ и естественного лесовосстановления. В процессе активного типа адаптивного управления лесными экосистемами определяются причинно-следственные отношения управленческой деятель-

ности и изменений экологических условий, основой определения которых является система оценки и прогноза. Активный тип управления применим в условиях сильного влияния климатических перемен на приспособительные функции леса при высоких рисках биологического и абиотического воздействия. Так как результаты мониторинговых исследований должны быть встроены в управленческую деятельность, то к недостаткам этого подхода относятся сложность в отношении пассивного управления и высокие затраты на внедрение.

Для решения вопросов планирования управления лесами в современной неопределенной ситуации с глобальными экологическими и социально-экономическими изменениями окружающей среды возникает необходимость надежных и научно обоснованных инструментов. Возникает потребность в новых, простых, доступных методах управления, направленных на повышение адаптивной способности лесных экосистем, учитывающих динамику растительности, естественные нарушения и целевые программы управления.

Нами предложены стратегии адаптивного управления лесными экосистемами, которые позволят связать научные знания и реальные условия управления усыхающими дубовыми лесами. Стратегия, направленная на сохранение существующих лесных структур, может быть в первую очередь применена к насаждениям в конце производственного периода, насаждениям из устойчивых древесных пород и насаждениям с высокой экологической и экономической ценностью. Пассивная и активная адаптация лесных экосистем направлена на снижение рисков, вызванных различными факторами [2].

Выделяются три основных фактора изменения климата, к которым необходима адаптация древесной растительности. Это повышение температуры, увеличение концентрации углекислого газа, усиление накопления нитратов. В ходе проведенных исследований и по представленным моделям развития ситуации (по данным третьего национального отчета об изменении климата в Республике Сербской), возникает риск засухи. Учитывая динамику изменения климата, молодые насаждения, сформированные в настоящее время в результате облесения, будут подвергаться серьезным рис-

кам, которые будут сопровождать их на протяжении всего жизненного цикла.

В связи с постоянными серьезными, непредсказуемыми изменениями климатических условий (засуха, количество осадков, температура) в разных природных зонах инвентаризационные данные о состоянии леса имеют сильные различия. В Республике Сербской (Босния и Герцеговина) проводились исследования по адаптивному управлению скальными дубовыми лесами в условиях изменения климата. Главная проблема состоит в усыхании дубовых лесов, и работы были направлены на сохранение полного набора коренных древостоев без внедрения других пород.

Изучение условий произрастания скальных дубовых лесов, анализ средних годовых температур воздуха за десятилетний период показывает резкое повышение температуры воздуха. Изменение климатических условий является толчком для появления и развития патогенных организмов, насекомых-дефолиаторов, деятельность которых усиливает процессы усыхания скальных дубрав [2].

Адаптивное управление лесами разрабатывается с учетом зональных климатических особенностей и условий произрастания. В качестве мероприятий, рекомендуемых в процессе адаптивного управления в насаждениях горных районов Озрена, пострадавших от засухи, предложены профилактический уход и защита насаждений, естественное и искусственное лесовосстановление, проведение мелиоративных работ и санитарных рубок с целью устранения высохших деградированных деревьев. Предполагается, что формирование смешанных разновозрастных насаждений скального дуба и черной сосны на плотных горных почвах позволит увеличить адаптационную способность леса.

К проблемам скальных дубрав на горе Озрен в Республике Сербской относятся бесхозяйственные методы лесоводства, преобладание спелых насаждений, медленная и относительно низкая адаптивность лесов к новым условиям изменения климата. Отсутствие информации о степени угрозы и степени риска для отдельных лесных сообществ усложняет процессы лесовосстановления. Неодинаковая степень адаптации деревьев к структуре, кислотности почвы и доступности питательных

веществ может существенно повлиять на естественное возобновление при угрозе засухи. Растительные сообщества имеют различную чувствительность к изменениям внешней среды и неоднородно реагируют на действующие факторы, что усложняет процесс восстановления. Анализ полученных данных позволил определить, что продуктивность спелых насаждений скальных дубрав, где преобладают деревья с возрастным интервалом от 80 до 120 лет, ниже оптимальной. При сравнении основных элементов структуры древостоя усыхающего скального дуба установлено уменьшение доли дубовых насаждений в соотношении к общей массе на 20 %. В связи с проведением санитарных рубок кроны сильно разрежены (на 20 %), следствием чего является низкий урожай желудей. Это отрицательный факт для естественного возобновления.

На территории лесостепной и степной зоны Центрального Черноземья устойчивое повышение температуры воздуха и изменчивый уровень выпадающих осадков приводит к опасным гидрометеорологическим явлениям. Возникают риски смены породного состава и уровня биоразнообразия основных типов лесных экосистем. Определение отрицательно действующих факторов, которые играют значительную роль при прогнозе реакции координируемых лесных систем на негативные условия: изменение климата, пожары, вредители, лесные болезни, – позволили установить адаптационный потенциал биологических систем.

Анализ данных и сравнительная характеристика способности к адаптации позволяют сделать вывод о степени уязвимости экосистем лесостепных районов. При развитии любого сценария для лесных экосистем, имеющих высокий адаптационный потенциал, процесс адаптивного управления должен включать мероприятия по увеличению покрытой лесом площади, проведение лесовосстано-

вительных работ, выполнение своевременных уходных работ по устранению ветровалов и выгоревших участков, осуществление профилактических действий, препятствующих появлению корневых гнилей, контроль породной и возрастной структуры насаждений.

Заключение

Развитие и совершенствование методов управления на сегодняшний день является одной из основных задач современного лесного хозяйства.

Сравнительный анализ результатов исследований скальных дубрав Озрена и дубовых насаждений Воронежской области подтверждает необходимость выявления опасных факторов, их продолжительности и периодичности возникновения. Для снижения негативных последствий необходимо придерживаться современных принципов лесоводства, приближенного к природе. Кого того, реализовать мероприятия по созданию и сохранению способных противостоять неблагоприятным условиям смешанных древостоев. Поддержание и развитие таких лесов является одной из основных задач адаптивного управления.

Разработка способов и средств, позволяющих сочетать экономическую устойчивость, сохранение биоразнообразия и способность лесных экосистем адаптироваться к постоянным изменениям окружающей среды, вызывает повышенный интерес. Структурная неоднородность природных экосистем имеет решающее значение в разнообразии среды обитания и играет основную роль в поддержании устойчивости к внешним воздействиям. Центральным объектом глобальных и национальных экологических стратегий является сохранение целостности естественных лесных экосистем.

Правильная и четкая организация управления позволит организовать устойчивое лесопользование с минимальной степенью риска в условиях изменения климата.

Список литературы

1. Aquilué N., Messier C., Martins K. T., Dumais-Lalonde V., Mina M. A simple-to-use management approach to boost adaptive capacity of forest to global uncertainty. *Forest Ecology and Management*. 2021; 481: 118692. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118692>.

2. Говедар З., Медаревич М. Адаптивное управление лесами: на примере лесов из скального дуба (*Quercus petraea* (Matt.) Leibl.) на горе Озрен в Республике Сербской. *Известия вузов. Лесной журнал*. 2020; 3: 93-105. DOI: 10.37482 / 0536-1036-2020-3-93-105.
3. Seidl R., Thom D., Kautz M (et al.) Forest Disturbances under Climate Change. *Nature Climate Change*. 2017; 7: 395-402. DOI: 10.1038/NCLIMATE3303
4. Milin Ž., Stojanović Lj., Krstić M. Predlog gazdinskih mera za saniranje posledica sušenja kitnjak ovih šuma u severoistočnoj Srbiji [Proposal of Land Management Measures for the Rehabilitation of the Drying of Silt Forests in Northeastern Serbia]. *Šumarstvo [Forestry]*, 1987, br. 5, str. 154-157.
5. Mina M., Messier C., Duveneck M., Fortin M., Aquilué N. Network analysis can guide resilience-based management in forest landscapes under global change. *Ecological Applications*. 2020. 31(1): 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1002/eap.2221>.
6. Михно, В. Б. Ландшафтные аспекты оптимизации экологической обстановки Воронежской области. *Вестник Воронежского государственного университета. Серия: География. Геоэкология*. 2005; 2: 28-42. URL: <https://rucont.ru/efd/514045>.
7. Насбекова, С. К. Государственное управление лесами и правовое обеспечение охраны лесов в Кыргызской республике. *Известия вузов*. 2010; 1: 222-225.
8. Основы устойчивого лесопользования : учебник для вузов / М. Л. Карпачевский, В. К. Тепляков, Т. О. Яницкая, А. Ю. Ярошенко; Всемирный фонд дикой природы (WWF). Москва, 2009. 143 [1] с.
9. Paluch J., Keren S., Govedar Z. The Dinaric Mountains versus the Western Carpathians: Is structural heterogeneity similar in close-to-primeval *Abies-Picea-Fagus* forests? *Eur J Forest Res*. 2021; 140: 209-225. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01325-0>.
10. Прохорова Н. Л., Говедар З. К вопросу лесопользования. *Вестник научных конференций*. 2020; 9-3 (61). Наука, образование, общество: по материалам междунар. науч.-практ. конференции 30 сентября 2020 г. Ч. 3. 143 с. С. 101-103. URL: <https://ukonf.com/doc/cn.2020.09.03.pdf>.
11. Семенов М.А., Высоцкий А.А., Пашенко В.И. Сценарии адаптации в лесном хозяйстве в связи с возможными изменениями климата. *Лесной журнал*. 2019; 5: 57-69. DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.5.57. URL: http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/fea/57_69.pdf.
12. Spathelf P., Stanturf J., Kleine M. (et al.) Adaptive measures: integrating adaptive forest management and forest landscape restoration. *Annals of Forest Science*. 2018; 75, art. 55. DOI: 10.1007/s13595-018-0736-4.
13. Tuffery L., Davi H., López-García N., (et al.) Adaptive measures for mountain Mediterranean forest ecosystem services under climate and land cover change in the Mont-Ventoux regional nature park, France., *Regional Environmental Change*. 2021; 21 (1): 12.
14. Физико-географическое районирование центральных черноземных областей / под ред. проф. Ф. Н. Милькова. Воронеж : Изд-во Воронеж. ун-та, 1961. 263 с.
15. Харченко Н. Н., Моисеева Е. В., Прохорова Н. Л. Экосистемные функции лесопарковых зеленых поясов городских агломераций как фактор повышения качества жизни в условиях малолесных регионов. *Материалы Международного симпозиума «Инженерия и науки о Земле: прикладные и фундаментальные исследования» (ISEES 2018) International Симпозиум по инженерным наукам и наукам о Земле. Сер. «Достижения в инженерных изысканиях», 2018: 20-25.*
16. Kharchenko N. N., Moiseeva E. V., Prokhorova N. L. Environmental frameworks of sustainable development in the Russian federation (on the example of the Voronezh region. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions"* (Forestry-2019). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01732-4>.

References

1. Aquilué N., Messier C., Martins K. T., Dumais-Lalonde V., Mina M. A simple-to-use management approach to boost adaptive capacity of forest to global uncertainty. *Forest Ecology and Management*. 2021; 481: 118692. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118692>.
2. Govedar Z., Medarević M. Adaptive Forest Management: Case Study of Sessile Oak (*Quercus petraea* (Matt.) Leibl.) Forests on Ozren Mountain of the Republic of Srpska. *Izvestiya vuzov. Lesnoy zhurnal = Proceedings of universities. Forest Journal*. 2020; 3: 93-105 (In Russian). DOI: 10.37482/0536-1036-2020-3-93-105.
3. Seidl R., Thom D., Kautz M (et al.) Forest Disturbances under Climate Change. *Nature Climate Change*. 2017; 7: 395-402. DOI: 10.1038/NCLIMATE3303
4. Milin Ž., Stojanović Lj., Krstić M. Predlog gazdinskih mera za saniranje posledica sušenja kitnjak ovih šuma u severoistočnoj Srbiji [Proposal of Land Management Measures for the Rehabilitation of the Drying of Silt Forests in Northeastern Serbia]. *Šumarstvo [Forestry]*, 1987, br. 5, str. 154-157.
5. Mina M., Messier C., Duveneck M., Fortin M., Aquilué N. Network analysis can guide resilience-based management in forest landscapes under global change. *Ecological Applications*. 2020. 31(1): 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1002/eap.2221>.
6. Mihno V.B. Landshaftnie aspekti optimizatsii ekologicheskoi obstanovki Voronezhskoy oblasti [Landscape aspects of optimization of the ecological situation in the Voronezh region]. *Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Geografiya. Geoekologiya*. 2005; 2: 28-42 (In Russian). URL: <https://rucont.ru/efd/514045>.
7. Nasbekova S. K. Gosudarstvennoe upravlenie lesami i pravovoe obespechenie ohrani lesov v Kirgizskoi respublike [State forest management and legal support of forest protection in the Kyrgyz Republic]. *Izvestia VUZOV*. 2010; 1: 222-225 (In Russian).
8. Karpachevsky M. L., Teplyakov V. K., Yanitskaya T. O., Yaroshenko A. Yu. Osnovi ustoichivogo lesopolzovaniy: uchebnik [Fundamentals of sustainable forest management: textbook]. World Wildlife Fund (WWF). Moscow, 2009, 143 [1] p. (In Russian).
9. Paluch J., Keren S., Govedar Z. The Dinaric Mountains versus the Western Carpathians: Is structural heterogeneity similar in close-to-primeval *Abies-Picea-Fagus* forests? *Eur J Forest Res*. 2021; 140: 209-225. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10342-020-01325-0>.
10. Prokhorova N. L., Govedar Z. K voprosu lesoupravleniya. [To the question of forest management]. *Vestnik nauchnykh konferentsiy. Nauka, obrazovaniye, obshchestvo: po materialam mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii 30 sentyabrya 2020 g. Chast' 3* 143 p. P. 101-103 (In Russian).
11. Semenov M. A., Vysotskiy A. A., Pashchenko V. I. Stsenarii adaptatsii v lesnom khozyaystve v svyazi s vozmozhnymi izmeneniyami klimata [Adaptation scenarios in forestry In connection with possible climate changes]. *Lesnoy zhurnal*. 2019; 5: 57-69 (In Russian). DOI: 10.17238/issn0536-1036.2019.5.57. URL: http://lesnoizhurnal.ru/upload/iblock/fea/57_69.pdf.
12. Spathelf P., Stanturf J., Kleine M. (et al.) Adaptive measures: integrating adaptive forest management and forest landscape restoration. *Annals of Forest Science*. 2018; 75, art. 55. DOI: 10.1007/s13595-018-0736-4.
13. Tuffery L., Davi H., López-García N., (et al.) Adaptive measures for mountain Mediterranean forest ecosystem services under climate and land cover change in the Mont-Ventoux regional nature park, France., *Regional Environmental Change*. 2021; 21 (1): 12.
14. Fiziko-geograficheskoye rayonirovaniye tsentral'nykh chernozemnykh oblastey [Physical and geographical zoning of the central chernozem regions] ; ed. by prof. F.N. Mil'kov. Voronezh, 1961. 263 p. (In Russian).
15. Kharchenko N. N., Moiseyeva E. V., Prokhorova N. L. Ekosistemnyye funktsii lesoparkovykh zelenykh pojasov gorodskikh aglomeratsiy kak faktor povysheniya kachestva zhizni v usloviyakh malolesnykh regionov [Ecosystem functions of forest park green belts of urban agglomerations as a factor in improving the quality of life in low-forested regions]. In: *Materialy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Inzheneriya i nauki o Zemle: prikladnyye i*

fundamental'nyye is-sledovaniya» (ISEES 2018) International Simpozium po inzhenernym naukam i naukam o Zemle. Ser. «Dostizheniya v inzhenernykh izyskaniyakh» 2018. P. 20-25 (In Russian).

16. Kharchenko N. N., Moiseeva E. V., Prokhorova N. L. Environmental frameworks of sustainable development in the Russian federation (on the example of the Voronezh region. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science International scientific and practical conference "Forest ecosystems as global resource of the biosphere: calls, threats, solutions" (Forestry-2019). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01732-4>.

Сведения об авторах

✉ *Прохорова Надежда Леонидовна* – старший преподаватель кафедры экологии, защиты леса и лесного охотоведения, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», ул. Тимирязева, 8, г. Воронеж, Российская Федерация, 394087, e-mail: nadnov40@yandex.ru.

Зоран Говедар – профессор, Лесной факультет Университета Баня-Луки, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Баня Лука, Республика Сербская, Босния и Герцеговина, e-mail: zoran.govedar@sf.unibl.org.

Information about the authors

✉ *Prokhorova Nadezhda Leonidovna* – Senior Lecturer of the Department of Ecology, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G. F. Morozov, Timiryazeva str., 8, Voronezh, Russian Federation, 394087, ORCID 0000-0001-6558-7074, e-mail: nadnov40@yandex.ru.

Govedar Zoran – Doctor of Silviculture, Professor of the Faculty of Forestry, Banja Luka University, 75A, b-r of the governor Stepa Stepanovic, Banja Luka, Republika Srpska, Bosnia and Herzegovina, 78000, ORCID 0000-0001-9791-4113, e-mail: zoran.govedar@sf.unibl.org

✉ – Для контактов/Corresponding author