

DOI 10.31509/2658-607x-202252-104  
УДК 504.03

## РАЗРАБОТКА СЦЕНАРИЕВ ДЛЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМНЫХ УСЛУГ ЛЕСОВ

© 2022 г. **Д. Н. Тебенкова<sup>1\*</sup>, Н. В. Лукина<sup>1</sup>, А. Д. Катаев<sup>1</sup>, С. И. Чумаченко<sup>2</sup>,  
В. В. Киселева<sup>2</sup>, А. А. Колычева<sup>1</sup>, В. Н. Шанин<sup>1,3,4</sup>,  
Ю. Н. Гагарин<sup>1</sup>, А. И. Кузнецова<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН  
Россия, 117997 Москва, ул. Профсоюзная, 84/32, стр. 14*

<sup>2</sup> *Мытищинский филиал Московского государственного технического университета  
имени Н. Э. Баумана  
Россия, 141005, Московская обл., Мытищи, ул. 1-я Институтская, 1*

<sup>3</sup> *Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения РАН –  
обособленное подразделение Федерального исследовательского центра  
«Пуцинский научный центр биологических исследований РАН»  
Россия, Московская обл., 142290, Пушино, ул. Институтская, д. 2, корп. 2*

<sup>4</sup> *Институт математических проблем биологии РАН –  
филиал Института прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН  
Россия, Московская обл. 142290, Пушино, ул. проф. Виткевича, д. 1*

\*E-mail: tebenkova.dn@gmail.com

Поступила в редакцию: 22.12.2021

После рецензирования: 22.02.2022

Принята к печати: 28.02.2022

Устойчивое управление лесами предполагает необходимость сохранения и обеспечения баланса между растущим спросом на экосистемные услуги (ЭУ) лесов и имеющимися возможностями. Эта проблема мотивирует разработку путей включения разнообразных ЭУ в систему планирования и управления лесными экосистемами с учетом социальных, политических, экологических и экономических контекстов. Одним из эффективных инструментов управления ЭУ является имитационное моделирование, позволяющее оценить риски и последствия принятия решений. При этом возникает научная задача обоснования возможных альтернативных сценариев развития будущего лесной территории для последующего имитационного моделирования.

Настоящая статья нацелена на анализ подходов к разработке сценариев развития лесной территории для имитационного моделирования локального уровня и на апробацию нового метода, основанного на развитии существующих подходов к решению этой задачи. В первой ее части дан анализ современных исследований в области разработки имитационных сценариев; во второй – предложен новый метод составления сценариев, сформированный в рамках проекта POLYFORES, а также приведены результаты его апробации на трех модельных объектах, расположенных в Нижегородской области, Республике Карелия и Московской области. Для лесных участков Нижего-

родской области разработано четыре сценария развития лесного участка с целью получения выгод: 1 — от заготовки древесины, 2 — от рекреационных ЭУ и пищевых лесных ресурсов, 3 — от регулирующих ЭУ, 4 — как от заготовки древесины при условии интенсификации лесовыращивания, так и от регулирующих ЭУ. Для лесных участков в Республике Карелия первый сценарий описывает ситуацию удовлетворения спроса на древесину при условии сохранения биоразнообразия и регулирующих ЭУ, второй и третий сценарии учитывают повышенный спрос на древесину, низкий и высокий приоритеты по сохранению окружающей среды. Для лесных участков Московской области актуальны два сценария, при которых потребность граждан в рекреационных ЭУ увеличится, а приоритет сохранения биоразнообразия при принятии управленческих решений или останется низким, или увеличится. Для каждого сценария разработаны соответствующие целям управления лесохозяйственные мероприятия. Предложенные сценарии могут быть использованы для получения информации о влиянии различных управленческих решений на предоставление лесных ЭУ.

**Ключевые слова:** сценарий, экосистемные услуги лесов, ключевые факторы, лесохозяйственные режимы, Европейская часть России

Получивший широкую популярность отчет «Оценка экосистем на пороге тысячелетия» (МЕА, 2005) привлек внимание к концепции экосистемных услуг. Это понятие появилось в 1990-х годах и направлено на то, чтобы подчеркнуть влияние экосистем на благополучие человека. В настоящее время эта концепция является основой для устойчивого управления экосистемами и разработки межотраслевой политики (State of Europe's Forests..., 2011; Communication..., 2013; Binder et al., 2017; Kangas et al., 2018). Согласно этой концепции, экосистемные услуги (ЭУ) лесов — это выгоды, которые люди получают от лесных экосистем. Леса обеспечивают людей продовольствием, древесиной и другим сырьем для лесной и смежной промышленности, регулируют климат, качество воды и воздуха, формируют почвенное плодородие, удовлетворяют духовные потребности людей, являются

местом для отдыха, формируют местообитания для биоты, сохраняют биоразнообразие и др. (МЕА, 2005; The State of the World's Forests..., 2021).

Растущая численность населения Земли ведет к увеличению потребности в ЭУ лесов (Лукина, 2020). Согласно прогнозам, в случае сохранения настоящих тенденций глобальный спрос на продукты питания, древесину, воду и энергию возрастет в 1.5–2 раза к 2050 году по сравнению с 2010 годом (Van Vuuren et al., 2015; Riahi et al., 2017). Несмотря на свою важность во всем мире, леса продолжают деградировать, а их площадь сокращаться. Ежегодно уничтожается около 13 миллионов гектаров естественных лесов (The State of the World's Forests..., 2021). Эта проблема особенно актуальна для лесов тропических стран и бореальной зоны Евразии. Основными причинами потери названы изменение структуры землепользования (развитие крупно-

го и мелкого сельского хозяйства для производства продовольственных товаров, например говядины, сои, пальмового масла, какао, кофе), горнодобывающая деятельность, городское и инфраструктурное развитие (The State of the World's Forests..., 2021). Деградация лесов главным образом связана с потерей биоразнообразия, являющегося провайдером всех ЭУ. Индекс Красной книги, отражающий риск вымирания видов (значение 1 указывает на отсутствие угрозы для каких-либо видов, а значение 0 — на вымирание всех видов), в период с 1990 по 2020 год снизился в мире с 0.82 до 0.73 (IUCN..., 2020; ООН, 2020). При этом подсчитано, что уменьшение видового богатства древесных растений на 10% (с 100 до 90%) приведет к снижению продуктивности лесов на 2–3%, а при сокращении видового богатства до одного вида продуктивность леса составит от 26 до 66% от первоначальных значений (Liang et al., 2016; Duffy et al., 2017).

Поворотным моментом стал 2016 год: Организацией Объединенных Наций была принята Повестка дня в области устойчивого развития на период до 2030 года и утверждены Цели устойчивого развития (ЦУР), а Парижское соглашение в рамках Рамочной конвенции ООН об изменении климата вступило в силу. Признано, что леса способствуют достижению почти всех ЦУР. Более конкретно леса рассма-

триваются в ЦУР 15 «Защита, восстановление и содействие устойчивому использованию наземных экосистем, устойчивое управление лесами, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять деградации земель и прекращение утраты биоразнообразия». Среди путей к намеченным целям и наиболее эффективным ответом на глобальные вызовы названо развитие биоэкономики замкнутого цикла — экономике, которая использует возобновляемые биологические ресурсы суши и моря для производства продовольствия, биоматериалов, биоэнергии и биопродуктов. (Hetemäki et al., 2017; Лукина, 2020). Лесной сектор является ключевым игроком биоэкономики, который вносит существенный вклад в развитие различных отраслей промышленности, таких как строительство, биопластики, упаковочные материалы, пищевые ингредиенты, текстиль, химические вещества, фармацевтические препараты, биоэнергетика. Регулирующие, культурные, поддерживающие ЭУ лесов, такие как рекреация и туризм, водоснабжение, очистка воздуха, также являются частью биоэкономики (Transforming..., 2015). Несмотря на то что политика в области биоэкономики в России находится в стадии формирования, в некоторых стратегических документах, межправительственных соглашениях или планах также выдвигаются цели

по переходу к «зеленой» экономике, биоэкономике и экономике замкнутого цикла. Так, в России в 2017 году Президент Российской Федерации поручил Правительству Российской Федерации «...предусмотреть при разработке документов стратегического планирования и комплексного плана действий Правительства Российской Федерации на 2017–2025 годы в качестве одной из основных целей переход России к модели экологически устойчивого развития, позволяющей обеспечить в долгосрочной перспективе эффективное использование природного капитала страны при одновременном устранении влияния экологических угроз на здоровье человека...» (Перечень поручений..., 2016).

В связи с принятием Парижского соглашения, направленного на практическое осуществление положений Рамочной конвенции ООН по изменению климата, многие страны включили деятельность по секвестрированию углерода лесами в свои национальные стратегии развития (Forsell et al., 2016; EPA's Treatment ..., 2018). Принятые Российской Федерацией в рамках Парижского соглашения добровольные обязательства по 30%-ному от уровня 1990 года снижению объема выбросов углерода в атмосферу к 2030 году побуждают Правительство страны, крупный отечественный бизнес, лесопользователей и научное сообщество к по-

иску решений, позволяющих обеспечить их выполнение при максимально возможном повышении экономической эффективности промышленного производства и обязательном условии сохранения баланса между ЭУ лесов с целью обеспечения благоприятной экологической и социально-экономической ситуации в стране. Сейчас всё большую актуальность приобретают вопросы реализации лесных климатических проектов, законодательную основу которых еще предстоит разработать (Научные дебаты..., 2021).

Наиболее эффективной стратегией перехода к биоэкономике замкнутого цикла, а также выполнения Парижских соглашений является определение эффективных инновационных путей устойчивого лесопользования с учетом минимизации рисков принятия ошибочных политических решений. Для этого должны быть оценены последствия альтернативных политик и методов управления (Schmolke et al., 2010). Сценарное моделирование при этом является эффективным инструментом для анализа такой устойчивости (Messier et al., 2003). Межправительственная платформа по биоразнообразию и экосистемным услугам (<https://ipbes.net/assessing-knowledge>) назвала сочетание экологического моделирования и сценарного прогнозирования ключом к улучшению понимания влияния политических устано-

вок на социо-экологические системы путем оценки взаимосвязей, включая обратные связи между прямыми и косвенными объектами изменений, био-разнообразием и ЭУ в целом (Morán-Ordóñez et al., 2019). Кроме того, оно позволяет учитывать влияние контекстуальных изменений, например изменение климата (Duinker, Greig, 2007).

Основными понятиями в сценарном прогнозировании являются:

- «сценарий» — это набор потенциально возможных, альтернативных, структурно разных ситуаций развития будущего, обусловленного сложившейся социально-экономической, политической, экологической ситуацией на территории исследования.
- «заинтересованные стороны» (стейкхолдеры) — ключевые игроки (организации, группы лиц, конкретные лица), обладающие властью, мотивом или выраженной позицией, способные повлиять на решение или действие.
- «ключевой фактор» (драйвер) — это явление, процесс, переменная, параметр, тренд, который влияют на дальнейшее развитие территории и на то, что сейчас на ней происходит.
- «сюжетная линия» — описание сценария, отражающее предположения о направлении, послед-

ствии или результате действия ключевых факторов.

Первым шагом моделирования является разработка сценариев. Сценарии должны описывать будущие траектории развития лесных участков таким образом, чтобы в явной форме учитывались актуальные научные данные, общественные ожидания, предположения об основных движущих силах, взаимосвязях и ограничениях (Alcamo, Henrichs, 2008). Традиционно сценарное моделирование в лесном хозяйстве использовалось в стратегическом лесном планировании для прогнозирования последствий альтернативных параметров заготовки древесины (например, Chumachenko et al., 2003; Wikström et al., 2011). Поэтому имитационные сценарии представляли собой описание лесохозяйственных мероприятий, потенциально способных принести максимальную выгоду пользователю лесного участка на заданный период времени. Слабое звено таких сценариев — учет мнения только одной, реже двух заинтересованных сторон (лесопользователь и правительство), поэтому в такой системе лесной участок часто рассматривается с точки зрения древесных ресурсов. Но для других заинтересованных сторон лес имеет также экологическую, культурную и духовную ценность (Virapongse et al., 2016).

Сейчас сценарии приобрели более выраженный социальный характер. Известны работы по моделированию влияния урбанизации на обеспечение ЭУ. В качестве сценариев используются прогнозируемый региональный сценарий изменения земного покрова при урбанизации на 2003–2060 гг., основанный на пространственной модели распределения населения (Delphin et al., 2016); предположения о скорости увеличения городских земель (Estoque, Murayama, 2016) или интенсивности застройки (Sun et al., 2018), которые влияют на долю лесов и пахотных земель (He et al., 2021). Для стран Африки и Южной Америки существуют исследования по оценке влияния мер по защите окружающей среды на борьбу с бедностью (Gauvin et al., 2010; Ferraro et al., 2015). Существуют исследования по влиянию решений об охране лесов на предоставление ЭУ лесов. Например, в работе Kärkkäinen et al. (2020) сценарии характеризовали ограничения лесопользования для сохранения биоразнообразия; в работе Zarandian et al. (2017) проведена оценка таких сценариев управления, как расширение границ охраняемой территории для предотвращения изменений в землепользовании и зонирование территории на основе прогноза границ защитных лесов в зависимости от расширения городской территории.

Разработка сценариев основана на анализе ключевых факторов развития территории. Недавний обзор (Morán-Ordóñez et al., 2019) показал, что три четверти исследований проведены для двух и более сценариев, в то время как четверть исследований используют один сценарий, который в большинстве случаев основан на климатических ключевых факторах. Второй по популярности ключевой фактор — управление лесами (например, различные режимы рубок, уровни изъятия биомассы и т. д.). Реже моделирование проводится исходя из прогнозов возникновения пожаров и изменения землепользования (Morán-Ordóñez et al., 2019). При этом глобальные или общеевропейские исследования в основном фокусируются на климате и изменении землепользования в качестве ключевых факторов, используя сюжетные линии, основанные на Специальном докладе МГЭИК о сценариях выбросов (Второй оценочный доклад..., 2014; Nakicenovic, Swart, 2000), национальные и локальные исследования — на данных о пожарах, других нарушениях и режимах управления. В национальных и локальных исследованиях используется множество различных сюжетных линий и прогнозов землепользования: это либо локально определенные прогнозы, либо версии глобальных прогнозов с уменьшением пространственного

масштаба. Часто эти сценарии специально предназначены для поддержки, разработки и реализации местной политики. Эти сюжетные линии либо основаны на совместных подходах, таких как семинары или опросы с участием местных заинтересованных сторон, либо напрямую основаны на местных планах развития. Иногда глобальные сюжетные линии, например IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) или ALARM, используются как установленные границы, в пределах которых могут действовать локальные ключевые факторы. Также могут быть использованы процедуры статистического масштабирования. Многие национальные и локальные исследования полагаются на гипотетические сценарии, то есть сценарии, которые определены учеными для проверки своих гипотез, чувствительности своих моделей, но не являются достаточно информативными для принятия решения. Использование таких экспертных сценариев не всегда четко обосновывается (Morán-Ordóñez et al., 2019).

Для России сведения об обосновании сценариев для моделирования крайне скудны. На национальном уровне стратегическое планирование в области лесного хозяйства в нашей стране осуществляется на основе Стратегии развития лесного комплекса до 2030 г. (2021). Она предусматривает три сценария развития лесного хозяй-

ства: инерционный, базовый и стратегический, которые содержат сведения об инвестиционных проектах и мерах государственной поддержки, мероприятиях по минимизации рисков, прогноза экспортного потенциала, уровня финансирования отрасли, развития лесной промышленности. Среди количественных показателей развития лесного комплекса она содержит сведения о лесистости, лесозаготовках, лесоразведении, производства продукции из древесины и др. Подробное обсуждение сценариев представлено в «Прогнозе развития...» (2012), расчеты по ним приведены в работе Замолодчикова и Грабовского (2014). Стратегией социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (Стратегия социально-экономического развития ..., 2021) предусмотрено два сценария социально-экономического развития Российской Федерации – инерционный и целевой (интенсивный), которые различаются по уровню технологического развития, структурным изменениям (сдвигам) в экономике, поглощающей способности природных поглотителей и накопителей парниковых газов и другим эффектам. Основой для построения сценариев могут стать кратко- и среднесрочные Прогнозы социально-экономического развития, публикуемые Минэкономразвития РФ (Прогнозы...,

2021). В прогнозах имеются сведения о динамике производства продукции лесопромышленного комплекса, ключевых факторов, оказывающих воздействие на прогнозируемую динамику развития лесопромышленного комплекса. В них приведены данные об индексах промышленного производства для двух прогнозных сценариев: базового и консервативного, характеризующих темпы роста мировой экономики, инфляции и развития внутренней торговой среды (Прогноз социально-экономического развития..., 2021).

Для регионального уровня в литературе имеются данные о прогнозировании адаптированных для субъекта Российской Федерации сценариев МГЭИК (Komarov et al., 2014) и сценариев Стратегии развития лесного комплекса до 2030 г. (Поддержка принятия решений..., 2019). Также в недавней публикации (Leskinen et al., 2020) были представлены сценарии климатически оптимизированного ведения лесного хозяйства (англ. Climate Smart Forestry) для трех модельных регионов: Республика Карелия, Республика Марий-Эл, Приангарский макрорайон (Красноярский край). Сценарии в зависимости от специфики объекта включали сведения о мерах по предотвращению пожаров, уровне и методах заготовки древесины, мерах по лесовосстановлению, направления использования заготовленной древесины с целью депо-

нирования углерода. В работе А. Г. Розенберг (2016) проведен прогноз лесистости территории Самарской области для четырех сценариев устойчивого развития территорий, предложенных Робертом Костанца (Costanza, 1999), отражающих две крайние позиции политики на глобальном уровне: технологический оптимизм и скептицизм. Стоит отметить, что для качественной оценки устойчивости каждого из сценариев автором был проведен социологический опрос, целью которого стала оценка комфортности жизнедеятельности человека при той или иной гипотетической сценарной линии.

Для объектов локального уровня сценарии развития лесной территории чаще всего составляются с целью проверки той или иной научной теории. Обоснование использования таких экспертных сценариев в явном виде не указывается, поэтому их использование для принятия управленческих решений затруднено. Например, для сценарного моделирования используются упрощенные варианты системы заготовки древесины: сценарий без лесохозяйственной деятельности; выполнения выборочных рубок с последующим естественным лесовосстановлением; проведения сплошных рубок с последующим искусственным лесовосстановлением (Chumachenko et al., 2020; Колычева, Чумаченко, 2020). В работе В. Н. Шанина с соавторами



(Shanin et al., 2012) использовались четыре сценария: естественное развитие территории; сценарий, учитывающий возникновение лесных пожаров; сценарий проведения двух рубок ухода с последующей выборочной рубкой; сценарий проведения четырех рубок ухода с последующей сплошной рубкой. В. В. Киселевой с соавторами (Киселева и др., 2021) промоделировано десять сценариев, отличающихся интенсивностью использования расчетной лесосеки, долей искусственного лесовосстановления, режимом ухода и др.

Стоит отметить, что разработка сценариев для объектов локального уровня весьма актуальна. Локальные и субнациональные масштабы идеально подходят для комплексного анализа процессов, действующих на разных уровнях, что, в свою очередь, имеет решающее значение для оценки устойчивости экосистем в условиях глобальных изменений и, таким образом, для руководства политикой устойчивого развития (Seidl et al., 2011). По этой причине локальные масштабы были предложены в качестве одной из отправных точек для создания сценарных структур для экологического сценарного планирования (Kok et al., 2017). Таким образом, разработка авторитетных, комплексных сценариев будущего развития лесов, методов управления и рисков становится насущной необходимостью.

Несмотря на то, что обоснование сценариев развития лесной территории для экологического менеджмента представляет собой важную задачу, в настоящее время разработка сценариев для имитационного моделирования локального уровня не содержит анализа сложившихся объективных условий, обстоятельств и мнения заинтересованных сторон. Чаще всего используемые сценарии являются простым перебором решений, что не страхует от совершения управленческих ошибок.

Цель данной работы — провести анализ подходов к разработке сценариев развития лесной территории для имитационного моделирования локального уровня, предложить и апробировать новый метод, основанный на развитии существующих подходов к решению этой задачи, включающий экономические, экологические, социальные, политические, технологические особенности лесной территории на локальном/ландшафтном уровне.

## **1. АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАЗРАБОТКИ СЦЕНАРИЕВ РАЗВИТИЯ ЛЕСНОЙ ТЕРРИТОРИИ**

### **1.1 Основные понятия и концепция сценарного подхода**

Существует множество определений слова «сценарий». Например, Герман Кан, один из основоположников исследований будущего и отец сценар-

ного планирования, определяет сценарий как «набор гипотетических событий будущего, созданных для прояснения возможной цепочки причинных событий, а также их точек принятия решений» (Kahn, Wiener, 1968); или сценарии – это описание будущей ситуации и хода событий, позволяющее перейти от актуальной ситуации к будущей (Godet, 2000); сценарии также определяются как альтернативные варианты будущего, возникающие в результате сочетания тенденций и политики (Fontela, Hingel, 1993). Анализ литературных данных позволяет выявить два подхода к его определению: (1) выделение по принципу «сценарий – это вероятностные события» (Porter, 1985; Jarke et al., 1998; Cornish, 2004; Van der Heijden, 2011); (2) выделение по принципу «сценарий – это метод или инструмент» (Schoemaker, 1995; Schwartz, 1996). Однако все они выполняют одну из двух функций: функцию управления рисками, при реализации которой сценарии позволяют апробировать стратегии управления и избежать возможных негативных последствий, и создания творческого продукта для генерации новых идей (Lang, 2001).

Изобразить идею сценария можно с помощью так называемой сценарной воронки (Von Reibnitz, 1987; Pillkahn, 2008; Glenn, Gordon, 2009). Начиная с более или менее известной ситуации в настоящем, пространство для альтернативного развития будущего уве-

личивается по мере того, как далеко мы заглядываем в будущее, т. е. воронка расширяется. Когда мы «заглядываем» в ближайшее будущее, ситуация будет очень похожа на сегодняшнюю, но в отдаленном будущем вероятность изменения ситуации увеличивается. Настоящие тенденции могут измениться, и даже факторы, которые до сих пор были решающими, могут изменить направление действия или потерять свое значение. Если «разрезать» воронку на каком-то временном этапе, все возможные будущие ситуации (сценарии) лежат где-то на поверхности среза этой воронки.

Сценарии имеют следующие характерные особенности (Steinmüller, 2012):

- Сценарии всегда гипотетичны: они строятся на разумных предположениях о причинно-следственных связях и объединяют их во всеобъемлющую структуру (характер модели).
- Сценарии иллюстрируют возможности, потенциальные события и будущие ситуации, реализация которых не является необходимой, но возможной.
- Сценарии свободны от внутренних противоречий. Основные допущения сценария (причинная последовательность, структура и постулируемые факты) должны быть совместимы друг с другом.
- Сценарии всегда тематически сфокусированы, конкретны и, следова-

тельно, они могут опускать некоторые аспекты. Они никогда не смогут описать будущую ситуацию во всей ее полноте, масштабах, аспектах или ответвлениях. Они должны ограничиться данным предметом и его непосредственным окружением и описать это со степенью детализации, достаточной для реализации задач прогноза.

Существует большое разнообразие классификаций сценариев. Л. Берьесон с соавторами (Börjeson et al., 2006) в своей работе описал девять типологий сценариев и предложил типологию, которая сегодня является весьма популярной. Авторы различают три категории сценариев, основанных на вопросах, которые можно задать о будущем: «что будет?» (прогнозные), «что может случиться?» (исследовательские) и «как можно достичь конкретной цели?» (нормативные). Каждая из категорий подразделяется на два типа. Прогнозные сценарии состоят из типов, различающихся условиями, которые они накладывают на то, что произойдет: тип «прогнозы» отвечает на вопрос: «что будет при условии реализации вероятного хода событий?», тип «что, если?» отвечает на вопрос: «что произойдет при определенных событиях?». Исследовательские сценарии делят на два типа: внешние сценарии и стратегические сценарии. Внешние сценарии отвечают на вопрос: «что

может произойти с развитием внешних факторов?»; стратегические сценарии отвечают на вопрос: «что может случиться, если мы будем действовать определенным образом?». Нормативные сценарии состоят из двух разных типов, различающихся тем, как трактуется структура системы: сценарии сохранения отвечают на вопрос — «как можно достичь цели путем корректировки текущей ситуации?», сценарии трансформации отвечают на вопрос: «как можно достичь цели, когда преобладающая структура блокирует необходимые изменения?». Для моделирования социо-экологических систем интерес представляют исследовательские и нормативные сценарии (Schüll, Schröter, 2013).

Для разработки сценариев привлекаются заинтересованные стороны — стейкхолдеры (англ. «stakeholder») (Seppelt et al., 2011; Oteros-Rozas et al., 2015) — «те, кто влияет или может повлиять на решение или действие» (Reed et al., 2013). В контексте разработки сценария заинтересованные стороны могут быть представлены организацией, группой людей (например, лесозаготовители) и конкретными лицами. Критерии, по которым можно выявить стейкхолдера, — это ответственность, влияние, партнерство, зависимость, представительность, направленность (Account Ability, 2005). Вовлечение заинтересованных

сторон в разработку сценария имеет широкий спектр потенциальных преимуществ, главным образом повышение качества и актуальности сценариев за счет включения различных точек зрения и знаний, расширение прав и возможностей заинтересованных сторон, содействие общему осмыслению и помощь в повышении воспринимаемой легитимности и принадлежности результатов (Berkhout et al., 2002; Cash et al., 2003; Pahl-Wostl, 2008). Для облегчения вовлечения заинтересованных сторон в разработку сценария может использоваться широкий спектр качественных и количественных методов участия. К ним относятся: семинары (например, Jungk, 1997), взаимодействие с заинтересованными сторонами на основе сценариев, основанных на упрощенном обсуждении и ранжировании (Tompkins et al., 2008), кооперативный дискурс (например, Renn, 2006), мультикритериальная оценка (например, Madlener et al., 2007; Kowalski et al., 2009), концептуальное системное моделирование (например, Magnuszewski et al., 2005) и моделирование опосредованных или динамических систем (Bousquet et al., 2002; Van den Belt, 2004; Castella et al., 2005). Для представления сценариев заинтересованным сторонам используется ряд методов визуализации (например, Sheppard, Meitner, 2005; Sheate et al., 2008; Soliva et al., 2008). Хотя все

представленные методы обеспечивают вовлечение заинтересованных сторон в процесс разработки сценариев, степени их участия различаются по срокам и типу взаимодействия (Reed et al., 2013; De Vente et al., 2016). Например, участие стейкхолдеров может варьировать от преимущественно односторонних консультационных процессов, которые доминируют в литературе по экологическим сценариям (Oteros-Rozas et al., 2015), до совместных процессов, в которых исследователи и заинтересованные стороны согласовывают процесс разработки сценариев, чтобы гарантировать соответствие результата их потребности (Wollenberg et al., 2000; Pahl-Wostl, 2008; Volkery, Ribeiro, 2009; Henrichs et al., 2010). Подробный анализ вовлечения заинтересованных сторон в процесс разработки сценариев представлен в Andersen et al. (2021).

Целью сценариев является формирование ориентации в отношении будущего развития территории посредством наблюдения за определенными соответствующими ключевыми факторами — драйверами. Ключевые факторы являются основными причинами изменений в будущем, которые относятся к ряду широких категорий, иногда называемых STEEP (Bowman, 1998; Ho, 2014). STEEP — это аббревиатура социальных областей: «society», «technology», «economy», «ecology» и «politics». Структурированные и опи-

санные предположения о взаимодействии между различными драйверами определяют логику сценария и лежат в основе его сюжетных линий.

Сюжетные линии – это качественный и описательный компонент сценария, создающий образы будущего. Они могут отражать предположения в сценариях об изменениях ключевых факторов, или они могут описывать последствия или результаты сценария (Rounsevell, Metzger, 2010). Сюжетные линии сценария играют важную роль, когда имеется ограниченное понимание причинно-следственных связей внутри системы. Хотя сюжетные линии сценария носят описательный характер, они не предсказывают будущее. Цель создания сюжетных линий – стимулировать, провоцировать и передавать видения того, что может быть в будущем (Rounsevell, Metzger, 2010). Для составления сюжетной линии сценария используется множество различных методов, хотя большинство примеров, применяемых к оценке экологических изменений, являются исследовательскими и определяются с помощью матричной логики, которая отражает различные аспекты ключевых факторов, влияющих на экологические изменения (см. следующий раздел). Существуют работы, в которых приводятся практические советы о развитии повествований сюжетных линий (NPS, 2013; Rowland et al., 2014).

В исследованиях окружающей среды используют три критерия качества разработки сценариев: их значимость («соответствуют ли сценарии информационным потребностям?»), достоверность («являются ли сценарии обоснованными с научной точки зрения?») и легитимность («кто и как разрабатывал сценарии?») (Rounsevell, Metzger, 2010).

Также для проверки уже разработанных сценариев используют следующие критерии (Kosow, Gaßner, 2008; Amer et al., 2013):

- **Правдоподобие:** сценарии должны быть возможными.
- **Согласованность:** сценарий должен быть внутренне логичным и не может содержать противоречивые или взаимоисключающие элементы.
- **Актуальность:** сценарии должны способствовать пониманию поставленного вопроса.
- **Креативность:** сценарии должны открывать новые и оригинальные перспективы.
- **Дифференциация:** сценарии должны быть структурно различными и отличаться друг от друга.

## 1.2 Методы разработки сценариев

Основой для разработки сценариев являются ключевые факторы. Не все ключевые факторы обладают одинаковыми характеристиками. Для их

оценки и определения критических драйверов, наиболее информативных и важных для конструирования сценариев, в литературе описано три метода: двумерная матрица Вильсона, метод анализа перекрестных воздействий и структурный анализ.

Двухмерная матрица Вильсона ранжирует все факторы по двум категориям: потенциальное воздействие и вероятность того, что фактор перерастет в серьезную проблему (Pillkahn, 2008). Матрица представляет собой таблицу, где в строках обозначают степень вероятности фактора, в столбцах — степень потенциального воздействия (присваиваемые фактору ранги соответствуют «высокой», «средней» и «низкой» степени). Наиболее приоритетные для создания сценариев ключевые факторы отображаются в верхнем правом углу матрицы. Эти ключевые факторы используются для построения сценариев.

Методы анализа перекрестных воздействий используют для определения важных цепочек возможных событий и степени, в которой возникновение каждого возможного события изменяет вероятность возникновения других (Gordon, Hayward, 1968; Enzer, 1972). В этом случае ключевые факты выписываются в строки и столбцы матрицы. Ячейке на пересечении двух факторов присваивается значение от 0 до 3 (0 — нет влияния; 1 — слабая взаимосвязь;

2 — средняя взаимосвязь; 3 — сильная взаимосвязь), обозначающее степень влияния первого фактора на возникновение второго. Для построения сценариев выбирают факторы с наибольшим количеством баллов. Эти факторы больше всего влияют на возникновение тех или иных событий.

Принцип структурного анализа (Wilms, 2006; Kosow, Gassner, 2008; Glenn, Gordon, 2009) похож на принцип метода перекрестных воздействий, но он направлен на оценку взаимозависимости факторов. Структурный анализ проводится путем оценки относительных влияний ключевых факторов, т. е. для каждого фактора оценивается, насколько сильно один ключевой фактор влияет на другие ключевые факторы, и, наоборот, насколько сильно другие факторы влияют на него. Строится матрица факторов, где для каждой пары факторов задается вопрос «насколько сильно один фактор влияет на другой?» (строка) или «насколько сильно один фактор подвержен влиянию другого фактора?» (столбец). При этом направленность (положительная или отрицательная) не учитывается. Для оценки влияния используется та же шкала, что и при методе перекрестных воздействий. Сумма баллов в строках показывает активность фактора, в столбцах — пассивность. Для построения сценариев используют критические, динамические или релейные

факторы (факторы с высокой пассивностью и активностью). Эти факторы очень влиятельны и в то же время очень зависимы. Они связаны с сетью других факторов и по своей природе являются факторами нестабильности среды, поскольку любое действие на них имеет последствия для других рассматриваемых факторов.

Отобранные такими методами критические ключевые факторы используются для построения сценариев. Анализ литературных данных позволил выявить три основных метода построения сценариев: метод кросс-матрицы, морфологический анализ, дерево событий.

Метод кросс-матрицы (или матрицы  $2 \times 2$ ) уместен, когда анализ драйверов показывает, что достаточно двух критериев или факторов для определения будущего развития территории (Schwartz, 1996; Pillkahn, 2005, 2008; Kosow, Gassner, 2008). Он заимствован из области стратегического планирования деятельности организации и схож с матрицей Томпсона–Стрикленда (Thompson, Strickland, 1995). Это простой метод создания качественных сценариев, которые могут описывать сложные сюжетные линии, интересные и понятные заинтересованным сторонам. Матрица образуется из комбинации основных или крайних значений двух ключевых факторов. Она состоит из четырех квадратов,

образованных вертикальной и горизонтальной осями: вертикальная ось — крайние значения первого ключевого фактора, горизонтальная ось — это крайние значения второго ключевого фактора. Таким образом можно получить четыре независимых сценария.

Морфологический анализ (Heineske, 2006) — это метод, используемый для сужения числа всех возможных комбинаций ключевых факторов путем определения того, какие комбинации являются правдоподобными и, таким образом, могут играть роль в построении согласованных сценариев. Это имеет решающее значение для обеспечения достоверности сценария (Gäßner, 1992). Этот шаг осуществляется путем разработки дискретного пространства проявлений ключевого фактора и определения отношений между проявлениями на основе внутренней согласованности. Такое пространство проявления называется морфологическим полем (Ritchey, 2009). Оно представляет собой матрицу, где в ряд записаны ключевые факторы, а их соответствующие проявления в будущем — в столбцы. Затем оценивается согласованность всех комбинаций проявлений, то есть оценивается, насколько хорошо каждое проявление совпадает со всеми проявлениями другого фактора.

Метод построения дерева событий (Event Tree Analysis — ETA) (Andrews,

Dunnett, 2000; Traynham, 2010) менее распространен для разработки сценариев в экологическом планировании, чем два предыдущих метода. В классическом варианте дерево сценариев состоит из трех элементов: квадраты, означающие принятие решений, круги, характеризующие возможные события, и ветви. Ветви, выходящие из квадрата, представляют возможные решения, а выходящие из круга — результаты. При сценарном планировании необходимо рассматривать комбинации рисков событий, каждый из которых будет являться отдельным сценарием. В экологическом планировании ЕТА используется для определения и анализа последовательности (вариантов) развития катастрофических явлений, включающей сложные взаимодействия между событиями. Вероятность каждого сценария развития катастрофических явлений рассчитывается путем умножения вероятности основного события на вероятность конечного события.

Структурный анализ для выявления ключевых факторов и морфологический анализ для построения сценариев лежит в основе широко известного подхода, разработанного в проекте INTEGRAL (Schüll, Schröter, 2013). Этот подход успешно апробирован на 20 тематических исследованиях в европейских странах для разработки сценариев будущего развития ЭУ на ландшафт-

ном уровне (Hengeveld et al., 2017). Так, разработка сценариев, согласно этому проекту, состоит из пяти этапов:

1. Определение сценарного пространства. Это обычное ограничение исследовательского вопроса в начале исследовательского процесса для того, чтобы отсечь переменные, которые не имеют отношения к исследованию. Важны ограничения временного диапазона, географического и тематического охвата. От определения сценарного пространства будут зависеть в дальнейшем идентификация факторов, влияющих на выбор того или иного пути развития объекта исследования.

2. Выявление и отбор ключевых факторов. На этом этапе ключевые факторы идентифицируются, выбираются и отображаются в таблице STEEP (society, technology, economy, ecology и politics), при этом факторы делятся по уровню их возникновения на микро- (уровень исследования), мезо- (национальный) и макро- (международный). Обоснованием включения факторов в список является их предполагаемая важность для области исследования, т. е. все они должны действовать на микроуровне. Составляется глоссарий факторов. Процесс может быть организован на основе анализа литературных данных, экспертных мнений, мозгового штурма в исследовательской группе и других доступных для исследователя методов. Из массива ключевых



факторов путем структурного анализа выявляются критические факторы. В этом процессе используется продукт Parmenides EIDOS, программный модуль «Анализ ситуации» (<https://www.parmenides-eidos.com/eidos9/us/>).

3. Описание альтернативных будущих проявлений. Здесь создаются возможные будущие значения выбранных ключевых факторов. В начале этого этапа рекомендуется группировать ключевые факторы. Результаты агрегирования ключевых факторов называются «элементами». Различные направления изменений, которые эти элементы могут продемонстрировать в будущем, называются «проявлениями». Например, проявлениями ключевого фактора «население» могут быть «стагнация роста населения», «прирост населения» и «убыль населения». Однако создание нескольких будущих проявлений необязательно. Иногда наблюдается постоянный тренд (стабильное и непрерывное изменение) без каких-либо индикаторов изменений. Другая опция – это неизменность проявлений фактора.

4. Комбинация факторов и оценка согласованности. Следующий шаг состоит в оценке того, насколько хорошо каждое отдельное проявление каждого элемента сочетается с проявлениями всех других элементов в сценарии. Эта задача реализуется в программе Parmenides EIDOS на основе морфоло-

гического анализа. Результатом этапа являются «сырые сценарии».

5. Кластеризация когерентных комбинаций (сценариев).

Более или менее согласованные комбинации проявлений (сценариев) можно отобразить на карте кластера с помощью Parmenides EIDOS. Распределение сценариев показывает, насколько они различны или похожи друг на друга, и помогает выбрать исходные сценарии. Результат отображается в виде двумерного распределения сценариев, в котором положение каждого сценария по отношению к другим сценариям зависит от их сходства.

6. Разработка сценариев. На этом этапе создаются сюжетные линии сценариев с учетом интересов целевой группы. Сюжетные линии обсуждаются с заинтересованными сторонами. Средствами создания могут быть короткие рассказы, иллюстрации или другие формы повествования.

7. Передача сценариев. Последний шаг – это размышления о том, как сценарии могут помочь изменить ситуацию на практике. В INTEGRAL они служат отправной точкой для нормативных заданий по ретроспективному анализу. Они также могут быть отправной точкой для разработки программных документов и стратегии для конкретных адресатов.

Таким образом, в социально-экологическом планировании использует-

ся небольшое количество методов для разработки сценариев. Все они позволяют сконструировать качественные сценарии и основаны на выявлении ключевых факторов и анализе их вероятностных проявлений. Выбор метода для построения сценариев зависит от поставленной цели исследования, количества выявленных драйверов и бюджета анализа. Так, для анализа рисков катастрофических явлений используется построение дерева событий, а для анализа будущего развития территории — метод кросс-матрицы и морфологический анализ. При этом морфологический анализ более трудоемок, чем метод кросс-матрицы, и без соответствующего инструментария его проведение в полном объеме затруднительно.

## 2. РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ МЕТОДА, ПРЕДЛОЖЕННОГО В ПРОЕКТЕ POLYFORES

### 2.1 Объекты исследования

Разработка сценариев проведена для трех объектов, расположенных в Республике Карелия, в Московской и в Нижегородской областях. Выбор модельных объектов обусловлен различиями в природно-климатических условиях, целевом назначении лесов и их роли в социально-экономическом развитии исследуемой территории.

Первый объект — Данковское участковое лесничество Московской

области, которое является частью лесничества «Русский лес» (далее — объект в Московской области) — находится в зоне хвойно-широколиственных лесов. Площадь лесного участка 6837 га. В лесном покрове преобладают пионерные виды — береза (*Betula sp.*) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris L.*), осина обыкновенная (*Populus tremula L.*). На долю хвойных видов (сосны и ели) приходится 40% от общего запаса. В примеси встречается дуб черешчатый (*Quercus robur L.*), липа сердцевидная (*Tilia cordata Mill.*), ольха черная (*Alnus glutinosa (L.) Gaertn.*). Средний возраст — 62 года, полнота — 0.8. Типы лесорастительных условий (ТЛУ) по классификации Воробьева-Погребняка (Воробьев, 1953) на территории лесничества имеют широкий диапазон от А2 до С4, но среди них выявлены доминирующие условия: 39% площади лесничества представлено типом С3, по 21% — ТЛУ С2 и В2, 12% территории занимает ТЛУ В3. В настоящий момент территория относится к защитным лесам; категория защитности — леса, выполняющие функции защиты природных и иных объектов; из них практически половина площади — зеленые зоны, вторая половина — леса, расположенные в лесопарковой зоне г. Серпухов. На объекте проводятся только санитарные рубки, пищевые лесные ресурсы используются для собственных нужд населения, круп-

Таблица 1. Характеристики объектов исследования

Объект	Средние показатели древостоя			ТЛУ, доля от площади участка	Доля защитных лесов	Виды использования участ- ка, лесоперерабаты- вающая инфраструк- тура
	Состав по запасу	Возраст, лет	Полнота			
Лесные участки в Московской об- ласти	4Б3С2Ос1Е + + Д + ЛП + + Олч	62	0.8	39% – С3; 21% – С2, 21% – В2; 12% – В3	100%	Лесная рекреация. Отсутствуют лесопере- рабатывающие пред- приятия
Лесные участки в Нижегородской области	6С2Б1Ос1Е + + Д + ЛП	62	0.67	51% – В2 15% – В3	63%	Заготовка древесины для производства пи- ломатериалов, заготов- ка грибов, ягод, лесная рекреация. 6-7 малых лесопиль- ных предприятий
Лесные участки в Республике Карелия	5Б2Е2С1Ос + + Олс	60	0.69	33% – В3; 16% – С3	24%	Заготовка древесины для производства пи- ломатериалов, бумаги, пеллет; заготовка ягод, грибов. ЦБК, 8-9 лесопильных предприятий, пеллет- ное производство

ных промышленных сборов нет. Производство, перерабатывающее древесную и недревесную продукцию леса, отсутствует.

Второй объект – отдельные части участков лесничеств Крошнозерское и Святозерское Пряжинского лесничества Республики Карелия (далее – объект в Республике Карелия), образующие водосбор р. Маньга. Объект расположен в зоне средней тайги. Занимает площадь 16 755 га. В лесах преобладают хвойные и мелколиственные сообщества из *Betula pendula* Roth., *Picea abies* (L.) H. Karst., *Pinus sylvestris* L., *Populus tremula* L. В примеси встреча-

ется ольха серая (*Alnus incana* L.). Доля хвойных пород – 40% по запасу. Средний возраст – 60 лет, полнота – 0.69. Преобладающими ТЛУ являются В3 – 33% и С3 – 16% от общей площади объекта, остальную территорию занимают разнообразные типы лесорастительных условий от А1 до С4. 76% территории относится к эксплуатационным лесам, на которых произрастает 93% запаса всей древесины участка. Лесное хозяйство на территории объекта исследования имеет стратегическое значение. Здесь расположены предприятия лесной, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной промышленно-

сти, производство строительных материалов, деревянных домов. На территории объекта ведется заготовка пищевых лесных ресурсов местным населением. Также Республика Карелия является одним из наиболее крупных промышленных заготовителей «дикоросов» — лесных ягод (Рынок дикоросов в России..., 2021). В то же время леса Республики Карелия имеют колоссальное значение для формирования и регулирования водного баланса. В Карелии сформирована уникальная развитая гидрографическая сеть. Озерность территории составляет 21%, являясь одной из самых высоких в мире. В Республике находится большая часть акватории Ладожского и Онежского озер, являющихся крупнейшими пресноводными водоемами Европы (Литвиненко и др., 2011).

Третий объект — отдельные части Староустинского участкового лесничества Воскресенского районного лесничества Нижегородской области, переданные в аренду с целью заготовки древесины и ведения сельского хозяйства ООО «Племзавод „Серая лошадь“» (далее — объект в Нижегородской области). Объект исследования расположен в зоне южной тайги. Площадь 8512 га. В лесах преобладают хвойно-мелколиственные производные сообщества из *Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth., *Populus tremula* L., *Picea abies* (L.) H. Karst. В примеси встреча-

ется *Quercus robur* L., *Tilia cordata* Mill. Доля хвойных пород — 70% от запаса; возраст — 58 лет, полнота — 0.68. Соотношение площадей эксплуатационных и защитных лесов — 37:63; при этом в эксплуатационных лесах находится 34% запаса древесины. Защитные леса в большинстве случаев относятся к следующим категориям: леса, расположенные в водоохраных зонах; ценные леса; запретные полосы лесов, расположенные вдоль водных объектов; нерестоохранные полосы лесов; леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях. Объект исследования находится в промышленно развитом с высокой транспортной доступностью регионе, где заготовка древесины является одним из основных источников дохода для местного населения. В непосредственной близости от объекта исследования расположено около 6-7 малых лесопильных предприятий.

## 2.2 Метод исследования, реализуемый в проекте POLYFORES

Принимая во внимание слабые и сильные стороны описанных выше подходов, в рамках проекта POLYFORES был разработан метод, являющийся синтезом структурного анализа и метода кросс-матрицы. За основу были приняты этапы, схожие с рекомендуемыми в проекте INTEGRAL (Schüll, Schröter, 2013).

Разработка сценариев проводилась в несколько этапов.

1. *Определение сценарного пространства*, в ходе которого устанавливались временной горизонт действия сценариев и географический масштаб их действия.

Принято считать, что долгосрочное планирование играет ключевую роль в принятии решений по управлению лесами (Van Notten et al., 2003), поскольку общая продолжительность развития лесов превышает обычные горизонты планирования в других областях (Hoogstra, Schanz, 2009). Поэтому в исследовании принято планирование на период до 100 лет. Выбор временных рамок исследования обусловлен в числе прочего расчетами изменения климата в оценочных докладах МГЭИК (IPCC, 2013, 2014).

Сценарные концепции могут быть сформированы на различных географических уровнях. Например, различают четыре географических точки отсчета для сценариев: глобальный, международный, национальный, субнациональный и региональный уровни (Greeuw et al., 2000). Как в экологических, так и в общественных науках ландшафт признан единицей, объединяющей биогеографические условия, экологические процессы и социальные масштабы (Görg, 2007; Turner, 2015). Для многих ЭУ социальные, политические и экологические процессы вза-

имодействуют с моделями ландшафта, создаваемыми управленческими решениями нескольких разных владельцев лесов (Görg, 2007; Turner, 2015; Seidl et al., 2015; Van Oosten, 2017). Таким образом, для управления ЭУ ландшафтный уровень, определяемый в масштабе как уровень между единицей управления лесами (в России это выдел) и регионом, является оптимальным для изучения. Размеры объектов в Карелии, Московской и Нижегородской областях составляют 16 755, 6837, 8512 га соответственно. Эти площади соответствуют ландшафтному/локальному уровню моделирования. В таком случае приоритетными будут локальные и региональные факторы, влияющие на режим лесопользования территории. Вместе с тем предполагается, что они будут объединять движущие силы и барьеры национального и глобального уровня.

В исследовании тематический охват будет касаться всех вопросов, которые могут повлиять на развитие лесных насаждений на исследуемых территориях.

## 2. *Выявление ключевых факторов.*

Для объектов исследования выбраны различные инструменты определения ключевых факторов, но все они направлены на выявление следующих драйверов развития территории: (а) приоритизацию ЭУ лесов, (б) местную специфику (что может повлиять на

использование ЭУ лесов?) (в) проблемы (что мешает использованию ЭУ лесов?), (г) потребности (чего не хватает для использования ЭУ лесов?). Обоснование приоритетных ключевых факторов проведено в соответствии с выявленными драйверами развития местности в рамках тех же инструментов.

Выбор групп стейкхолдеров для выявления ключевых факторов был основан на предложениях по привлечению заинтересованных сторон для поддержки принятия решений в области управления природными ресурсами (Harrison, Qureshi, 2000). Согласно этим предложениям, рекомендуется привлекать три группы стейкхолдеров: (1) те, на кого в первую очередь влияют решения; (2) лица, участвующие в информировании о процессе принятия решений и (3) лица, участвующие в реализации или управлении процессом принятия решений.

Подбор стейкхолдеров осуществлялся в три этапа. (1) Идентификация заинтересованных сторон. Для картирования стейкхолдеров в случае объекта в Нижегородской области был использован метод снежного кома. Он предполагает использование первоначального списка заинтересованных сторон, которых затем дополняется предложениями от привлеченных стейкхолдеров. В случае объектов в Московской области в Республике Карелия был использован целенаправ-

ленный отбор (фокус-группа), который предполагает приглашение уже известных и зарекомендовавших себя персон. (2) Распределение стейкхолдеров по группам осуществлялось самими заинтересованными сторонами в зависимости от их самовосприятия под руководством авторов статьи. Один человек мог записать себя только в одну группу стейкхолдеров. (3) Изучение отношений между заинтересованными сторонами (выявление явных конфликтов и симпатий) проводилось с использованием двухмерной матрицы, где в клетке на пересечении двух потенциальных персон авторами статьи на основании предварительного интервьюирования выписывается значение степени конфликта или симпатии по пятибальной шкале от -2 до +2, где отрицательное значение показывает конфликт, положительное – симпатию. Персоны, набравшие наибольшие отрицательные или положительные суммы, не участвовали в исследовании. Более подробно о методах отбора стейкхолдеров рассказано в работе Reed et al. (2009). Оптимальное количество заинтересованных сторон – 10-30 человек (Andersen et al., 2021).

Различия в методах вовлечения стейкхолдеров и методах разработки сценариев на объектах объясняется большими трудозатратами для выполнения комплекса работ для объекта в Нижегородской области.

Так, на объекте в Нижегородской области был организован однодневный семинар с привлечением заинтересованных сторон. В семинаре приняли участие 25 человек (7 женщин, 18 мужчин) (табл. 2). В ходе проведения семинара было проведено интервьюирование, деловая игра и модерлируемая открытая дискуссия. Результаты были заанкетированы и законспектированы с целью дальнейшего составления описания сценариев.

Для объектов Московской области и Республики Карелия сформирована рабочая группа, состоящая из специалистов в области экологии (3 человека), лесного законодательства (1 чело-

век), лесопользования (3 человека) и местных жителей (4 человека). Из них 5 женщин и 6 мужчин. Состав рабочей группы менялся только в части представителей местных жителей. Половое распределение местных жителей было идентичным. Возрастное распределение не учитывалось. На основе анализа литературы и открытых веб-источников был проведен мозговой штурм, а также структурированное групповое обсуждение.

Выявленные ключевые факторы для объектов исследования обсуждались на Всероссийской конференции «Научные основы устойчивого управления лесами» (Тебенёва и др., 2018),

Таблица 2. Группы заинтересованных сторон, участвовавших в семинаре

Группа стейкхолдеров	Тип стейкхолдера	Число людей
Лесопользователи и переработчики древесины	Арендаторы	3
	Переработчики древесины	2
Представители муниципальной власти	Представители муниципальной администрации	2
	Представители общественного совета	1
Неправительственные организации	Представители природоохранных неправительственных организаций	2
Органы управления Российской Федерации и субъектов Российской Федерации	Управляющие менеджеры	3
Местные жители	Охотники	2
	Туристы и отдыхающие	2
	Сборщики грибов и ягод	2
Другое	Духовенство	1
	Представители СМИ	2
	Представители органов власти	1
	Ученые	2
Всего:		25

научном семинаре «Многоцелевое использование лесов и лесное законодательство» (Scientific approach..., 2019), проводимом в рамках дебатов Научного совета Российской академии наук по лесу. Был составлен глоссарий выявленных ключевых факторов.

### *3. Отбор ключевых факторов и их группировка.*

Отбор ключевых факторов проводился с использованием структурного анализа. После выявления факторов нестабильности среды они были сгруппированы по совпадению вектора действия в два направления. К тому же мы основывались на предположении, что направления независимы, поэтому группировка факторов в направлении проведена с учетом явной созависимости.

### *4. Разработка матрицы сценариев (политические сценарии) и их описание.*

Для непосредственной разработки сценариев был применен метод кросс-матрицы. Рабочей группой, сформированной в ЦЭПЛ РАН, был проведен анализ реалистичности каждого из четырех сценариев и разработано описание, которое включает повествование о состоянии рынка приоритетных ЭУ лесов, законодательных инициатив и стратегий управления лесным участком.

### *5. Разработка лесохозяйственных режимов (лесохозяйственные сценарии).*

Данный этап исследования отвечает на вопрос: «Какими должны

быть стратегии или решения субъектов лесопользования с учетом альтернативных сценариев политики». Разработана система лесохозяйственных мероприятий (лесохозяйственные сценарии), включающая рубку лесных насаждений, лесовосстановление, уход за лесом, которые будут выполняться при том или ином политическом сценарии развития будущего. Кроме того, лесохозяйственные сценарии включали аспекты стратегий землепользования, которые влияют на управление лесным хозяйством. Разработанные лесохозяйственные сценарии являются входной информацией для математических имитационных моделей, поэтому набор лесохозяйственных операций учитывает требования модуля интеграции математических моделей RUFLOSS (Свидетельство № 2020666245 от 08.12.2020 г.). В работе группы экспертов по разработке лесохозяйственных сценариев участвовали разработчики программы. Разработанные лесохозяйственные сценарии не являются исчерпывающими. Одному политическому сценарию могут соответствовать несколько лесохозяйственных сценариев.

## **2.3 Результаты и обсуждение**

*Ключевые факторы.* В ходе работы семинара и группы экспертов для объекта исследования в Нижегородской области идентифицировано четырнадцать, для объекта в Республике



Карелия — пятнадцать, для объекта в Московской области — десять ключевых факторов. Выявленные ключевые факторы внесены в таблицу STEEP (табл. 3, стр. 26). Расшифровка ключевых факторов приведена в глоссарии (Приложение А, стр. 65).

Для всех объектов большинство факторов относится к группе социальных, из них для каждого объекта характерны такие факторы, как «отдых населения» и «пищевые лесные ресурсы». Также для всех объектов выявлены такие экологические факторы, как «пожары и лесные катастрофы», «защита видов и экосистемных функций». Общим для всех объектов является только один экономический фактор — «развитие рынка лесного туризма», который на объекте в Московской области не включает получение прибыли от охоты с целью отдыха.

Объект-специфичные ключевые факторы для объекта исследования в Московской области формировались с учетом его близости к густонаселенной Московской агломерации и расположением вблизи г. Серпухов. Исследуемая лесная территория предназначена для поддержания благоприятной экологической обстановки в городах и создания мест отдыха для городского населения. К таким факторам относятся «строительство на землях лесного фонда», «нагрузка от городских поселений», «защита воды и воздуха».

Для объектов в Нижегородской области и в Республике Карелия выявлено значительно больше экономических факторов, чем в Московской области. Для лесного хозяйства в этих регионах из-за высокой лесистости и наличия эксплуатационных лесов характерно получение прибыли от заготовки и переработки древесины. Здесь развито лесоперерабатывающее производство, которое отсутствует в Московской области. К тому же заготовка пищевых лесных ресурсов может быть значительным источником дохода местного населения.

Результаты исследований выявили, что к ключевым факторам на всех объектах относится нормативно-правовая база, содержащая общеобязательные правила по использованию, охране, защите и воспроизводству лесов, схемы взаимодействия при использовании лесных участков, а также лесное планирование, определяющее целеполагание при лесопользовании. Для объектов в Республике Карелия и в Нижегородской области выявлен фактор «монополизация лесопользования государственными органами власти, бюрократизация», который характеризует ограничение возможности принятия управленческих решений органами региональной и муниципальной власти, передачу полномочий органам федеральной власти. Поскольку в России действует абсолютная монополия

Таблица 3. Перечень ключевых факторов для объектов исследования

Объект	Экономические	Экологические	Социальные	Политические	Технологические
Лесные участки в Московской области	1. рынок лесного туризма	1. защита воды и воздуха 2. защита видов, их местообитаний и экосистемных функций 3. пожары и лесные катастрофы	1. строительство на землях лесного фонда 2. отдых населения 3. нагрузка от городских поселений 4. пищевые лесные ресурсы	1. планы лесоуправления 2. регулирование, законы	
Лесные участки в Нижегородской области	1. рынок древесины 2. рынок лесного туризма, включая охоту 3. рынок пищевых лесных ресурсов 4. стоимость аренды участка	1. пожары и лесные катастрофы 2. защита видов и экосистемных функций	1. древесина для местных жителей 2. отдых населения 3. пищевые лесные ресурсы 4. монополизация лесоуправления государственными органами власти, бюрократизация	1. планы лесоуправления 2. регулирование, законы	1. технологии переработки древесины
Лесные участки в Республике Карелия	1. рынок древесины 2. рынок лесного туризма, включая охоту 3. рынок пищевых лесных ресурсов 4. рынок биоэнергетики, бумаги и целлюлозы 5. ставки платы за пользование лесом	1. защита воды и воздуха 2. пожары и лесные катастрофы 3. защита видов, их местообитаний и экосистемных функций	1. древесина для местного населения 2. отдых населения 3. пищевые лесные ресурсы 4. монополизация лесоуправления государственными органами власти, бюрократизация	1. планы лесоуправления 2. регулирование, законы	1. сеть лесных дорог 2. биоэнергетика и производство бумаги

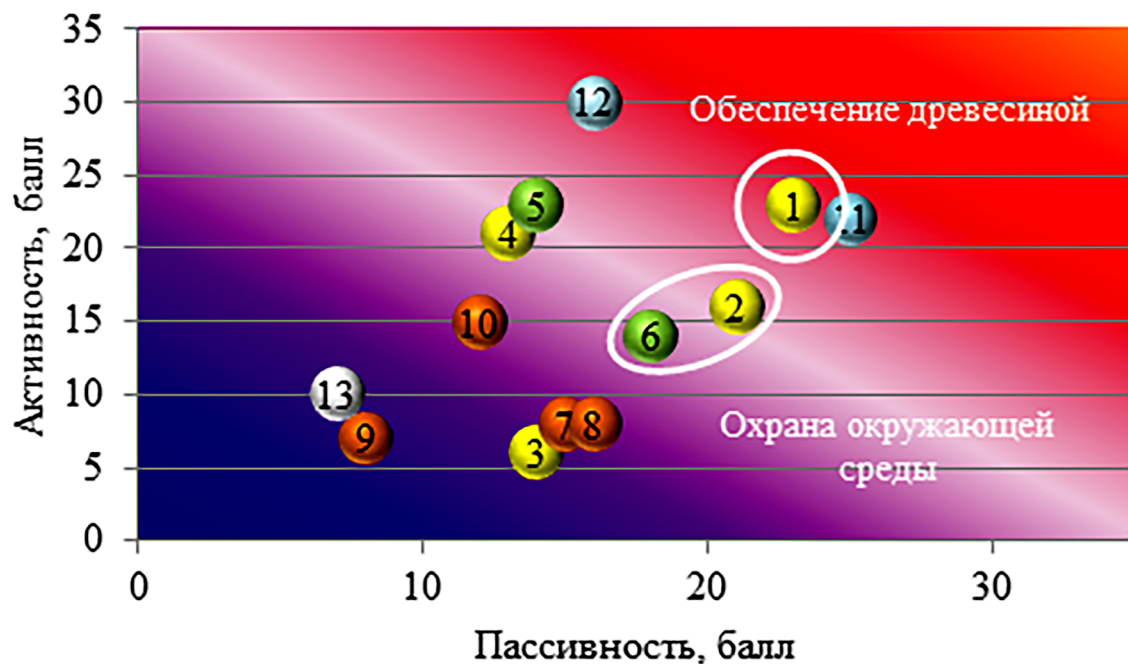
государственной собственности на леса, экономический механизм лесного хозяйства находится под директивным влиянием политических государственных институтов. Политическая система во многом предопределяет организацию планирования, правовой статус субъекта и объекта планирования. В этой связи мы выделили группу «нормативно-правовых» факторов в рамочное направление, которое влияет на все другие факторы и, в то же время, подвержен их влиянию только при условии наличия законодательных инициатив и разработки соответствующих механизмов для их внедрения. При разработке сценариев влияние политических институтов принималось согласно текущей ситуации.

Структурный анализ выявленных ключевых факторов показал, что для объектов в Нижегородской области и Республике Карелия (рис. 1а, в, стр. 28, 30) факторами нестабильности среды, которые одновременно обладают высокой пассивностью и активностью, являются преимущественно экономические факторы: «рынок древесины», «рынок биоэнергетики, бумаги и целлюлозы», «рынок лесного туризма, включая охоту». К ним также был отнесен фактор «защита видов и экосистемных функций». Первые два фактора — «рынок древесины» и «рынок биоэнергетики, бумаги и целлюлозы» — характеризуют спрос на обеспечивающую ЭУ ле-

сов — обеспечение древесиной в целом, поэтому они были объединены в направление «Обеспечение древесиной». Первая группа факторов характеризует силу/значимость экономических отношений, возникающих при купле-продаже древесины на корню и продуктов из нее.

Факторы «рынок лесного туризма, включая охоту» и «защита видов и экосистемных функций» показывают ценность леса как провайдера экологических (регулирующих, поддерживающих) и культурных ЭУ, хранителя и поставщика биоразнообразия. Биоразнообразие напрямую влияет на привлекательность лесного участка для отдыха и обеспечивает широкий набор охотничьих ресурсов. Также защита биоразнообразия сегодня является единственным механизмом регулирования предоставления немонетарных экологических ЭУ лесов. Исходя из идеи, что эти ключевые факторы зависимы от того, в какой степени защита биоразнообразия находится в фокусе лесоправления, они были сгруппированы в направление «Охрана окружающей среды».

Для объекта в Московской области (рис. 1б, стр. 29) факторы нестабильности среды имеют в большей степени социальный характер. В основе таких факторов, как «рынок лесного туризма», «строительство на землях лесного фонда» и «отдых населения» лежат



- 1 рынок древесины
- 2 рынок лесного туризма, включая охоту
- 3 рынок пищевых лесных ресурсов
- 4 стоимость аренды участка
- 5 пожары и лесные катастрофы
- 6 защита видов и экосистемных функций
- 7 древесина для местных жителей
- 8 отдых населения
- 9 пищевые лесные ресурсы
- 10 монополизация лесопользования гос. органами власти, бюрократизация
- 11 планы лесопользования
- 12 законы и регулирования
- 13 технологии переработки древесины

Рисунок 1а. Структурный анализ ключевых факторов для объектов в Нижегородской области  
Цвета факторов: желтый — экономические, зеленый — экологические, красный — социальные, голубой — политические, белый — технологические

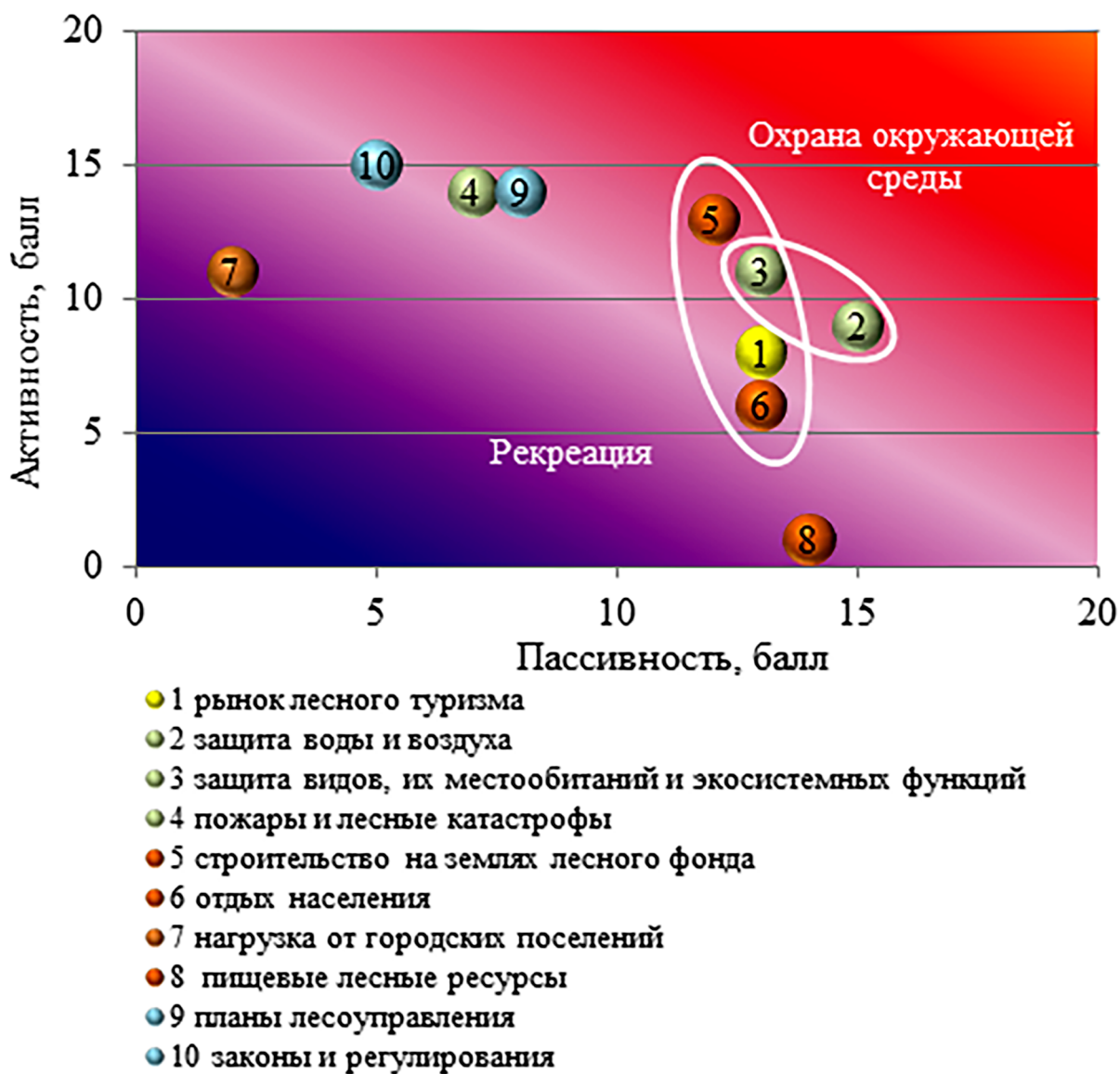
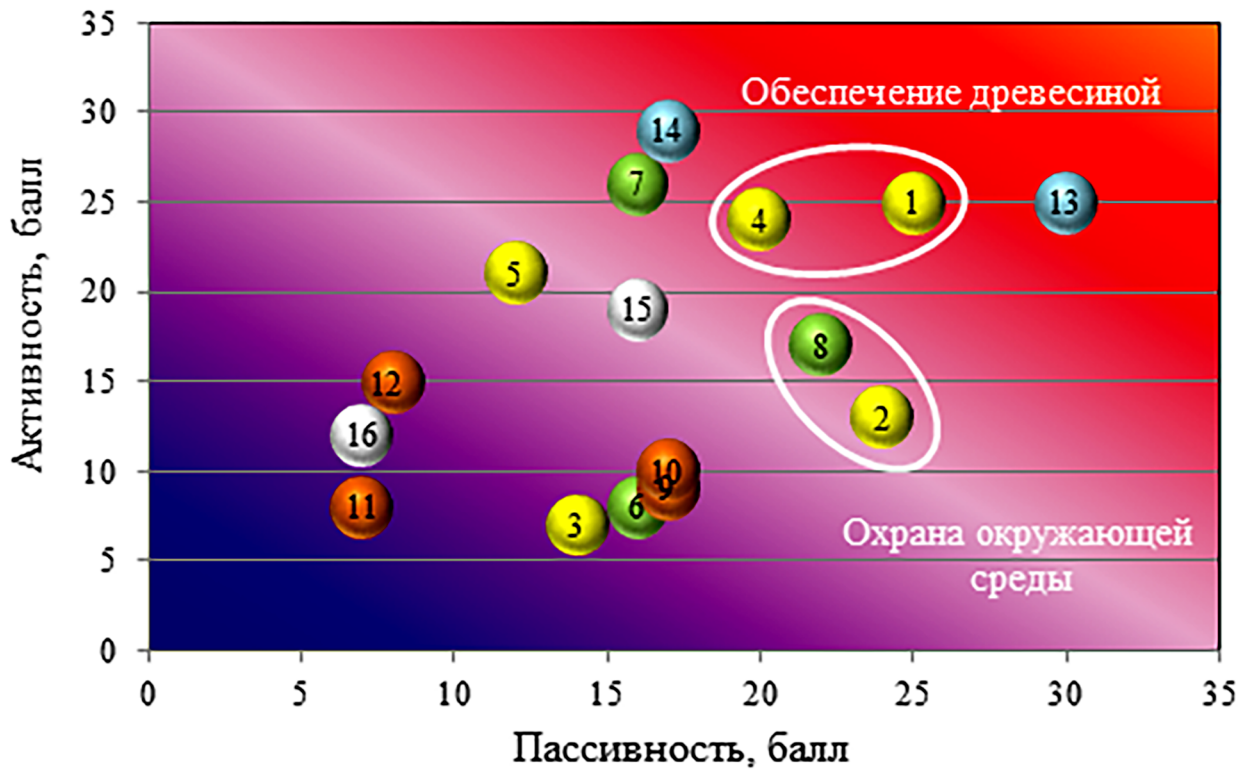


Рисунок 16. Структурный анализ ключевых факторов для объектов в Московской области

Цвета факторов: желтый – экономические, зеленый – экологические, красный – социальные, голубой – политические, белый – технологические



- 1 рынок древесины
- 2 рынок лесного туризма, включая охоту
- 3 рынок пищевых лесных ресурсов
- 4 рынок биоэнергетики, бумаги и целлюлозы
- 5 ставки платы за пользование лесом
- 6 защита воды и воздуха
- 7 пожары и лесные катастрофы
- 8 защита видов, их местобитаний и экосистемных функций
- 9 древесина для местного населения
- 10 отдых населения
- 11 пищевые лесные ресурсы
- 12 монополизация лесоуправления гос. органами власти, бюрократизация
- 13 планы лесоуправления
- 14 законы и регулирования
- 15 сеть лесных дорог
- 16 биоэнергетика и производство бумаги

Рисунок 1 в. Структурный анализ ключевых факторов для объектов в Республике Карелия

Цвета факторов: желтый — экономические, зеленый — экологические, красный — социальные, голубой — политические, белый — технологические

потребности человека в «общении» с природой, в отдыхе от городской жизни, поэтому они были объединены в направление «Рекреация». Это направление отражает значимость лесного участка для предоставления культурных услуг – отдыха и туризма в лесу. Второе направление сформировано объединением факторов «защита воды и воздуха» и «защита видов, их местобитаний и экосистемных функций». Его название созвучно направлениям других объектов исследования «Охрана окружающей среды» и продиктовано тем же объединяющим принципом сохранения биоразнообразия.

*Политические сценарии.* Для лесных участков в Нижегородской области (рис. 2, стр. 32) комбинация крайних значений таких направлений, как «Обеспечение древесиной» и «Охрана окружающей среды», позволила разработать четыре политических сценария. Первый из них характеризует текущую ситуацию на объекте исследования. Для этого сценария свойственна высокая значимость леса как источника древесины и более низкая значимость поддержания биоразнообразия и охраны окружающей среды в целом. Главная цель лесоправления в этом сценарии сводится к получению максимальной прибыли от заготовки древесины при минимизации затрат на охрану окружающей среды. Второй сценарий

условно назван «Многоцелевое лесопользование через сегрегацию». Он описывает ситуацию, когда оба направления не приоритетны. Здесь лесопользование направлено на получение прибыли от леса в условиях снижения спроса на древесину, при этом лесовосстановление также не является целью лесопользования. Получение прибыли от лесного участка в сложившихся обстоятельствах возможно за счет его использования для организации отдыха, туризма и для заготовки пищевых лесных ресурсов. Сочетание этих видов использования лесов на одной территории возможно при проведении зонирования территории, где выделяются рекреационные маршруты, в рамках которых сбор пищевых лесных ресурсов возможен с целью отдыха, и зоны для промышленного сбора грибов и ягод. Третий сценарий возникает в случае, когда биоразнообразие признается ключевой ценностью при лесопользовании. Получение прибыли от лесного участка перенаправлено от заготовки древесины на регулирующие ЭУ лесов, например депонирование углерода, регулирование водного режима или формирование плодородия почв. В настоящее время не существует механизмов для получения выгод от экологических ЭУ лесов, но предполагается, что в будущем произойдет развитие рынков экосистемных услуг, которое обеспечит ре-

алистичность этого сценария. Ярким примером можно назвать развитие углеродных рынков. Четвертый сценарий «Биоэкономика» описывает ситуацию, когда ценность лесов как источника древесины так же высока, как и ценность охраны окружающей среды. Этот сценарий предполагает, что для удовлетворения спроса на древесину, которая используется для замещения углеродоемких продуктов, при одновременном сохранении биоразнообразия произойдет, во-первых, развитие

методов глубокой переработки древесной биомассы, во-вторых, интенсификация лесовосстановления.

Для лесных участков в Республике Карелия (рис. 3, стр. 33) при обсуждении направления «Обеспечение древесиной» установлено: его крайние значения показывают, что потребность в лесной биомассе или останется на настоящем уровне (отрицательные значения оси абсцисс), или будет увеличиваться (положительные значения оси абсцисс). В таком случае сценарий



Рисунок 2. Матрица сценариев для объекта в Нижегородской области



«Текущая ситуация» соответствует ситуации, когда потребность в древесине остается неизменно высокой, при этом обеспечивается охрана окружающей среды. Мы понимаем, что сохранение биоразнообразия в этом случае является не столько результатом принятия законодательных мер, сколько результатом низкой доступности лесных участков для заготовки древесины, отсутствием дорожной инфраструктуры. Здесь культурные и регулирующие ЭУ лесов являются обременением.

Именно по причине отсутствия дорожной сети сценарий, когда спрос на древесину не меняется (неизменно высок) и ценность охраны окружающей среды уменьшается, считается невозможным, т. к. для антропогенного нарушения экосистем необходимо наличие дорог, объем строительства которых прогнозируется как незначительный при настоящем уровне спроса на древесину.

Остальные два сценария – «Интенсивное лесопользование» и «Интенсивное лесное хозяйство» характеризуются



Рисунок 3. Матрица сценариев для объекта в Республике Карелия

ся повышенным спросом на древесину, который стимулирует строительство дорожной инфраструктуры. Цель политики первого сценария – получение максимальной прибыли от древесной биомассы; второго сценария – удовлетворение спроса на древесину при условии сохранения защитных и регулирующих ЭУ лесов. В отличие от объекта в Нижегородской области со схожими направлениями, достижение цели сценария «Интенсивное лесное хозяйство» возможно без зонирования с применением лесохозяйственных мероприятий, т. к. этот объект находится в удаленной местности, где плотность населения невысока и нет необходимости в зонировании территории.

Для лесных участков в Московской области (рис. 4, стр. 35) два сценария из четырех эксперты сочли нереалистичными. Это сценарии, при развитии которых подразумевается, что потребность граждан в отдыхе на природе будет незначительна или останется на прежнем уровне (отрицательные значения оси абсцисс). Ценность лесов Московской области для удовлетворения граждан в культурных ЭУ лесов, в частности рекреации, постоянно растет из-за притока населения в этот регион, поэтому направление «рекреация» является устойчивым трендом и прогнозируется, что его ценность будет только расти в ближайшие сто лет. Так, для объекта в Московской об-

ласти актуальны два сценария: «Текущая ситуация» и «Многоцелевое лесопользование через сегрегацию». Сценарий «Текущая ситуация» характеризуется трендом увеличения ценности леса для отдыха населения и низкой значимостью сохранения биоразнообразия и охраны окружающей среды. Процессы урбанизации стимулируют развитие рекреационной инфраструктуры территории, местное население активно и стихийно использует лесной участок для отдыха. Таким образом, природный ландшафт преобразуется в антропогенный, нарушенный. Цель политики во втором сценарии «Многоцелевое лесопользование через сегрегацию» – достижение баланса между регулирующими и рекреационными ЭУ лесов. Постановка цели продиктована необходимостью, с одной стороны, обеспечения граждан местами отдыха в лесу, с другой – заботой о сохранении лесной экосистемы для выполнения санитарно-гигиенических, водоохранных, защитных ЭУ. Достижение цели возможно при зонировании лесного участка с проведением соответствующих назначению зоны лесохозяйственных мероприятий.

Подробное описание сценариев приведено в Приложении Б (стр. 74).

*Лесохозяйственные сценарии.* Лесохозяйственные сценарии представляют собой набор входных параметров для моделирования компромиссов

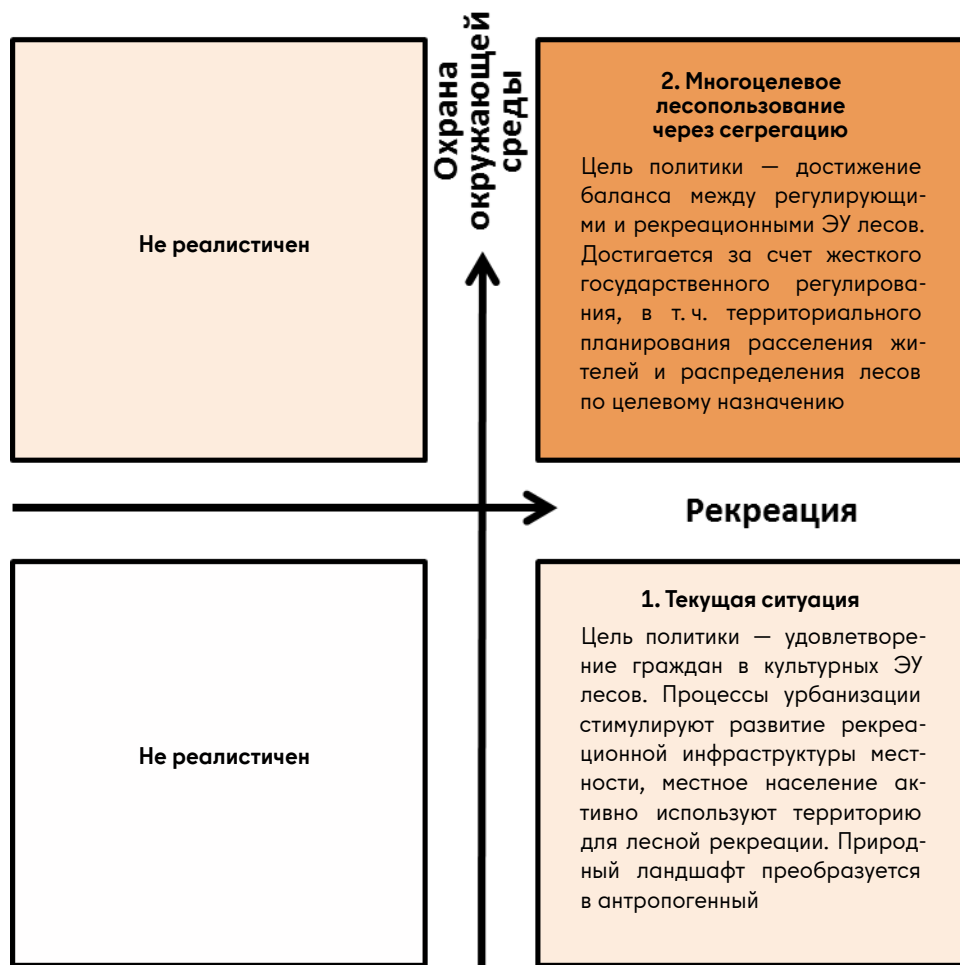


Рисунок 4. Матрица сценариев для объекта в Московской области

и синергии между ЭУ лесов с использованием программного комплекса RUFLOSS (Свидетельство № 2020666245 от 08.12.2020). К моделируемым лесохозяйственным режимам относятся: 1) зонирование территории; 2) рубка спелых и перестойных лесных насаждений; 3) рубки ухода; 4) уборка порубочных остатков, валежа и сухостоя; 5) лесовосстановление; 6) иные виды лесохозяйственной деятельности. Назначение рубок происходит ежегодно

и непрерывно; на территорию рассчитывается допустимая расчетная лесосека за один год, а затем за шаг моделирования (5 лет).

Таблица параметров лесохозяйственных сценариев для каждого объекта представлена в Приложении В (стр. 82).

Для объекта в Нижегородской области для сценария «Текущая ситуация» лесохозяйственные мероприятия проводятся в соответствии со сложившейся практикой. Распределение лесов

по целевому назначению соответствует настоящим границам. В эксплуатационных лесах проводится сплошная рубка насаждений, достигших возраста спелости, в защитных лесах — двухприемная добровольно-выборочная рубка; при этом освоение расчетной лесосеки — 87%. Порубочные остатки убираются с лесосеки. Соотношение искусственного и естественного лесовосстановления — 60:40. Проводятся соответствующие проекту освоения лесов рубки ухода за лесом с целью формирования сосновых и еловых насаждений; они ведутся в размере 79% от разрешенного объема по проекту освоения лесов.

В отличие от сценария «Текущая ситуация», в сценарии «Биоэкономика» освоение расчетной лесосеки и проведения рубок ухода достигают 95% от запланированного в Проекте освоения лесов. В эксплуатационных лесах проводится искусственное лесовосстановление, в защитных — лесосеки оставляются на естественное зарастание. Оставление лесосек на естественное зарастание продиктовано идеей сохранения биоразнообразия и формирования разновозрастных полидоминантных лесных насаждений, которые лучше выполняют регулирующие ЭУ (регулирование водного режима, циклов элементов питания и углерода) лесов, в отличие от монодоминантных одновозрастных лесных культур. В то

же время, посадка лесных культур необходима для удовлетворения спроса на древесину, поэтому в эксплуатационных лесах проводится искусственное лесовосстановление.

Исходя из идеи охраны окружающей среды, в сценарии «Экологические ЛЭУ» все защитные леса выводятся из эксплуатации и в них устанавливается заповедный режим. На территории эксплуатационных лесов рубка спелых и перестойных лесных насаждений проводится только в форме добровольно-выборочной рубки (95% освоение расчетной лесосеки) с последующим естественным зарастанием лесосек. При этом проводится весь цикл рубок ухода в полном объеме. Порубочные остатки остаются на лесосеке для формирования местообитаний для биоты.

Для сценария «Многоцелевое лесопользование через сегрегацию» проведено зонирование территории (схема зонирования приводится на рис. 1 Приложения В, стр. 84). Стоит отметить, что назначаемые лесохозяйственные мероприятия являются прикладными. В результате моделирования их необходимо скорректировать. Зонирование основано на опросе арендатора лесного участка и местных жителей, которые указали маршрут конных прогулок, сплава по реке Ветлуга, туристических стоянок, а также выделены, посещаемые с целью сбора грибов и ягод. Таким образом выделено пять

зон. Первые две зоны находятся в эксплуатационных лесах. (1) Выделена территория для конных прогулок (конный маршрут). Лесохозяйственные мероприятия в этой зоне направлены на формирование привлекательного для лесной рекреации ландшафта. Но, принимая во внимание, что эта территория не является зеленой зоной, при планировании лесохозяйственной деятельности мы не руководствовались принципами рекреационного ландшафтоведения. Наоборот, предполагалось, что привлекательность ландшафта для туристов будет заключаться в его естественности, к тому же во время конной прогулки туристы могут останавливаться для сбора грибов, т. к. конный маршрут совпадает с местами сбора грибов. Поэтому планируется проведение выборочных рубок до полноты 0.5 в первый прием. Освоение расчетной лесосеки — 87%. При проведении рубок ухода оптимальной для роста грибов и для просматриваемости насаждения считали полноту 0.7. Рубки ухода проводятся в полном объеме, лесовосстановление — естественное. (2) Эксплуатационная зона предназначена для заготовки древесины. Здесь проводятся сплошные рубки с последующим искусственным лесовосстановлением. Освоение расчетной лесосеки — 95%. Рубки ухода проводятся на 79% от планируемой территории. Следующие три зоны находятся в защит-

ных лесах. (3) Территория для заготовки ягод выделена в центральной части лесной территории. Здесь расположены клюквенные места. Проводится двухприемная добровольно-выборочная рубка с последующим естественным заращиванием и полным циклом ухода за лесом. Освоение расчетной лесосеки — 87%. (4) В зоне заготовки грибов лесоводственные мероприятия направлены на повышение урожайности грибов. Проводятся трехприемные добровольно-выборочные рубки, где при первом приеме полнота снижается до 0.7, при втором — до 0.5. Целевые породы — сосна и ель. Лесосеки оставляют на естественное заращивание, но проводят рубки ухода. (5) В защитных лесах проводится комплекс лесохозяйственных мероприятий, как для зоны заготовки ягод, но здесь освоение расчетной лесосеки достигает 95%. В зонирование не были включены ОЗУ. Режим лесопользования для них в каждом сценарии остается согласно действующему законодательству.

Для лесных участков в Республике Карелия для всех сценариев расположение защитных и эксплуатационных лесов остается неизменным и соответствует текущему делению. В защитных лесах проводится двухприемная добровольно-выборочная рубка, в эксплуатационных — сплошная рубка, но в случае сценария «Текущая ситуация» процент освоения расчетной лесосеки

меньше, чем в двух других сценариях: 65% против 90%. Принято решение, что 100%-ное освоение невозможно из-за естественных преград для строительства дорог и лесохозяйственных ограничений, таких как сроки примыкания лесосек, число зарубок, поэтому максимальный процент освоения расчетной лесосеки составил 90%. Также, в отличие от сценария «Текущая ситуация», в других сценариях объем выполнения рубок ухода выше на 35%, при этом в сценарии «Интенсивное лесное хозяйство» для поддержания биоразнообразия целевыми породами являются не только хвойные, но и мелколиственные. Также для сохранения местообитаний порубочные остатки остаются на лесосеке. Для того чтобы удовлетворить потребность в древесине, в сценарии «Интенсивное лесопользование» доля искусственного лесовосстановления больше на 17%, по сравнению с другими сценариями.

Сценарию «Текущая ситуация» в Московской области соответствует лесохозяйственный сценарий, при развитии которого проводятся двухприемные добровольно-выборочные рубки с последующим естественным зарощиванием, проводится полный цикл рубок ухода с ориентированием на выращивание пород хвойной секции. Мы понимаем, что типичной для этого региона является проведение санитарных рубок, но технические возможно-

сти модуля интеграции математических моделей RUFLOSS не предполагают возможность моделирования санитарных рубок. Поэтому санитарные рубки были заменены добровольно-выборочными. Для сценария «Многоцелевое лесопользование через сегрегацию» проведено зонирование территории (рис. 2 Приложения В, стр. 88). Основанием для выделения зон стала сложившаяся ситуация по рекреационному использованию участка населением. Так, выделена (1) зона активного отдыха. Здесь проводится формирование устойчивых, эстетически ценных насаждений лесопаркового характера за счет проведения рубок ухода с ориентированием на выращивание дуба и сосны. Проводятся уход за подлеском и выборочные рубки с уборкой порубочных остатков и сухостоя. Лесосека остается на естественное зарощивание. (2) В прогулочной зоне формируются сложные по составу и форме насаждения лесопаркового характера. Проводятся выборочные рубки для формирования открытых и закрытых пространств с уборкой порубочных остатков и сухостоя. Проводятся рубки ухода, при этом хозяйство ориентировано на выращивание сосны и дуба. Порядок выборки пород Ос–Е–Б–Лп–Кл; уход за подлеском не проводится. (3) Зона фаунистического покоя выделяется на основании паспорта памятника природы «Сосняк с сердечником трех-

надрезным» (Паспорт на памятник природы исполнительного комитета Московского областного Совета народных депутатов от 29.06.1984 № 6/н) и границ проектируемого заказника «Смешанно-широколиственные леса в окрестностях реки Сушка». В этой зоне не проводятся лесоводственные мероприятия. (4) Лесохозяйственная зона выделяется в наименее посещаемых лесных участках. Здесь возможно проведение лесной рекреации. Лесохозяйственные мероприятия в этой зоне аналогичны мероприятиям в сценарии «Текущая ситуация».

Таким образом, для трех объектов, расположенных в разных природно-климатических, экономических, социальных условиях, обоснованы политические и соответствующие им лесохозяйственные сценарии, которые возможно использовать для прогноза динамики ЭУ лесов, компромиссов и синергии между ними с целью принятия эффективных управленческих решений. В качестве контроля для всех сценариев выступает сценарий «Текущая ситуация». При этом мы рекомендуем иметь в виду и второй контроль — сценарий естественного развития лесных насаждений, исключая любое лесохозяйственное вмешательство.

### **Сравнение методов INTEGRAL и POLYFORES**

Подход к построению сценариев управления лесным хозяйством, реа-

лизуемый в рамках проекта POLYFORES, частично основан на подходе, разработанном и используемом в исследовательском проекте INTEGRAL. Оба эти подхода обеспечивают разработку одинакового типа сценариев — исследовательские и нормативные с использованием качественных и количественных методов. По сравнению с методологией INTEGRAL, подход к построению сценариев в POLYFORES проще и понятнее. Например, сценарии INTEGRAL, соответствующие политическим сценариям POLYFORES, также приводятся в форме описаний, но построены с использованием количественных методов и программного обеспечения. Анализ когерентности проявлений элементов в методе INTEGRAL отображает согласованность проявлений, а не устойчивость. Несмотря на то, что проявления сами по себе будут действовать в течение выбранного временного диапазона, нет гарантий, что комбинация этих проявлений будет также устойчива за данный период. Используя метод INTEGRAL, возможно получить неограниченное количество сценариев, хотя принято считать, что оптимальным количеством для анализа будущего развития территории является 3-5 сценариев (Amer et al., 2013). Поэтому исследователи сталкиваются с необходимостью дополнительного шага разработки сценариев — кластеризации когерентных комбинаций для уменьшения множества сценариев.

Однако наиболее важным различием между POLYFORES и INTEGRAL можно назвать большую гибкость и наличие творческой составляющей метода POLYFORES, что позволяет учитывать компромиссы и синергии между факторами или возможность возникновения новых ключевых факторов. Такие явления возможно уловить, используя методы, основанные на стимулировании творческой активности стейкхолдеров, но пока нет программного обеспечения, способного их выявить.

Слабым звеном обоих методов можно назвать переход от качественного описания сюжетных линий сценариев к их количественным характеристикам. Используя метод проекта POLYFORES, к каждому политическому сценарию разработан соответствующий лесохозяйственный сценарий, но количество лесохозяйственных сценариев может быть больше, поэтому мы рекомендуем использовать лесохозяйственные сценарии в качестве отправной точки для утверждения плана использования лесного участка.

Лесохозяйственные сценарии не просто возможно, а необходимо корректировать в зависимости от результатов, полученных при имитационном моделировании.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты исследования позволили выявить три метода разработки

сценариев для имитационного моделирования экосистемных услуг лесов: принцип кросс-матрицы, морфологический анализ и построение дерева событий. Все они позволяют сконструировать качественные сценарии и основаны на выявлении ключевых факторов и анализе их вероятностных проявлений. Выбор принципа для построения сценариев зависит от поставленной цели исследования, количества выявленных драйверов и бюджета анализа. Морфологический анализ лежит в основе широко распространенного метода, разработанного в рамках проекта INTEGRAL. В отличие от этого метода, предложенный в рамках проекта POLYFORES метод основан на принципе кросс-матрицы, что позволяет существенно упростить процесс составления сценариев за счет исключения необходимости использования программного обеспечения для обработки данных, получения ограниченного и достаточного для моделирования будущего количества сценариев. Также этот метод за счет большей творческой составляющей позволяет учесть компромиссы и синергии между ключевыми факторами, которые могут привести к появлению новых факторов в будущем.

Апробация нового метода в рамках трех тематических исследований показала его состоятельность. Таким образом, для лесных участков в Нижегородской области было разработано четыре



сценария развития. Первый сценарий предполагает получение выгод от заготовки древесины, второй — от рекреационных ЭУ и пищевых лесных ресурсов, при этом используется зонирование лесного участка, третий — от регулирующих ЭУ лесов, четвертый — как от заготовки древесины при условии интенсификации лесовыращивания, так и от регулирующих ЭУ. Для лесных участков в Республике Карелия разработано три сценария. Первый сценарий описывает ситуацию удовлетворения спроса на древесину при условии сохранения биоразнообразия и регулирующих ЭУ лесов, второй и третий сценарии характеризуются повышенным спросом на древесину, низким и высоким приоритетом сохранения окружающей среды соответственно. Для лесных участков Московской области актуальны два сценария, при которых потребность граждан в рекреационных ЭУ лесов увеличится, а приоритет сохранения биоразнообразия при принятии управленческих решений или останется низким, или повысится.

Для лесных участков, расположенных в Республике Карелия и в Московской области, несколько сценариев были признаны нереалистичными. Стоит отметить, что для выявления ключевых факторов и разработки сценариев для этих объектов использова-

лись методы мозгового штурма, групповой дискуссии, интервьюирования в экспертной группе, в то время как для лесных участков в Нижегородской области, где все сценарии были признаны реалистичными, был проведен специализированный семинар. Объединение знаний местных стейкхолдеров и научного сообщества позволяет получить реалистичные, более детальные, значимые и актуальные представления о возможной будущей динамике социо-экологической системы.

Проведенное исследование вносит вклад в формирование научно-методических основ системы поддержки принятия управленческих решений, в создание научной основы для разработки новых технологий и методик в области прогнозирования динамики экологического и ресурсного потенциала лесов России, устойчивого использования лесных ресурсов и экосистемных услуг, сохранения и восстановления биоразнообразия.

#### **ФИНАНСИРОВАНИЕ**

Работа выполнена в рамках проекта FP7 ERA — Net Sumforest-POLYFORES и государственного задания ЦЭПЛ РАН 121121600118-8 при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61618X0101).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Воробьев Д. В. Типы лесов Европейской части СССР. Киев: Изд-во АН УССР, 1953. 452 с.
- Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. М.: Росгидромет, 2014. 1009 с.
- Замолодчиков Д. Г., Грабовский В. И. Прогнозные оценки лесных стоков на период до 2050 года и вклад лесного сектора в обязательства Российской Федерации по новому климатическому соглашению // Использование и охрана природных ресурсов в России. 2014. № 3. С. 23–27.
- Киселева В. В., Чумаченко С. И., Митрофанов Е. М., Карминов В. Н., Колычева А. А. Ресурсные и экономические аспекты неистощительного лесопользования В книге: Леса России: политика, промышленность, наука, образование // Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции. СПб: СПбГЛТУ, 2021. С. 212–215.
- Колычева А. А., Чумаченко С. И. Долгосрочный прогноз урожайности лесных ягод при различных видах рубок // Материалы IV Всероссийской научной конференции с международным участием «Научные основы устойчивого управления лесами». М.: ЦЭПЛ РАН, 2020. С. 55–57.
- Литвиненко А. В., Богданова М. С., Карпечко В. А., Литвинова И. А., Филатов Н. Н. Водные ресурсы Карелии: основные проблемы рационального использования и охраны // Труды Карельского научного центра Российской академии наук. 2011. Т. 4. С. 12–20.
- Лукина Н. В. Глобальные вызовы и лесные экосистемы // Вестник Российской академии наук. 2020. Т. 90. № 6. С. 528–532.
- Научные дебаты «Лесные климатические проекты в России». URL: <http://rbf-ras.ru/news-2021-09-30/> (дата обращения 10.12.2021).
- ООН 2020: Доклад о Целях в области устойчивого развития. 2020. 68 с. URL: <https://unstats.un.org/sdgs/report/2020/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2020-Russian.pdf> (дата обращения 20.10.2021).
- Перечень поручений по итогам заседания Государственного совета по вопросу «Об экологическом развитии Российской Федерации в интересах будущих поколений», состоявшегося 27 декабря 2016 года. URL: <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/53775> (дата обращения 15.10.2021).

- Поддержка принятия решений по экосистемным услугам лесов Европы – определение ценности, синергетические эффекты и компромиссы. Отчет НИР (промежуточ.) Центр по пробл. экол. и продуктивн. лесов РАН; рук. Лукина Н. В. М.: ЦЭПЛ, 2019. 193 с.
- Прогноз развития лесного сектора Российской Федерации до 2030 года. 2012. URL: <https://clck.ru/NvT2n> (дата обращения 10.11.2021).
- Прогноз социально-экономического развития Российской Федерации на 2022 год и на плановый период 2023 и 2024 годов. URL: <https://clck.ru/hDeQ3> (дата обращения 25.10.2021).
- Прогнозы социально-экономического развития Российской Федерации. 2021. URL: <https://clck.ru/Xvr4j> (дата обращения 25.10.2021).
- Розенберг А. Г. Оценка и прогнозные сценарии изменений экосистемных услуг для достижения устойчивого развития Самарской области. Дисс. ... канд. биол. наук. Тольятти: Институт экологии Волжского бассейна РАН, 2015. 163 с.
- Рынок дикоросов в России: высокий потенциал и низкий уровень развития. Обзор КПМГ. КПМГ, 2021. 40 с. URL: <https://ru.investinrussia.com/data/files/sectors/ru-ru-wild-growing-herbs-in.pdf> (дата обращения 25.10.2021).
- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020666245. RUFOSS – программный модуль интеграции имитационных моделей для оценки взаимодействий между лесными экосистемными услугами / С. И. Чумаченко, В. Н. Шанин, Е. М. Митрофанов, С. В. Лебедев, П. В. Фролов, С. А. Кондратьев, М. В. Шмакова, Н. В. Лукина, Д. Н. Тебенькова, Л. Г. Ханнина, П. Я. Грабарник, О. Г. Чертов, М. В. Бобровский (RU), Правообладатель ЦЭПЛ РАН № 2020662086; заявл. 12.10.2020. опубл. 08.12.2020. 24 Кб.
- Стратегия развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 11 февраля 2021 г. № 312-р.
- Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 29 октября 2021 г. № 3052-р.
- Тебенькова Д. Н., Лукина Н. В., Катаев А. Д., Гагарин Ю. Н., Кузнецова А. И., Орлова М. А. Сценарный подход к моделированию развития лесных участков // Научные основы устойчивого управления лесами: Материалы III Всеросс.

- (с междунар. участием) научной конференции (г. Москва, 30 октября – 1 ноября 2018 г.). М.: ЦЭПЛ РАН, 2018. С. 173–174.
- Account Ability. AA1000 Stakeholder Engagement Standard Exposure Draft: AA1000SES. London, 2005. 40 p. URL: <https://clck.ru/dQnzT> (February 20, 2022).
- Alcamo J., Henrichs T. Towards guidelines for environmental scenario analysis / Environmental futures: the practice of environmental scenario analysis. Elsevier Science. 2008. P. 13–25.
- Amer M., Daim T. U., Jetter A. A review of scenario planning // Futures. 2013. Vol. 46. P. 23–40.
- Andersen P. D., Hansen M., Selin C. Stakeholder inclusion in scenario planning – A review of European projects // Technological Forecasting and Social Change. 2021. Vol. 169. P. 120802.
- Andrews J. D., Dunnett S. J. Event-tree analysis using binary decision diagrams // IEEE Transactions on Reliability. 2000. Vol. 49. No 2. P. 230–238.
- Berkhout F., Hertin J., Jordan A. Socio-economic futures in climate change impact assessment: using scenarios as 'learning machines' // Global Environmental Change. 2002. Vol. 12. No 2. P. 83–95.
- Binder S., Haight, R. G., Polasky S., Warziniack T., Mockrin M. H., Deal R. L., Arthaud G. Forest Service General Technical Report NRS-170 Northern Research Station Assessment and Valuation of Forest Ecosystem Services: State of the Science Review. Newtown Square, PA, USA: The US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 2017. 47 p.
- Börjeson L., Höjer M., Dreborg K. H., Ekvall T., Finnveden G. Scenario types and techniques: towards a user's guide // Futures. 2006. Vol. 38. No 7. P. 723–739.
- Bousquet F., Barreteau O., D'Aquino P., Etienne M., Boissau S., Aubert S., Le Page C., Babin D., Castella J. C. Multi-agent systems and role games: collective learning processes for ecosystem management // Complexity and ecosystem management: The theory and practice of multi-agent systems. 2002. P. 248–285.
- Bowman C. Strategy in practice. London: Prentice Hall Europe, 1998. 201 p.
- Cash D. W., Clark W. C., Alcock F., Dickson N. M., Eckley N., Guston D. H., Jäger J., Mitchell R. B. Knowledge systems for sustainable development // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2003. Vol. 100. No 14. P. 8086–8091.
- Castella J. C., Trung T. N., Boissau S. Participatory simulation of land-use changes in the northern mountains of Vietnam: the combined use of an agent-based model, a role-playing game, and a geographic information

- system // *Ecology and Society*. 2005. Vol. 10. No 1. P. 1–32.
- Chumachenko S. I., Korotkov V. N., Palenova M. M., Politov D. V.* Simulation modelling of long-term stand dynamics at different scenarios of forest management for coniferous-broadleaved forests // *Ecological Modelling*. 2003. Vol. 170. No 2–3. P. 345–361.
- Chumachenko S., Kiseleva, V., Kolycheva A., Mitrofanov E.* Modeling of multiple forest use under different management scenarios // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. IOP Publishing. 2020. Vol. 574. No 1. P. 012011.
- Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A New Forest Strategy: For Forests and the Forest-Based Sector. European Commission, 2013. URL: <https://clck.ru/dQAuq> (October 10, 2021).
- Cornish E.* Futuring: The exploration of the future. World Future Society. 2004. 313 p.
- Costanza R.* Trek, Ecotopia, Big Government // *The Futurist*. 1999. No 33. P. 23.
- De Vente J., Reed M. S., Stringer L. C., Valente S., Newig J.* How does the context and design of participatory decision making processes affect their outcomes? Evidence from sustainable land management in global drylands // *Ecology and Society*. 2016. Vol. 21. No 2. 24 p.
- Delphin S., Escobedo F. J., Abd-Elrahman A., Cropper W. P.* Urbanization as a land use change driver of forest ecosystem services // *Land Use Policy*. 2016. Vol. 54. P. 188–199.
- Duffy J. E., Godwin C. M., Cardinale B. J.* Biodiversity effects in the wild are common and as strong as key drivers of productivity // *Nature*. 2017. Vol. 549. No 7671. P. 261–264.
- Duinker P. N., Greig L. A.* Scenario analysis in environmental impact assessment: Improving explorations of the future // *Environmental impact assessment review*. 2007. Vol. 27. No 3. P. 206–219.
- Enzer S.* Cross-impact techniques in technology assessment // *Futures*. 1972. Vol. 4. P. 30–51.
- EPA's Treatment of Biogenic Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Emissions from Stationary Sources That Use Forest Biomass for Energy Production*. USEPA, 2018. URL: <https://clck.ru/dQJb6> (October 15, 2021).
- Estoque R. C., Murayama Y.* Quantifying landscape pattern and ecosystem service value changes in four rapidly urbanizing hill stations of Southeast Asia // *Landscape Ecology*. 2016. Vol. 31. No 7. P. 1481–1507.
- Ferraro P. J., Hanauer M. M., Miteva D. A., Nelson J. L., Pattanayak S. K., Nolte C., Sims K. R.* Estimating the impacts of

- conservation on ecosystem services and poverty by integrating modeling and evaluation // Proceedings of the National Academy of Sciences. 2015. Vol. 112. No 24. P. 7420–7425.
- Fontela E., Hingel A. Scenarios on economic and social cohesion in Europe // Futures. 1993. Vol. 25. No 2. P. 139–154.
- Forsell N., Turkovska O., Gusti M., Obersteiner M., Den Elzen M., Havlik P. Assessing the INDCs' land use, land use change, and forest emission projections // Carbon balance and management. 2016. Vol. 11. No 1. P. 1–17.
- Gaßner R. Plädoyer für mehr Science Fiction in der Zukunftsforschung [in:] Streifzüge ins Übermorgen, Weinheim (Eds. Burmeister K., Steinmüller K.). Basel: Beltz Verlag. 1992. P. 223–232.
- Gauvin C., Uchida E., Rozelle S., Xu J., Zhan J. Cost-effectiveness of payments for ecosystem services with dual goals of environment and poverty alleviation // Environmental management. 2010. Vol. 45. No 3. P. 488–501.
- Glenn J. C., Gordon T. J. The Millennium Project: Futures Research Methodology, Version 3.0. 2009.
- Godet M. How to be rigorous with scenario planning // Foresight. 2000. No 2. No 1. P. 5–9.
- Gordon T. J., Hayward H. Initial experiments with the cross impact matrix method of forecasting // Futures. 1968. Vol. 1. P. 100–116.
- Görg C. Landscape governance: The “politics of scale” and the “natural” conditions of places // Geoforum. 2007. Vol. 38. No 5. P. 954–966.
- Greeuw S. C. H., Van Asselt M. B. A., Grosskurth J., Storms C. A. M. H., Rijkens-Klomp N., Rothman D. S., Rothmans J. Cloudy Crystal Balls: An assessment of recent European and global Scenario studies and Models. Copenhagen: European Environment Agency. 2000. No 17. 113 p.
- Harrison S. R., Qureshi M. E. Choice of stakeholder groups and members in multicriteria decision models // Natural Resources Forum. Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2000. Vol. 24. No 1. P. 11–19.
- He Y., Wang W., Chen Y., Yan H. Assessing spatio-temporal patterns and driving force of ecosystem service value in the main urban area of Guangzhou // Scientific Reports. 2021. Vol. 11. No 1. P. 1–18.
- Heinecke A. Die Anwendung induktiver Verfahren in der Szenario-Technik [in:] Szenariotechnik: Vom Umgang mit der Zukunft (Ed. F. Wilms). Bern: Haupt Verlag, 2006. P. 183–214.
- Hengeveld G. M., Schüll E., Trubins R., Sallnäs O. Forest Landscape Development Scenarios (FoLDS)—A framework for integrating forest models, owners' behaviour and socio-economic developments // Forest Policy and Economics. 2017. Vol. 85. P. 245–255.

- Henrichs T., Zurek M., Eickhout B., Kok K., Raudsepp-Hearne C., Ribeiro T., Van Vuuren D., Volkery A.* Scenario development and analysis for forward-looking ecosystem assessments [in:] *Ecosystems and human well-being: a manual for assessment practitioners* (Eds. N. Ash, H. Blanco, K. Garcia, T. Tomich, B. Vira, M. Zurek, C. Brown). Washington, D. C., USA: Island, 2010. P. 151–220.
- Hetemäki L., Hanewinkel M., Muys B., Ollikainen M., Palahí M., Trasobares A., Aho E., Ruiz C. N., Persson G., Potočník J.* Leading the way to a European circular bioeconomy strategy. European Forest Institute, 2017. Vol. 5. 52 p.
- Ho J. K. K.* Formulation of a systemic PEST analysis for strategic analysis // *European academic research*. 2014. Vol. 2. No. 5. P. 6478–6492.
- Hoogstra M. A., Schanz H.* Future orientation and planning in forestry: a comparison of forest managers' planning horizons in Germany and the Netherlands // *European Journal of Forest Research*. 2009. Vol. 128. No 1. P. 1–11.
- IPCC. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P. M. Midgley (eds.). Cambridge, United Kingdom, New York, USA: Cambridge University Press, 2013, 1535 p.
- IPCC. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team, R. K. Pachauri, L. A. Meyer (eds.). Geneva, Switzerland: IPCC, 2014, 151 p.
- IUCN Red List. 2020. URL: <https://clck.ru/pdWvg> (October 15, 2021).
- Jarke M., Bui X. T., Carroll J. M.* Scenario management: An interdisciplinary approach // *Requirements Engineering*. 1998. Vol. 3. No 3–4. P. 155–173.
- Jungk R., Müllert N. R.* Zukunftswerkstätten: Mit phantasie gegen routine und resignation. Heyne, 1997.
- Kahn H., Wiener A. J.* The Year 2000: A Framework for Speculation on the Next Thirty-Three Years // *Political Science Quarterly*. 1968. Vol. 83. No 4. P. 663–665.
- Kangas A., Korhonen K. T., Packalen T., Vauhkonen J.* Sources and types of uncertainties in the information on forest-related ecosystem services // *Forest Ecology and Management*. 2018. No 427. P. 7–16.
- Kärkkäinen L., Haakana H., Hirvelä H., Lempinen R., Packalen T.* Assessing the impacts of land-use zoning decisions on the supply of forest ecosystem services // *Forests*. 2020. Vol. 11. No 9. P. 931.

- Kok M. T., Kok K., Peterson G. D., Hill R., Agard J., Carpenter S. R.* Biodiversity and ecosystem services require IPBES to take novel approach to scenarios // *Sustainability Science*. 2017. Vol. 12. No 1. P. 177–181.
- Komarov A., Shanin V., Manov A., Kuznetsov M., Osipov A., Bobkova K.* Modeling the dynamics of natural forest ecosystems in the northeast of European Russia under climate change and forest fires // *Écoscience*. 2014. Vol. 21. No 3–4. P. 253–264.
- Kosow H., Gaßner R.* Methods of future and scenario analysis: overview, assessment, and selection criteria // *DEU*. 2008. Vol. 39. P. 133.
- Kowalski K., Stagl S., Madlener R., Omann I.* Sustainable energy futures: Methodological challenges in combining scenarios and participatory multi-criteria analysis // *European Journal of Operational Research*. 2009. Vol. 197. No 3. P. 1063–1074.
- Lang T.* Scenario planning: your key to the future. Curtin University of Technology. 2001.
- Leskinen P., Lindner M., Verkerk P. J., Nabuurs G. J., Van Brusselen J., Kulikova E., Hasegawa M., Lerink B.* Russian forests and climate change. What Science Can Tell Us 11. European Forest Institute, 2020. URL: <https://doi.org/10.36333/wscu11>. (October 15, 2021).
- Liang J., Crowther T. W., Picard N., Wiser S., Zhou M., Alberti G., ..., & De-Miguel S.* Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests // *Science*. 2016. Vol. 354. No 6309. DOI: 10.1126/science.aaf8957.
- Madlener R., Kowalski K., Stagl S.* New ways for the integrated appraisal of national energy scenarios: the case of renewable energy use in Austria // *Energy policy*. 2007. Vol. 35. No 12. P. 6060–6074.
- Magnuszewski P., Sendzimir J., Kronenberg J.* Conceptual modeling for adaptive environmental assessment and management in the Barycz Valley, Lower Silesia, Poland // *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2005. Vol. 2. No 2. P. 194–203.
- Messier C., Fortin M. J., Schmiegelow F., Doyon F., Cumming S. G., Kimmins J. P., Seely B., Welham C., Nelson J.* Modeling tools to assess the sustainability of forest management scenarios / Towards sustainable management of the boreal forest. Ottawa, Ontario, Canada: NRC Research Press, 2003. P. 531–580.
- Morán-Ordóñez A., Roces-Díaz J. V., Otsu K., Ameztegui A., Coll L., Lefevre F., Retana J., Brotons L.* The use of scenarios and models to evaluate the future of nature values and ecosystem services



- in Mediterranean forests // *Regional Environmental Change*. 2019. Vol. 19. No 2. P. 415–428.
- Morán-Ordóñez A., Roces-Díaz J. V., Otsu K., Ameztegui A., Coll L., Lefevre F., Retana J., Brotons L.* The use of scenarios and models to evaluate the future of nature values and ecosystem services in Mediterranean forests // *Regional Environmental Change*. 2019. Vol. 19. No 2. P. 415–428.
- MEA: Millennium Ecosystem Assessment. *Ecosystems and Human Well-Being*; Island Press: Washington, DC, USA, 2005. Vol. 5. URL: [http://www.millenniumassessment.org/en/ Reports.aspx#](http://www.millenniumassessment.org/en/Reports.aspx#) (December 12, 2021).
- Nakicenovic N., Swart R.* Emissions scenarios. Special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, 2000. 612 p.
- NPS: National Park Service. *Using Scenarios to Explore Climate Change: A Handbook for Practitioners*. National Park Service Climate Change Response Program. Colorado: Fort Collins, 2013.
- Oteros-Rozas E., Martín-López B., Daw T., Bohensky E. L., Butler J., Hill R., ... & Vilarly S.* Participatory scenario planning in place-based social-ecological research: insights and experiences from 23 case studies // *Ecology and Society*. 2015. Vol. 20. No 4. 32 p.
- Pahl-Wostl C.* Participation in building environmental scenarios [in:] *Environmental futures: the practice of environmental scenario analysis* (eds. J. Alcamo). Amsterdam, The Netherlands: Elsevier, 2008. P. 105–122.
- Pillkahn U.* Technology intelligence: basis for a smart business strategies // *Futures Research Quarterly*. 2005. Vol. 21. P. 5–17.
- Pillkahn U.* Using trends and scenarios as tools for strategy development: shaping the future of your enterprise. Erlangen, Germany: Publicis Corporate Publishing, 2008. 224 p.
- Porter M. E.* *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*. New York, USA: Free Press, 1998. 558 p.
- Reed M. S., Graves A., Dandy N., Posthumus H., Hubacek K., Morris J., Prell C., Quinn C. H., Stringer L. C.* Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management // *Journal of environmental management*. 2009. Vol. 90. No 5. P. 1933–1949.
- Reed M. S., Kenter J., Bonn A., Broad K., Burt T. P., Fazey I. R., Fraser E. D. G., Hubacek K., Nainggolan D., Quin C. H., Stringer L. C., Ravera F.* Participatory scenario development for environmental management: a methodological framework illustrated with expe-

- rience from the UK uplands // *Journal of Environmental Management*. 2013. Vol. 128. P. 345–362.
- Renn O.* Participatory processes for designing environmental policies // *Land use policy*. 2006. Vol. 23. No 1. P. 34–43.
- Riahi K., Van Vuuren D. P., Kriegler E., Edmonds J., O'Neill B. C., Fujimori S., ... & Tavoni M.* The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview // *Global environmental change*. 2017. Vol. 42. P. 153–168.
- Ritchey T.* Futures Studies using Morphological Analysis. Adapted from an Article for the Millennium Project: Futures Research Methodology Series, 2009. 14 p.
- Rounsevell M. D. A., Metzger M. J.* Developing qualitative scenario storylines for environmental change assessment // *Advanced Review*. 2010. Vol. 1. No 4. P. 606–619.
- Rowland E. L., Cross M. S., Hartmann H.* Considering Multiple Futures: Scenario Planning to Address Uncertainty in Natural Resource Conservation. Washington, DC: US Fish and Wildlife Service, 2014. 172 p.
- Schmolke A., Thorbek P., DeAngelis D. L., Grimm V.* Ecological models supporting environmental decision making: a strategy for the future // *Trends in ecology & evolution*. 2010. Vol. 25. No 8. P. 479–486.
- Schoemaker P. J.* Scenario planning: a tool for strategic thinking // *Sloan management review*. 1995. Vol. 36. No 2. P. 25.
- Schüll A. E., Schröter W.* Guideline for the performance of participatory scenario processes in INTEGRAL // Unpublished report. 2013.
- Schwartz P.* The Art of the Long View: Planning in an Uncertain World. New York, USA: Currency, 1996. 290 p.
- Scientific approach to second MAG meeting in Russia // SINCERE. News. 07.05.2019 URL: <https://sincereforests.eu/scientific-approach-to-second-mag-meeting-in-russia/> (2022, 09 February).
- Seidl R., Eastaugh C. S., Kramer K., Maroschek M., Reyer C., Socha J., Vacchiano G., Zlatanov T., Hasenauer H.* Scaling issues in forest ecosystem management and how to address them with models // *European Journal of Forest Research*. 2015. Vol. 132. No 5–6. P. 653–666.
- Seidl R., Fernandes P. M., Fonseca T. F., Gillet F., Jönsson A. M., Merganičová K., Netherer S., Arpacı A., Bontemps J. D., Bugmann H., González-Olabarria J. R.* Modelling natural disturbances in forest ecosystems: a review // *Ecological Modelling*. 2011. Vol. 222. No 4. P. 903–924.
- Seppelt R., Dormann C. F., Eppink F. V., Lautenbach S., Schmidt S.* A quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and

- the road ahead // *Journal of Applied Ecology*. 2011. Vol. 48. No 3. P. 630–636.
- Shanin V. N., Komarov A. S., Bykhovets S. S.* Simulation modelling for sustainable forest management: a case-study // *Procedia Environmental Sciences*. 2012. Vol. 13. P. 535–549.
- Sheate W. R., Do Partidário M. R., Byron H., Bina O., Dagg S.* Sustainability assessment of future scenarios: methodology and application to mountain areas of Europe // *Environmental management*. 2008. Vol. 41. No 2. P. 282–299.
- Sheppard S. R. J., Meitner M.* Using multi-criteria analysis and visualisation for sustainable forest management planning with stakeholder groups // *Forest ecology and management*. 2005. Vol. 207. No 1–2. P. 171–187.
- Soliva R., Rønningen K., Bella I., Bezak P., Cooper T., Flø B. E., ... & Potter C.* Envisioning upland futures: Stakeholder responses to scenarios for Europe's mountain landscapes // *Journal of Rural Studies*. 2008. Vol. 24. No 1. P. 56–71.
- State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe. UNECE; FAO, 2011. URL: <https://clck.ru/pdRWi> (October 10, 2021).
- Steinmüller K.* Szenarien – Ein Methodenkomples zwischen wissenschaftlichem Anspruch und zeitgeistiger Bricolage [in:] Reinhold Popp (Hg.): *Zukunft und Wissenschaft. Wege und Irrwege der Zukunftsforschung*. 2012. P. 101–137.
- Sun X., Crittenden J. C., Li F., Lu Z., Dou X.* Urban expansion simulation and the spatio-temporal changes of ecosystem services, a case study in Atlanta Metropolitan area, USA // *Science of the Total Environment*. 2018. No 622. P. 974–987.
- The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people. Rome: FAO and UNEP, 2020. URL: <https://www.fao.org/3/ca8642en/online/ca8642en.html> (October 10, 2021).
- Thompson A. A., Strickland A. J.* *Crafting and implementing strategy: text and readings*. Chicago: Irwin, 1995.
- Tompkins E. L., Few R., Brown K.* Scenario-based stakeholder engagement: incorporating stakeholders preferences into coastal planning for climate change // *Journal of environmental management*. 2008. Vol. 88. No 4. P. 1580–1592.
- Transforming our world: The 2030 agenda for sustainable development. United Nations, 2015. URL: <https://clck.ru/pdaRZ> (October 10, 2021).
- Traynham B.* An Application of Event Tree Analysis to Ecological Systems: Understanding the Long Term Performance of Engineered Covers. WM2010 Conference, March 7–11, Phoenix, AZ Session 32 Environmental Remediation Progress Toward Closure of Contaminated Sites. 2010. P. 1–14.

- URL: <https://clck.ru/dP7gc> (2022, 28 February).
- Turner M. G., Gardner R. H. *Landscape Ecology in Theory and Practice*. New York: Pattern and Process Springer, 2015. 499 p.
- Van den Belt M. *Mediated modeling: a system dynamics approach to environmental consensus building*. Washington, DC: Island Press, 2004. 363 p.
- Van der Heijden K. *Scenarios: the art of strategic conversation*. John Wiley & Sons, 1996. 384 p.
- Van Notten P. W. F., Rotmans J., Van Asselt M. B., Rothman D. S. An updated scenario typology // *Futures*. 2003. Vol. 35. No 5. P. 423–443.
- Van Oosten C. *Restoring landscapes—Governing place: A learning approach to forest landscape restoration* // *Journal of sustainable forestry*. 2017. Vol. 32. No 7. P. 659–676.
- Van Vuuren D. P., Kok M., Lucas P. L., Prins A. G., Alkemade R., Van der Berg M., ..., & Stehfest E. Pathways to achieve a set of ambitious global sustainability objectives by 2050: explorations using the IMAGE integrated assessment model // *Technological Forecasting and Social Change*. 2015. Vol. 98. P. 303–323.
- Virapongse A., Brooks S., Metcalf E. C., Zedalis M., Gosz J., Kliskey A., Alessa L. A social-ecological systems approach for environmental management // *Journal of Environmental Management*. 2016. Vol. 178. P. 83–91.
- Volkery A., Ribeiro T. Scenario planning in public policy: understanding use, impacts and the role of institutional context factors // *Technological Forecasting and Social Change*. 2009. Vol. 76. P. 1198–1207.
- Von Reibnitz U. *Szenarien-Optionen für die Zukunft*. McGraw-Hill. 1987.
- Wikström P., Edenius L., Elfving B., Eriksson L. O., Lämås T., Sonesson J., Öhman K., Wallerman J., Waller C., Klintebäck F. The Heureka forestry decision support system: an overview // *International journal of mathematical and computational forestry & natural-resource sciences*. 2011. Vol. 3. No 2. P. 87–95.
- Wilms F. E. P. *Szenariotechnik: Vom Umgang mit der Zukunft*. Bern, Stuttgart, Wien: Haupt, 2006. 411 p.
- Wollenberg E., Edmunds D., Buck L. Using scenarios to make decisions about the future: anticipatory learning for the adaptive co-management of community forests // *Landscape and Urban Planning*. 2000. Vol. 47. No 1. P. 65–77.
- Zarandian A., Baral H., Stork N. E., Ling M. A., Yavari A. R., Jafari H. R., Amirnejad H. Modeling of ecosystem services informs spatial planning in lands adjacent to the Sarvelat and Javaherdasht protected area in northern Iran // *Land Use Policy*. 2017. No 61. P. 487–500.

## REFERENCES

- Account Ability*, AA1000 Stakeholder Engagement Standard Exposure Draft: AA1000SES, London, 2005, 40 p., Available at: <https://clck.ru/dQnzT> (2022, 20 February).
- Alcamo J., Henrichs T., Towards guidelines for environmental scenario analysis / Environmental futures: the practice of environmental scenario analysis, *Elsevier Science*, 2008, pp. 13–25.
- Amer M., Daim T. U., Jetter A. A., Review of scenario planning, *Futures*, 2013, Vol. 46, pp. 23–40.
- Andersen P. D., Hansen M., Selin C., Stakeholder inclusion in scenario planning – A review of European projects, *Technological Forecasting and Social Change*, 2021, Vol. 169, 120802 p.
- Andrews J. D., Dunnett S. J., Event-tree analysis using binary decision diagrams, *IEEE Transactions on Reliability*, 2000, Vol. 49, No 2, pp. 230–238.
- Berkhout F., Hertin J., Jordan A., Socio-economic futures in climate change impact assessment: using scenarios as “learning machines”, *Global Environmental Change*, 2002, Vol. 12, No 2, pp. 83–95.
- Binder S., Haight R. G., Polasky S., Warziniack T., Mockrin M. H., Deal R. L., Arthaud G., *Forest Service General Technical Report NRS-170 Northern Research Station Assessment and Valuation of Forest Ecosystem Services: State of the Science Review*, Newtown Square, PA, USA: The US Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, 2017, 47 p.
- Börjeson L., Höjer M., Dreborg K. H., Ekvall T., Finnveden G., Scenario types and techniques: towards a user’s guide, *Futures*, 2006, Vol. 38, No 7, pp. 723–739.
- Bousquet F., Barreteau O., d’Aquino P., Etienne M., Boissau S., Aubert S., Le Page C., Babin D., Castella J. C., Multi-agent systems and role games: collective learning processes for ecosystem management, *Complexity and ecosystem management: The theory and practice of multi-agent systems*, 2002, pp. 248–285.
- Bowman C., *Strategy in practice*. London: Prentice Hall Europe, 1998, 201 p.
- Cash D. W., Clark W. C., Alcock F., Dickson N. M., Eckley N., Guston D. H., Jäger J., Mitchell R. B., Knowledge systems for sustainable development, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2003, Vol. 100, No 14, pp. 8086–8091.
- Castella J. C., Trung T. N., Boissau S., Participatory simulation of land-use changes in the northern mountains of Vietnam: the combined use of an agent-based model, a role-playing game, and a geographic information system, *Ecology and Society*, 2005, Vol. 10, No 1, pp. 1–32.
- Chumachenko S. I., Korotkov V. N., Palenova M. M., Politov D. V., Simulation modelling of long-term stand dynamics at different scenarios of forest management for coniferous-broad-leaved

- forests, *Ecological Modelling*, 2003, Vol. 170, No 2–3, pp. 345–361.
- Chumachenko S., Kiseleva, V., Kolycheva, A., Mitrofanov E., Modeling of multiple forest use under different management scenarios, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, IOP Publishing, 2020, Vol. 574, No 1, P. 012011.
- Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. A New Forest Strategy: For Forests and the Forest-Based Sector, *European Commission*, 2013, 17 p., Available at: <https://clck.ru/dQAuq> (2021, 10 October).
- Cornish E., Futuring: The exploration of the future, *World Future Society*, 2004, 313 p.
- Costanza R., Trek, Ecotopia, Big Government, *The Futurist*, 1999, No 33, p. 23.
- De Vente J., Reed M. S., Stringer L. C., Valente S., Newig J., How does the context and design of participatory decision making processes affect their outcomes? Evidence from sustainable land management in global drylands, *Ecology and Society*, 2016, Vol. 21, No 2, 24 p.
- Delphin S., Escobedo F. J., Abd-Elrahman A., Cropper W. P., Urbanization as a land use change driver of forest ecosystem services, *Land Use Policy*, 2016, Vol. 54, pp. 188–199.
- Duffy J. E., Godwin C. M., Cardinale B. J., Biodiversity effects in the wild are common and as strong as key drivers of productivity, *Nature*, 2017, Vol. 549, No 7671, pp. 261–264.
- Duinker P. N., Greig L. A., Scenario analysis in environmental impact assessment: Improving explorations of the future, *Environmental impact assessment review*, 2007, Vol. 27, No 3, pp. 206–219.
- Enzer S., Cross-impact techniques in technology assessment, *Futures*, 1972, Vol. 4, pp. 30–51.
- EPA's Treatment of Biogenic Carbon Dioxide (CO<sub>2</sub>) Emissions from Stationary Sources That Use Forest Biomass for Energy Production*. USEPA, 2018, Available at: <https://clck.ru/dQJb6> (2021, 15 October).
- Estoque R. C., Murayama Y., Quantifying landscape pattern and ecosystem service value changes in four rapidly urbanizing hill stations of Southeast Asia, *Landscape Ecology*, 2016, Vol. 31, No 7, pp. 1481–1507.
- The State of the World's Forests 2020. Forests, biodiversity and people*, Rome: FAO and UNEP, 2020, Available at: <https://www.fao.org/3/ca8642en/online/ca8642en.html> (2021, 18 October).
- Ferraro P. J., Hanauer M. M., Miteva D. A., Nelson J. L., Pattanayak S. K., Nolte C., Sims K. R., Estimating the impacts of conservation on ecosystem services and poverty by integrating modeling

- and evaluation, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2015, Vol. 112, No 24, pp. 7420–7425.
- Fontela E., Hingel A., Scenarios on economic and social cohesion in Europe, *Futures*, 1993, Vol. 25, No 2, pp. 139–154.
- Forsell N., Turkovska O., Gusti M., Obersteiner M., Den Elzen M., Havlik P., Assessing the INDCs' land use, land use change, and forest emission projections, *Carbon balance and management*, 2016, Vol. 11, No 1, pp. 1–17.
- Gaßner R., Plädoyer für mehr Science Fiction in der Zukunftsforschung [in:] *Streifzüge ins Übermorgen*, Weinheim (Eds. Burmeister K., Steinmüller K.), Basel: Beltz Verlag, 1992, pp. 223–232.
- Gauvin C., Uchida E., Rozelle S., Xu J., Zhan J., Cost-effectiveness of payments for ecosystem services with dual goals of environment and poverty alleviation, *Environmental management*, 2010, Vol. 45, No 3, pp. 488–501.
- Glenn J. C., Gordon T. J., (eds.): *The Millennium Project: Futures Research Methodology, Version 3.0*, 2009.
- Godet M., How to be rigorous with scenario planning, *Foresight*, 2000, No 2, No 1, pp. 5–9.
- Gordon T. J., Hayward H., Initial experiments with the cross impact matrix method of forecasting, *Futures*, 1968, Vol. 1, pp. 100–116.
- Görg C., Landscape governance: The “politics of scale” and the “natural” conditions of places, *Geoforum*, 2007, Vol. 38, No 5, pp. 954–966.
- Greeuw S. C. H., Van Asselt M. B. A., Grosskurth J., Storms C. A. M. H., Rijkens-Klomp N., Rothman D. S., Rothmans J., *Cloudy Crystal Balls: An assessment of recent European and global Scenario studies and Models*, Copenhagen: European Environment Agency, 2000, No 17, 113 p.
- Harrison S. R., Qureshi M. E., Choice of stakeholder groups and members in multicriteria decision models, *Natural Resources Forum*, Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd, 2000, Vol. 24, No 1, pp. 11–19.
- He Y., Wang W., Chen Y., Yan H., Assessing spatio-temporal patterns and driving force of ecosystem service value in the main urban area of Guangzhou, *Scientific Reports*, 2021, Vol. 11, No 1, pp. 1–18.
- Heinecke A., Die Anwendung induktiver Verfahren in der Szenario-Technik [in:] *Szenariotechnik: Vom Umgang mit der Zukunft* (Eds. E. P. Falko, Wilms), Bern: Haupt Verlag, 2006, pp. 183–213.
- Hengeveld G. M., Schüll E., Trubins R., Sallnäs O., Forest Landscape Development Scenarios (FoLDS) — A framework for integrating forest models, owners' behaviour and socio-economic developments, *Forest Policy and Economics*, 2017, Vol. 85, pp. 245–255.

- Henrichs T., Zurek M., Eickhout B., Kok K., Raudsepp-Hearne C., Ribeiro T., Van Vuuren D., Volkery A., Scenario development and analysis for forward-looking ecosystem assessments [in:] *Ecosystems and human well-being: a manual for assessment practitioners* (eds. N. Ash, H. Blanco, K. Garcia, T. Tomich, B. Vira, M. Zurek, C. Brown), Washington, D.C., USA: Island, 2010, pp. 151–220.
- Hetemäki L., Hanewinkel M., Muys B., Ollikainen M., Palahí M., Trasobares A., Aho E., Ruiz C. N., Persson G., Potocnik J., Leading the way to a European circular bioeconomy strategy, European Forest Institute, 2017, Vol. 5, 52 p.
- Ho J. K. K., Formulation of a systemic PEST analysis for strategic analysis, *European academic research*, 2014, Vol. 2, No 5, pp. 6478–6492.
- Hoogstra M. A., Schanz H., Future orientation and planning in forestry: a comparison of forest managers' planning horizons in Germany and the Netherlands, *European Journal of Forest Research*, 2009, Vol. 128, No 1, pp. 1–11.
- <http://kremlin.ru/acts/assignments/orders/53775> (2021, 15 October).
- <http://rbf-ras.ru/news-2021-09-30/> (2021, 12 October).
- <https://ru.investinrussia.com/data/files/sectors/ru-ru-wild-growing-herbs-in.pdf> (2021, 25 October).
- IPCC: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, T. F. Stocker, D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S. K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex, P. M. Midgley (eds.), Cambridge, United Kingdom, New York, USA: Cambridge University Press, 2013, 1535 p.
- IPCC: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Core Writing Team, R. K. Pachauri, L. A. Meyer (eds.), Geneva, Switzerland: IPCC, 2014, 151 p.
- IUCN Red List*, 2020. Available at: <https://www.iucnredlist.org/assessment/red-list-index> (2021, 15 October)
- Jarke M., Bui X. T., Carroll J. M., Scenario management: An interdisciplinary approach, *Requirements Engineering*, 1998, Vol. 3, No 3–4, P. 155–173.
- Jungk R., Müllert N. R., *Zukunftswerkstätten: Mit phantasie gegen routine und resignation*, Heyne, 1997.
- Kahn H., Wiener A. J., The Year 2000: A Framework for Speculation on the Next Thirty-Three Years, *Political Science Quarterly*, 1968, Vol. 83, No 4, pp. 663–665.
- Kangas A., Korhonen K. T., Packalen T., Vauhkonen J., Sources and types of



- uncertainties in the information on forest-related ecosystem services, *Forest Ecology and Management*, 2018, No 427, pp. 7–16.
- Kärkkäinen L., Haakana H., Hirvelä H., Lempinen R., Packalen T., Assessing the impacts of land-use zoning decisions on the supply of forest ecosystem services, *Forests*, 2020, Vol. 11, No 9, p. 931.
- Kiseleva V. V., Chumachenko S. I., Mitrofanov E. M., Karminov V. N., Kolycheva A. A., Resursnyye i jekonomicheskie aspekty neistoshhitel'nogo lesopol'zovaniya (Resource and economic aspects of sustainable forest management), *Lesa Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie, Materialy VI Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii* (Forests of Russia: politics, industry, science, education. VI All-Russian Scientific and Technical Conference) Saint-Petersburg: SPbGLTU, 2021, pp. 212–215.
- Kok M. T., Kok K., Peterson G. D., Hill R., Agard J., Carpenter S. R., Biodiversity and ecosystem services require IPBES to take novel approach to scenarios, *Sustainability Science*, 2017, Vol. 12, No 1, pp. 177–181.
- Kolycheva A. A., Chumachenko S. I., Dologosrochnyj prognoz urozhajnosti lesnyh jagod pri razlichnyh vidah rubok, *Materialy IV Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem* (Proceedings of the IV All-Russian scientific conference with international participation) Moscow: CEPF RAS, 2020, pp. 55–57.
- Komarov A., Shanin V., Manov A., Kuznetsov M., Osipov A., Bobkova K., Modeling the dynamics of natural forest ecosystems in the northeast of European Russia under climate change and forest fires, *Écoscience*, 2014, Vol. 21, No 3–4, pp. 253–264.
- Kosow H., Gaßner R., Methods of future and scenario analysis: overview, assessment, and selection criteria, *DEU*, 2008, Vol. 39, 133 p.
- Lang T., Scenario planning: your key to the future, *Curtin University of Technology*, 2001.
- Leskinen P., Lindner M., Verkerk P. J., Nabuurs G. J., Van Brusselen J., Kulikova E., Hassegawa M., Lerink B., Russian forests and climate change. What Science Can Tell Us 11. *European Forest Institute*, 2020, 140 p. DOI: 10.36333/wsctu11.
- Liang J., Crowther T. W., Picard N., Wiser S., Zhou M., Alberti G., Schulze E. D., McGuire A. D., Bozzato F., Pretzsch H., De-Miguel S., Positive biodiversity-productivity relationship predominant in global forests, *Science*, 2016, Vol. 354, No 6309. DOI: 10.1126/science.aaf8957.
- Litvinenko A. V., Bogdanova M. S., Karpechko V. A., Litvinova I. A., Filatov N. N., Vodnye resursy Karelii: osnovnyye problemy racional'nogo ispol'zovani-

- ja i ohrany (Water resources of Karelia: main problems of rational use and protection), *Trudy Karel'skogo nauchnogo centra Rossijskoj akademii nauk*, 2011, Vol. 4, pp. 12–20.
- Lukina N. V., Global'nye vyzovy i lesnye jekosistemy (Global challenges and forest ecosystems), *Vestnik Rossijskoj akademii nauk*, 2020, Vol. 90, No 6, pp. 528–532.
- Madlener R., Kowalski K., Stagl S., New ways for the integrated appraisal of national energy scenarios: the case of renewable energy use in Austria, *Energy policy*, 2007, Vol. 35, No 12, pp. 6060–6074.
- Madlener R., Kowalski K., Stagl S., New ways for the integrated appraisal of national energy scenarios: the case of renewable energy use in Austria, *Energy policy*, 2007, Vol. 35, No 12, pp. 6060–6074.
- Magnuszewski P., Sendzimir J., Kronenberg J., Conceptual modeling for adaptive environmental assessment and management in the Barycz Valley, Lower Silesia, Poland, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2005, Vol. 2, No 2, pp. 194–203.
- Messier C., Fortin M. J., Schmiegelow F., Doyon F., Cumming S. G., Kimmins J. P., Seely B., Welham C., Nelson J., Modeling tools to assess the sustainability of forest management scenarios / *Towards sustainable management of the boreal forest*, Ottawa, Ontario, Canada: NRC Research Press, 2003, pp. 531–580.
- Morán-Ordóñez A., Roces-Díaz J. V., Otsu K., Ameztegui A., Coll L., Lefevre F., Retana J., Brotons L., The use of scenarios and models to evaluate the future of nature values and ecosystem services in Mediterranean forests, *Regional Environmental Change*, 2019, Vol. 2, No 19, pp. 415–428.
- MEA: *Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-Being*, Washington, DC, USA: Island Press, 2005, Vol. 5, 155 p.
- Nakicenovic N., Swart R., *Emissions scenarios-special report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, UK, 2000, 612 p.
- NPS: *National Park Service. Using Scenarios to Explore Climate Change: A Handbook for Practitioners*, National Park Service Climate Change Response Program, Colorado: Fort Collins, 2013.
- OON 2020: *Doklad o Celjah v oblasti ustojchivogo razvitija* (UN 2020: Report on the Sustainable Development Goals), 2020, 68 p.
- Order FR, 2021, No 3052-r, from 20 October, Available at: <https://clck.ru/em-HLk> (2022, 28 February).
- Order FR, 2021, No 312-r, from 11 February, Available at: <https://clck.ru/pkehm> (2022, 28 February).
- Oteros-Rozas E., Martín-López B., Daw T., Bohensky E. L., Butler J., Hill R., ...,

- & Vilarly S., Participatory scenario planning in place-based social-ecological research: insights and experiences from 23 case studies, *Ecology and Society*, 2015, Vol. 20, No 4, 32 p.
- Pillkahn U., Technology intelligence: basis for a smart business strategies, *Futures Research Quarterly*, 2005, Vol. 21, pp. 5–17.
- Pillkahn U., *Using trends and scenarios as tools for strategy development: shaping the future of your enterprise*, John Wiley & Sons, 2008, 224 p.
- Podderzhka prinjatija reshenij po jekosistemnym uslugam lesov Evropy – opredelenie cennosti, sinergeticheskie jeffekty i kompromissy: otchet o NIR (promezhutoch.)* (Decision Support for Ecosystem Services of Europe's Forests – Valuation, Synergies and Trade-offs: Research Report (Interim) ruk. Lukina N. V. Moscow: CEPF RAS, 2019, 193 p.
- Porter M. E., *Competitive advantage: creating and sustaining superior performance*, New York, USA: Free Press, 1998. 558 p.
- Prognoz razvitija lesnogo sektora Rossijskoj Federacii do 2030 goda (Forecast of the development of the forest sector of the Russian Federation until 2030), *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 2012, 96 p.
- Prognozy social'no-ekonomicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii*, 2021, Available at: <https://clck.ru/Xvr4j> (2021, 25 October).
- Reed M. S., Graves A., Dandy N., Posthumus H., Hubacek K., Morris J., Prell C., Quinn C. H., Stringer L. C., Who's in and why? A typology of stakeholder analysis methods for natural resource management, *Journal of environmental management*, 2009, Vol. 90, No 5, pp. 1933–1949.
- Reed M. S., Kenter J., Bonn A., Broad K., Burt T. P., Fazey I. R., Fraser E. D. G., Hubacek K., Nainggolan D., Quinn C. H., Stringer L. C., Ravera F., Participatory scenario development for environmental management: a methodological framework illustrated with experience from the UK uplands, *Journal of Environmental Management*, 2013, Vol. 128, pp. 345–362.
- Renn O., Participatory processes for designing environmental policies, *Land use policy*, 2006, Vol. 23, No 1, pp. 34–43.
- Riahi K., Van Vuuren D. P., Kriegler E., Edmonds J., O'Neill B. C., Fujimori S., Bauer N., ..., & Tavoni M. The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview, *Global environmental change*, 2017, Vol. 42, pp. 153–168.
- Ritchey T., *Futures Studies using Morphological Analysis, Adapted from an Article for the Millennium Project: Futures Research Methodology Series, Version 3.0*, 2009, 14 p.

- Rounsevell M. D. A., Metzger M. J., Developing qualitative scenario storylines for environmental change assessment, *Advanced Review*, 2010, Vol. 1, No 4, pp. 606–619.
- Rowland E. L., Cross M. S., Hartmann H., *Considering Multiple Futures: Scenario Planning to Address Uncertainty in Natural Resource Conservation*, Washington, DC: US Fish and Wildlife Service, 2014, 172 p.
- Rozenberg A. G., *Ocenka i prognoznye scenarii izmenenij ekosistemnyh uslug dlya dostizheniya ustojchivogo razvitiya Samarskoj oblasti. Diss. ... kand. biol. nauk*, Tol'yatti: Institut ekologii Volzhskogo bassejna RAN, 163 p.
- Schmolke A., Thorbek P., DeAngelis D. L., Grimm V., Ecological models supporting environmental decision making: a strategy for the future, *Trends in ecology & evolution*, 2010, Vol. 25, No 8, pp. 479–486.
- Schoemaker P. J., Scenario planning: a tool for strategic thinking, *Sloan management review*, 1995, Vol. 36, No 2, p. 25.
- Schüll A. E., Schröter W., *Guideline for the performance of participatory scenario processes in INTEGRAL*, Unpublished report, 2013.
- Schwartz P., *The Art of the Long View: Planning for the Future in an Uncertain World*, New York: Currency Doubleday, 1996, 290 p.
- Scientific approach to second MAG meeting in Russia, SINCERE, *News*, 07.05.2019 Available at: <https://sincereforests.eu/scientific-approach-to-second-mag-meeting-in-russia/> (2022, 09 February).
- Seidl R., Eastaugh C. S., Kramer K., Maroschek M., Reyer C., Socha J., Vacchiano G., Zlatanov T., Hasenauer H., Scaling issues in forest ecosystem management and how to address them with models, *European Journal of Forest Research*, 2015, Vol. 132, No 5–6, pp. 653–666.
- Seidl R., Fernandes P. M., Fonseca T. F., Gillet F., Jönsson A. M., Merganičová K., Netherer S., Arpacı A., Bontemps J. D., Bugmann H., González-Olabarria J. R., Modelling natural disturbances in forest ecosystems: a review, *Ecological Modelling*, 2011, Vol. 222, No 4, pp. 903–924.
- Seppelt R., Dormann C. F., Eppink F. V., Lautenbach S., Schmidt S. A., Quantitative review of ecosystem service studies: approaches, shortcomings and the road ahead, *Journal of Applied Ecology*, 2011, Vol. 48, No 3, pp. 630–636.
- Shanin V. N., Komarov A. S., Bykhovets S. S., Simulation modelling for sustainable forest management: a case-study, *Procedia Environmental Sciences*, 2012, Vol. 13, pp. 535–549.
- Sheate W. R., Do Partidário M. R., Byron H., Bina O., Dagg S., Sustainability assessment of future scenarios: methodology and application to

- mountain areas of Europe, *Environmental management*, 2008, Vol. 41, No 2, pp. 282–299.
- Sheppard S. R. J., Meitner M., Using multi-criteria analysis and visualisation for sustainable forest management planning with stakeholder groups, *Forest ecology and management*, 2005, Vol. 207, No 1–2, pp. 171–187.
- Soliva R., Rønningen K., Bella I., Bezak P., Cooper T., Flø B. E., ..., & Potter C., Envisioning upland futures: Stakeholder responses to scenarios for Europe's mountain landscapes, *Journal of Rural Studies*, 2008, Vol. 24, No 1, pp. 56–71.
- State of Europe's Forests 2011. Status and Trends in Sustainable Forest Management in Europe*, UNECE, FAO, 2011, 173 p.
- Steinmüller K., Szenarien – Ein Methodenkomplex zwischen wissenschaftlichem Anspruch und zeitgeistiger Bricolage [in:] Reinhold Popp (Hg.): *Zukunft und Wissenschaft, Wege und Irrwege der Zukunftsforschung*, 2012, pp. 101–137.
- Sun X., Crittenden J. C., Li F., Lu Z., Dou X., Urban expansion simulation and the spatio-temporal changes of ecosystem services, a case study in Atlanta Metropolitan area, USA, *Science of the Total Environment*, 2018, No 622, pp. 974–987.
- Svidetel'stvo № 2020666245. RUF OSS – *programmnyj modul' integracii imitacionnyh modelej dlja ocenki vzaimodejstvij mezhdu lesnymi jekosistemnymi uslugami: programma dlja JeVM (RUF OSS – Software module for integrating simulation models for assessing interactions between forest ecosystem services: a computer program)* / S. I. Chumachenko, V. N. Shanin, E. M. Mitrofanov, S. V. Lebedev, P. V. Frolov, S. A. Kondrat'ev, M. V. Shmakova, N. V. Lukina, D. N. Teben'kova, L. G. Hanina, P. Ja. Grabarnik, O. G. Chertov, M. V. Bobrovskij (RU), Pravooblada- tel' CEPF RAS № 2020662086; zajavl. 12.10.2020. Opubl. 08.12.2020. 24 Kb.
- Teben'kova D. N., Lukina N. V., Kataev A. D., Gagarin Ju. N., Kuznecova A. I., Orlova M. A., Scenarnyj podhod k modelirovaniju razvitija lesnyh uchastkov, *Nauchnye osnovy ustojchivogo upravlenija lesami: Materialy III Vseross. (s mezhdunar. uchastiem) nauchnoj konferencii (g. Moskva, 30 oktjabrja – 1 nojabrja 2018 g.)*, (Scientific foundations of sustainable forest management: III All-Russian scientific conference with international participation), Moscow: CEPF RAS, 2018, pp. 173–174.
- Thompson A. A., Strickland A. J., *Crafting and implementing strategy: text and readings*, Chicago: Irwin, 1995.
- Tompkins E. L., Few R., Brown K., Scenario-based stakeholder engagement: incorporating stakeholders prefer-

- ences into coastal planning for climate change, *Journal of environmental management*, 2008, Vol. 88, No 4, pp. 1580–1592.
- Transforming our world: the 2030 agenda for sustainable development*, United Nations, 2015, 41 p.
- Traynham B., An Application of Event Tree Analysis to Ecological Systems: Understanding the Long Term Performance of Engineered Covers, *WM2010 Conference, March 7–11, Phoenix, AZ Session 32 Environmental Remediation Progress Toward Closure of Contaminated Sites*, pp. 1–14, Available at: <https://clck.ru/dP7gc> (2022, 28 February).
- Turner M. G., Gardner R. H., *Landscape Ecology in Theory and Practice*, New York: Pattern and Process Springer, 2015, 499 p.
- Van den Belt M., *Mediated modeling: a system dynamics approach to environmental consensus building*, Washington, DC: Island Press, 2004, 363 p.
- Van der Heijden K., *Scenarios: the art of strategic conversation*, John Wiley & Sons, 1996, 384 p.
- Van Notten P. W. F., Rotmans J., Van Asselt M. B., Rothman D. S., An updated scenario typology, *Futures*, 2003, Vol. 35, No 5, pp. 423–443.
- Van Oosten C., Restoring landscapes – Governing place: A learning approach to forest landscape restoration, *Journal of sustainable forestry*, 2017, Vol. 32, No 7, pp. 659–676.
- Van Vuuren D. P., Kok M., Lucas P. L., Prins A. G., Alkemade R., Van der Berg M., Bouwman L., Van der Esch S., Jeuken M., Kram T., Stehfest E., Pathways to achieve a set of ambitious global sustainability objectives by 2050: explorations using the IMAGE integrated assessment model, *Technological Forecasting and Social Change*, 2015, Vol. 98, pp. 303–323.
- Virapongse A., Brooks S., Metcalf E. C., Zedalis M., Gosz J., Kliskey A., Alessa L., A social-ecological systems approach for environmental management, *Journal of Environmental Management*, 2016, Vol. 178, pp. 83–91.
- Volkery A., Ribeiro T., Scenario planning in public policy: understanding use, impacts and the role of institutional context factors, *Technological Forecasting and Social Change*, 2009, Vol. 76, pp. 1198–1207.
- Von Reibnitz U., *Szenarien-Optionen für die Zukunft*, McGraw-Hill, 1987.
- Vorob'ev D. V., *Tipy lesov Evropejskoj chasti SSSR (Forest types discovered parts of the USSR)*, Kiev: Izd-vo AN USSR, 1953, 452 p.
- Vtoroj ocenochnyj doklad Rosgidrometa ob izmenenijah klimata i ih posledstvijah na territorii Rossijskoj Federacii (The second assessment report of Roshydromet on climate change and its*

- consequences on the territory of the Russian Federation), Moscow: Rosgidromet, 2014, 1009 p.
- Wikström P., Edenius L., Elfving B., Eriksson L. O., Lämås T., Sonesson J., Öhman K., Wallerman J., Waller C., Klinteback F., The Heureka forestry decision support system: an overview, *International journal of mathematical and computational forestry & natural-resource sciences*, 2011, Vol. 3, No 2, pp. 87–95.
- Wilms F. E. P. *Szenariotechnik: Vom Umgang mit der Zukunft*, Bern, Stuttgart, Wien: Haupt, 2006.
- Wollenberg E., Edmunds D., Buck L., Using scenarios to make decisions about the future: anticipatory learning for the adaptive co-management of community forests, *Landscape and Urban Planning*, 2000, Vol. 47, No 1, pp. 65–77.
- Zamolodchikov D. G., Grabovskij V. I., Prognoznye ocenki lesnyh stokov na period do 2050 goda i vklad lesnogo sektora v objazatel'stva Rossijskoj Federacii po novomu klimaticheskomu soglasheniju (Forecast estimates of forest flows for the period up to 2050 and the contribution of the forest sector to the obligations of the Russian Federation under the new climate agreement), *Ispol'zovanie i ohrana prirodnyh resursov v Rossii*, 2014, No 3, pp. 23–27.
- Zarandian A., Baral H., Stork N. E., Ling M. A., Yavari A. R., Jafari H. R., Amirnejad H., Modeling of ecosystem services informs spatial planning in lands adjacent to the Sarvelat and Javaherdasht protected area in northern Iran, *Land Use Policy*, 2017, No 61, pp. 487–500.

## SCENARIO DEVELOPMENT FOR THE FORESTS ECOSYSTEM SERVICES IMITATION MODELLING

D. N. Tebenkova<sup>1\*</sup>, N. V. Lukina<sup>1</sup>, A. D. Kataev<sup>1</sup>, S. I. Chumachenko<sup>2</sup>,  
V. V. Kiselyova<sup>2</sup>, A. A. Kolycheva<sup>1</sup>, V. N. Shanin<sup>1,3,4</sup>,  
Yu. N. Gagarin<sup>1</sup>, A. I. Kuznetsova<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Center for Forest Ecology and Productivity of the RAS  
Profsoyuznaya st. 84/32 bldg. 14, Moscow, 117997, Russia

<sup>2</sup>Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi Branch  
1st Institutskaya st. 1, Mytishchi, Moscow Oblast 141005 Russia

<sup>3</sup>Institute of Physicochemical and Biological Problems of Soil Science of the RAS,  
Institutskaya st. 2, Pushchino, Moscow Oblast 142290, Russia

<sup>4</sup>Institute of Mathematical Problems of Biology of the RAS – the Branch of Keldysh Institute  
of Applied Mathematics of the RAS  
Institutskaya st. 4, Pushchino, Moscow Oblast, 142290, Russia

\* E-mail: tebenkova.dn@gmail.com

Received: 22.12.2021

Revised: 22.02.2022

Accepted: 28.02.2022

Sustainable forest management implies the necessity to maintain and uphold balance between the growing demand for the forest ecosystem services (ES) and capabilities present. This issue motivates the development of ways to include various ES into the forest ecosystems planning and management system, taking into account social, political, environmental and economic contexts. One of the effective tools for the ES management is imitation modeling, which allows assessing the decision-making risks and consequences. This raises the scientific problem of substantiating possible alternative scenarios for the future forest area development for subsequent simulation.

This article is aimed at analyzing the approaches to creating scenarios for the development of a forest area for the local level imitation modelling and testing a new method based on the development of the existing approaches to solving this problem. In its first part, modern research analysis in the field of imitation scenarios development is presented; the second one proposes a new scenarios' compiling method, created within the framework of the POLYFORES project, and also presents the results of its testing at three model sites located in the Nizhny Novgorod region, the Republic of Karelia and the Moscow region. For the forest plots of the Nizhny Novgorod region, four scenarios for the forest area development have been created, aimed at obtaining benefits: 1 – from timber harvesting, 2 – from recreational ES and food forest resources, 3 – from regulating ES, 4 – both from timber harvesting, under the conditions of intensified forest growing, and from regulatory ES. For forest plots in the Republic of Karelia, the first scenario describes the situation of meeting the demand for wood, while also preserving the biodiversity and regulating ES, the second and third scenarios take into account the increased demand for wood, with low and high priorities for environmental conservation. For the forest plots of the Moscow region, only two scenarios were relevant, with the increasing need of citizens for recreational ES, and the biodiversity preservation priority in management decisions making either remaining low or increasing. For each scenario, forestry activities corresponding to the objectives of management have been developed. The proposed scenarios can be used to obtain information about the various management decisions impact on the forest ES supply.

**Key words:** scenario, forest ecosystem services, key factors, forestry regimes, European part of Russia

**Рецензент:** к. с.-х. н. Добровольский А. А.



Приложение А

Глоссарий ключевых факторов

№	Название	Определение	Идентификатор	Эмпирическая информация	Почему актуально?	Источники
<b>Экономические</b>						
1	Рынок лесного туризма	Это система экономических отношений между продавцом и покупателем рекреационных услуг/товаров лесных экосистем	В объектах идентифицируется при наличии баз отдыха, аренды леса с целью рекреации, предпринимательской деятельности по предоставлению услуг для отдыха населения (экологические тропы, трековые маршруты, сплавы по рекам)	На объекте в Данковском лесничестве существуют базы отдыха в лесу. По состоянию на 01.01.2015 фактическая площадь лесов, переданных для использования в рекреационных целях в Московской области, составляет 5445.5 га. Объект исследования Нижегородской области находится в аренде у конного клуба «Серая лошадь», предоставляющего рекреационные услуги. Здесь присутствуют конные и трекинговые маршруты, находятся их стоянки. Проводится спортивная охота. На объекте исследования в Республике Карелия расположено несколько баз отдыха. Базы расположены в лесу для ощущения единения с природой. Предоставляются услуги рыбалки, охоты, трекинга на снегоходах и квадроциклах	Получение дохода мотивирует/направляет людей к определённому ведению лесного хозяйства	Атрощенко и Дмитриева, 2018
2	Рынок древесины	Это система экономических отношений между продавцом и покупателем древесных ресурсов леса	Фактор является ключевым в случае заготовки древесины на территории объекта исследования с целью ее продажи лесоперерабатывающим предприятиям или местному населению. Идентифицируется при передаче лесного участка в аренду в целях заготовки древесины	Вся территория объекта в Нижегородской области передана в аренду конному клубу «Серая лошадь» в целях заготовки древесины. Арендатор заготавливает древесину для ее продажи лесопильному предприятию. На территории лесных участков в Республике Карелия действует несколько арендаторов, которые заготавливают древесину для продажи в лесопильные, фанерные цеха, для строительства деревянных домов	Заготовка древесины в лесных районах России является одним из основных источников дохода населения, поэтому изменения рынка древесины определяют поведение арендаторов	

№	Название	Определение	Идентификатор	Эмпирическая информация	Почему актуально?	Источники
<b>Экономические</b>						
3	Рынок недревесной продукции леса	Это система экономических отношений между продавцом и покупателем недревесных ресурсов леса	Индикаторы: наличие перерабатывающих недревесные продукты предприятий; сезонные пункты приема грибов, ягод. Идентифицируется при передаче лесного участка в аренду для сбора недревесных лесных ресурсов, заготовки пищевых лесных ресурсов и сбора лекарственных растений	Местное население на объектах исследования Нижегородской области и Республики Карелия сдает грибы и ягоды в пункты приема. В Республике Карелия был принят двухлетний план по развитию «ягодно-грибной» экономики, где фирмой «Карелесопродукт» построено перерабатывающее предприятие. Часть территории объекта исследования в Нижегородской области передана в аренду для заготовки живицы	В лесных районах сбор грибов и ягод — это значимый источник дохода местного населения. Он может достигать до 10% от суммарного дохода семьи	Дмитриева и др., 2009. Тихонова, 2011
4	Рынок биоэнергетики, бумаги и целлюлозы	Это экономические отношения, возникающие при купле-продаже древесины даже древесной биомассы для производства пеллет/брикетов и целлюлозно-бумажной продукции	Заготовка древесины для производства целлюлозно-бумажной продукции и пеллет. Продажа отходов для производства пеллет	Арендаторы на территории объекта в Республике Карелия поставляют древесину на предприятия по производству бумаги. В настоящее время обсуждается строительство заводов по производству пеллет	Ценовая политика предприятий по производству пеллет и бумаги влияет на поведение арендаторов	
5	Стоимость аренды участка	Ставки платы за единицу объема лесных ресурсов и ставки платы за единицу площади лесного участка	Наличие переданных в аренду лесных участков, заготовка древесины при краткосрочном пользовании	Арендаторы на территориях всех объектов оплачивают аренду лесных участков, стоимость которой зависит от ставок платы за единицу пользования лесным ресурсом и повышающих коэффициентов, ежегодно принимаемых Правительством Российской Федерации. Местное население покупает древесину с учетом ставок платы	От размера арендной платы зависит возможность арендатора вести свою деятельность на территории тематического исследования	Постановление Правительства РФ от 22.05.2007 № 310 с изменениями

№	Название	Определение	Идентификатор	Эмпирическая информация	Почему актуально?	Источники
<b>Экологические</b>						
1	Защита воды и воздуха	Регуляция лесными посадками качества питьевой и количественного состава воды и воздуха	Наличие зеленых зон вокруг населенных пунктов, лесов, расположенных в водоохраных зонах, лесов, расположенных в первом и втором поясах зон санитарной охраны источников питьевого и хозяйственно-бытового водоснабжения, противозерозионных лесов, защитных полос леса, расположенных вдоль водных объектов	Леса объекта в Московской области являются зеленой зоной г. Серпухов. Часть лесов объекта в Республике Карелия расположены непосредственно рядом с реками и озерами, а также с г. Петрозаводск. Основная задача таких лесов — очистка стратегических водных ресурсов городов и воздуха от загрязнения	От качества выполнения защитных функций зависит управление лесами на данной территории	
2	Защита видов, их местобитаний и экосистемных функций	Явление, при котором лес является хранителем и поставщиком биоразнообразия, формирует условия местообитания живых организмов, в том числе человека, а также обеспечивает выполнение экосистемных функций	Основополагающий фактор во всех лесах за исключением промышленных плантаций. Выделение защитных лесов, ОЗУ	Во всех объектах выделяются защитные леса и ОЗУ	Биоразнообразие — основа выполнения лесом его целевого назначения, всех экосистемных функций и услуг	Статья 102 ЛК РФ

№	Название	Определение	Идентификатор	Эмпирическая информация	Почему актуально?	Источники
<b>Экологические</b>						
3	Пожары и лесные катастрофы	Лесные пожары, вспышки массового размножения вредных организмов, включая насекомых и грибные заболевания	Наличие очагов пожаров на территории исследования в прошлом, вспышек численности вредных организмов	На территории всех объектов зафиксированы лесные пожары и вспышки массового размножения вредных организмов. Арендаторы проводят меры по защите лесов от пожаров и вредных организмов	Пожары, насекомые, грибы, бактерии и др. влияют на качественный и количественный состав лесов, а следовательно, на их устойчивость, биоразнообразие и выполнение ими экосистемных функций, влияют на лесное управление	Глава 3, 3.1 ЛК РФ
<b>Социальные</b>						
1	Строительство на землях лесного фонда	Уничтожение лесов при застройке и прокладке коммуникаций	Строительство на землях лесного фонда, сопровождающееся рубкой лесных насаждений	Площадь выявленной застройки лесных участков в лесопарковом защитном поясе Москвы составила 8 тыс. га (4.9% от площади лесопаркового защитного пояса). Проект Лесного плана Московской области предусматривает массовую застройку лесов ближнего Подмосковья	Строительство на землях лесного фонда приводит к уничтожению лесов, увеличению нагрузки на лесные экосистемы, изменению инфраструктуры лесного участка	Савватеева и Горячева, 2017; Лесной форум..., 2008

№	Название	Определение	Идентификатор	Эмпирическая информация	Почему актуально?	Источники
<b>Социальные</b>						
2	Отдых населения	Право граждан на свободное пребывание в лесах с целью отдыха	Ограничение доступа к лесным участкам, ранее используемым для отдыха, включая ограничение взятых в аренду лесных участков и затруднение доступа граждан к находящимся в общественном пользовании лесным участкам	Площадь доступных и пригодных для рекреационного использования лесов лесопаркового защитного пояса Москвы, приходящаяся на каждого реального жителя Московской агломерации, сокращается более чем на 3,5–4% в год	Ограничения использования лесов пере-распределяют антропогенную нагрузку на лесные экосистемы, меняя их характеристики	Ст. 11 ЛК РФ Ярошенко, 2018
3	Нагрузка от городских поселений	Прямое и косвенное влияние городского населения на выполнение лесными экосистемами средообразующих функций	Изменение численности городского населения	Средняя плотность населения Московской области – 139 жителей на 1 кв. км, что более чем в 16 раз выше средней плотности в стране. Численность населения Подмосковья увеличивается примерно на 1% в год	Численность городского населения определяет размеры зеленой зоны вокруг городов, предназначенной для создания благоприятной окружающей среды. В условиях роста населения городов и промышленных центров усиливается стремление людей к отдыху в лесу	Атрошенко и Дмитриева, 2018; Первый лесопромышленный портал... 2017

№	Название	Определение	Идентификатор	Эмпирическая информация	Почему актуально?	Источники
<b>Социальные</b>						
4	Недревесная продукция леса	Право граждан осуществлять заготовку и сбор дикорастущих плодов, ягод, орехов, грибов для собственных нужд	Ограничение доступа местного населения к лесным участкам, ранее используемым для заготовки и сбора дикорастущих плодов, ягод, орехов, грибов. Идентифицируется при аренде лесного участка с целью, несовместимой с заготовкой недревесных лесных ресурсов, или при ограничении арендатором доступа местному населению к лесному участку	На территории объектов в Нижегородской области и в Республике Карелия местное население в летний период занимается заготовкой грибов, ягод для пропитания в холодное время года	В лесных районах сбор грибов и ягод – это деятельность, необходимая для обеспечения продовольственного самообеспечения граждан. Он может достигать до 70% от обеспеченности продуктами семьи. Режим лесопользования участком напрямую влияет на его доступность	Ст. 11 ЛК РФ, Тихонова 2011
5	Древесина для местных жителей	Заготовка древесины гражданами для собственных нужд	Идентифицируется в сельской местности с преобладанием дровяного отопления домов и деревянного домостроения	На территории объектов в Нижегородской области и в Республике Карелия местное население использует дровяное отопление дома/бани, использует бревна для строительства домов и дворовых построек. При передаче лесных участков в аренду с целью заготовки древесины местные жители вынуждены покупать дрова/бревна/пиломатериал у арендатора по более высокой цене	В сельской местности наличие дров является лимитирующим фактором выживания местного населения. Это влияет на дальнейшее развитие села	

№	Название	Определение	Идентификатор	Эмпирическая информация	Почему актуально?	Источники
<b>Социальные</b>						
6	Монополизация лесопользования государственными органами власти, бюрократизация	Явление передачи/захвата полномочий по принятию управленческих решений органами федеральной власти	Леса находятся главным образом в федеральной собственности и управляются централизованным лесным ведомством. Основные полномочия по принятию управленческих решений сосредоточены в органах федеральной власти	Несмотря на то, что Лесной кодекс 2006 года передал основные полномочия в сфере лесных отношений органам государственной власти субъектов Российской Федерации и возложил ответственность за ведение лесного хозяйства на арендованных землях лесного фонда на арендаторов, реальная власть и полномочия органов по управлению лесными ресурсами на региональном или местном уровне оказываются менее значительными по сравнению с властью и полномочиями федеральных правительственных ведомств. Вероятно, это происходит вследствие высокой бюрократизации	Принятие управленческих решений напрямую влияет на развитие территории тематических исследований	
<b>Политические</b>						
1	Законы и регулирование	Нормативно-правовые акты, обладающие наивысшей юридической силой, содержащие обязательные правила поведения и нормы, а также регулирующие наиболее важные общественные отношения	Наличие действующих нормативно-правовых актов, регулирующих лесохозяйственную деятельность	На территории всех тематических исследований действуют законы федерального уровня, уровня субъекта Российской Федерации. Установлены важнейшие нормативы по ведению лесного хозяйства: деление лесов по целевому назначению, организационно-технические нормативы использования лесов, правила передачи лесных участков в долгосрочное, краткосрочное пользование и правила лесовосстановления, охраны и защиты лесов и др.	Законы определяют лимиты, нормативы схемы взаимодействия при использовании лесных участков	

№	Название	Определение	Идентификатор	Эмпирическая информация	Почему актуально?	Источники
<b>Политические</b>						
2	Планы лесного управления	Система мероприятий по использованию, охране, защите и воспроизводству лесов	Наличие действующих документов планирования	На территории всех объектов действуют документы лесного планирования (Лесной план субъектов РФ, Лесохозяйственные регламенты лесничеств, Проекты освоения лесов). К тому же территория Данковского лесничества входит в область действия Лесного плана Московской области. Она включена в Схему территориального планирования Московской области, утвержденной Постановлением Правительства Московской области от 11.06.2007 г. № 517/23	Лесное планирование — это инструмент достижения поставленных целей при использовании лесного участка. Целеполагание при использовании лесов определяет направление развития территории	Ст. 85 ЛК РФ
<b>Технологические</b>						
1	Сеть лесных дорог	Сеть лесных дорог, включая дорожную инфраструктуру	Отсутствие лесных дорог	На территории объекта в Республике Карелия плотность лесных дорог в 3,3–5 раз ниже, чем в Финляндии	Наличие дорог обуславливает доступность лесных ресурсов и является одним из факторов эффективности использования лесов	Степанов и Петров, 2014
2	Технологии переработки древесины, биогетерики и производства бумаги	Технологии, используемые при лесопереработке, производстве пеллет и целлюлозно-бумажной продукции	Заготовка древесины для производства товаров из древесины, целлюлозно-бумажной продукции и пеллет. Продажа отходов для производства пеллет	Арендаторы на территории объекта исследования в Нижегородской области и в Республике Карелия продают древесину на предприятия по переработке древесины, производству пеллет и бумаги	Технологии производства пеллет из древесины — пеллет и бумаги — влияют на потребность в сырье, следовательно, на интенсивность использования лесных участков	



## Литература

- Атросченко Л. А., Дмитриева О. В.* Эффективность использования лесов Подмоскovie. URL: <http://mguu.ru/images/publications/atroschenko-dmitrieva-podmoskovie.pdf>. Дата обращения 13.04.18.
- Дмитриева Т. Е., Максимов А. А., Хохлов Н. А.* Недревесное лесопользование в Республике Коми: потенциал и проблемы формирования // География и природные ресурсы. 2009. № 4. С. 139–144.
- Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006 № 200-ФЗ (ред. от 30.12.2021) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2022). URL: <https://clck.ru/GdQci> Дата обращения 03.03.22.
- Лесной форум Гринпис России, 2008. URL: <http://www.wood.ru/ru/lonewsid-24721.html>. Дата обращения 13.12.21.
- Первый лесопромышленный портал. 2017. Портал лесной отрасли WOOD.RU, 2017. URL: <https://www.wood.ru/> Дата обращения 13.12.21.
- Постановление Правительства РФ от 22.05.2007 № 310 с изменениями. URL: <https://clck.ru/YzoE7>. Дата обращения 15.12.21.
- Савватеева О. А., Горячева Я. А.* Экологические проблемы лесов Подмоскovie. 2017. URL: <https://www.scienceforum.ru/2017/pdf/34642.pdf>. Дата обращения 13.12.21.
- Степанов А. В., Петров А. Н.* Анализ сети лесовозных дорог республики Карелия // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. Биологические науки. 2014. Т. 2. № 8 (145). С. 78–81.
- Тихонова Т. В.* Социально-экономическая оценка особо охраняемых природных территорий (на примере заказников Республики Коми) // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2011. Т. 14. № 2. С. 144–157.
- Ярошенко А. Ю.* Что угрожает лесам Подмоскovie. URL: <http://www.wood.ru/ru/loa753.html>. Дата обращения 13.12.21.

**ОПИСАНИЕ ПОЛИТИЧЕСКИХ  
СЦЕНАРИЕВ****1. Объект в Нижегородской  
области***Сценарий 1. Текущая ситуация*

Главная идея сценария заключается в получении максимальной выгоды от добычи древесной биомассы при минимизации затрат на восстановление окружающей среды. В этом сценарии лес рассматривается исключительно как источник древесины. Традиционно он используется для получения пиломатериалов — досок, брусьев, планок, баланса, фанерного кряжа, дров для местного населения, деревянного домостроения. Отмечается слабое использование древесных отходов и низкокачественной древесины для индустриальных целей. В основном они используются для отопления негазифицированных населенных пунктов района.

Зонирование территории по целевому назначению проводится согласно действующему законодательству. На территории выделяются эксплуатационные и защитные леса. Их доля составляет 45 и 55% соответственно. В эксплуатационных лесах разрешена коммерческая заготовка древесины с использованием сплошных рубок, в защитных — с использованием выборочных рубок.

Высокий уровень потребления древесины стимулирует ее интенсивную добычу. Практикуется экстенсивный путь развития лесного хозяйства за счет увеличения площадей рубки. Освоение удаленных участков леса происходит за счет строительства лесовозных дорог к новым лесным массивам, еще не освоенным, и прочей лесной инфраструктуры, а также за счет промышленной заготовки древесины в защитных лесах. При этом древесина имеет низкую стоимость из-за отсутствия технологий и производственных мощностей для ее глубокой переработки. Цены на древесную продукцию из-за этого невысоки.

Рынок «недревесных» ЭУ лесов слабо развит.

Регулирующие ЭУ практически не учитываются и не регулируются государством, за исключением водозащитных и почвозащитных свойств леса. В Лесном кодексе выделяются 5 категорий защитности лесов, в лесах любого целевого назначения могут быть выделены ОЗУ, где ограничен режим лесопользования.

Заготовка грибов и ягод, охота являются мало доходным предприятием. Отсутствует скоординированная система заготовительных предприятий. Фи-

нансирование осуществляется по остаточному принципу. Заготовка грибов и ягод, охотничье хозяйство экстенсивно и малопродуктивно.

В отношении рекреационных ЭУ стратегические государственные установки отсутствуют. Отмечается недостаточный объем финансирования лесной рекреации и туризма с целью привлечения средств на развитие направления.

Таким образом, «недревесные» ЭУ не являются средством получения дохода. Они являются сдерживающим фактором для вовлечения новых площадей в рубку, т. к. большинство из них находятся в конфликте с ЭУ — обеспечение древесиной.

Лесовосстановление преимущественно за счет естественного зарастания, т. к. оно менее затратно.

### *Сценарий 2. Многоцелевое лесопользование через сегрегацию*

Основная идея сценария — получение прибыли от леса в условиях снижения потребления древесины за счет выгод от заготовки недревесной продукции и культурных услуг, главным образом за счет рекреации и туризма, включая охоту.

В этом сценарии предполагается, что потребность в древесине и, соответственно, ее заготовка снижается. Это происходит за счет ее высокотехнологичной глубокой переработки.

При этом в переработку вовлечены отходы лесозаготовки, вторичное сырье, низколиквидная древесина. Цены на товары из древесины невысоки из-за низкого спроса на них.

Ожидается, что из-за снижения роли леса как источника древесины возрастет ценность культурных ЭУ, связанных с туризмом и рекреацией: спортивная охота, рыбалка, кемпинги, базы отдыха, конные прогулки. Активно развивается инфраструктура. Для развития туризма и рекреации строятся дороги, базы отдыха, места для кемпинга. В таком случае цель лесохозяйственной деятельности — это повышение рекреационной привлекательности территории за счет ландшафтных рубок, проектирование территорий для отдыха, уборки сухостоя и валежа.

Повышение доступности территории и, как следствие, увеличение объемов заготовки недревесных продуктов леса стимулирует развитие рынка дикоросов. К ним относятся грибы, ягоды, березовый сок, семена, орехи и лекарственные растения. Появляются места централизованного сбора недревесного сырья и предприятия по переработке. Вводятся лицензии или налоги на сбор дикоросов. Для поддержания производственных мощностей перерабатывающих предприятий создаются «резервные» источники сырья — участки леса, где рубки способствуют росту необходимых дикоросов.

Создается единая, комплексная организационная основа охотничьего хозяйства.

Создаются кластеры возобновляемых лесных ресурсов, в состав которых входят лесохозяйственные предприятия, охотничьи объединения, заготовительные компании.

Происходит зонирование территории для удовлетворения потребности в древесине, рекреационных ЭУ, недревесных пищевых ресурсах леса. Использование леса для целей рекреации и туризма не находится в конфликте с заготовкой недревесной продукции. Прослеживается синергия между этими ЭУ вследствие увеличения доступности лесов.

Регулирующие ЭУ не приносят дохода. Они выступают в качестве ограничения для использования территории.

Преобладает естественное восстановление лесов с ориентацией на формирование леса с заданными параметрами.

### *Сценарий 3. Экологические ЛЭУ*

Основная идея этого сценария заключается в минимизации вреда окружающей среде для лучшего выполнения лесами регулирующих и поддерживающих ЭУ. В этом случае политика направлена на обеспечение экологической безопасности страны, в том числе защищенности населения и объектов экономики от негативного воздей-

ствия изменения климата. Осознание ценности регулирующих ЭУ для общества привело к переориентации получения выгод от заготовки древесины к получению выгод от экологических услуг (депонирование углерода, регулирование водного стока, почвенного плодородия, защита от природных катастроф).

Ожидается развитие малоотходных технологических процессов. В производственные циклы будет вовлечена низкотоварная древесина, вторичное сырье, отходы лесозаготовки. В этой связи снижается потребность в лесозаготовках. Тем не менее, высокий спрос на экологичные товары из древесной биомассы и популярность экологического имиджа предприятий обуславливает высокие цены на продукцию из древесной биомассы.

Общество получает выгоды от улучшения качества окружающей среды – кооперационные бонусы, за которые готово платить. Арендаторы лесов целенаправленно сохраняют качество окружающей среды через проведение специальных мер по восстановлению/поддержанию лесов или отказа от своей деятельности в пользу сохранения ландшафта. Общество готово компенсировать арендатору затраты на поддержание ЭУ или упущенную прибыль от неиспользования лесных ресурсов. При этом государство создает финансово устойчивый механизм, гаранти-

рующий долговременное поступление средств для выплат арендатору – это могут быть налоговые поступления, плата за пользование лесным участком (например, за вход на ООПТ), субсидии местных и региональных бюджетов, гранты международных НКО и фондов и пр. Таким образом, подход к финансированию сохранения биоразнообразия принципиально изменится. Новый подход базируется не на наказании лиц, наносящих вред природе (штрафы, санкции, налоги), а на поощрении ее сохранения (субсидии, налоговые послабления, льготы).

Антропогенно не преобразованные ландшафты / восстановленные природные территории становятся объектом экологического туризма, который не нарушает целостность экосистем и ставит себе целью изучение, наслаждение природой и этнокультурными достопримечательностями. Получение доходов от такой туристической деятельности создает экономические стимулы к охране природы. Развитие экотуризма сопровождается развитием туристической инфраструктуры, созданием сети национальных парков и охотничьих хозяйств, введением особого природоохранного режима эксплуатации лесов.

Следуя парадигме щадящей эксплуатации лесов, в лесохозяйственной практике используются выборочные рубки лесных насаждений, которые

полностью удовлетворяют потребность общества в древесине. Используется естественный потенциал восстановления лесов. Также приняты меры по снижению рисков возникновения лесных пожаров, вспышек численности насекомых-фитофагов и фитопатогенных грибов.

#### Сценарий 4. Биоэкономика

Главная цель ведения лесного хозяйства в этом сценарии – устойчивое обеспечение древесиной при сохранении баланса между всеми экосистемными услугами леса. Переход от добычи древесины к ее производству. Он предполагает увеличение продуктивности вторичных лесов уже освоенных регионов путем применения системы научно обоснованных и адаптированных к местным условиям методов рубок, лесовосстановления, ухода за лесом, а также долгосрочное планирование использования лесного участка. При этом обязательным условием является сохранение биоразнообразия и экологических ЭУ.

Предполагается, что процессы глобализации породили новые проблемы (изменение климата, потеря биоразнообразия, топливный, продовольственный, водный кризисы), поэтому в производственной сфере основополагающей стала концепция экологизации экономики в контексте устойчивого развития. Это обуславливает высокий

уровень спроса и потребления древесины, который удовлетворяется за счет использования в качестве сырья низкотоварной древесины, отходов лесопильных и деревоперерабатывающих производств, вторичного сырья. Технологические процессы характеризуются переходом к глубокой переработке древесного сырья с получением продуктов с высокой добавленной стоимостью; древесная биомасса используется для производства новых товаров; развивается деревянное домостроение. Цены на товары из древесины высоки.

Для сохранения баланса между заготовкой древесины и обеспечением другими ЭУ лесной участок делится на эксплуатационные, защитные леса и леса дикой природы (неуправляемые леса). Главная цель управления в эксплуатационных лесах — многоцелевое лесопользование для максимально эффективного получения высококачественной древесины, недревесных лесных продуктов при сохранении баланса между экосистемными услугами. К защитным лесам относятся леса, главной целью которых является формирование благоприятной окружающей среды; охрана водных объектов, почв, защита природных, экономических и социальных объектов, в т. ч. к ним относятся леса общего пользования для рекреационных и туристических целей. К лесам дикой природы относятся недоступные для экономиче-

ского использования и малонарушенные лесные территории, сохранившие высокую природоохранную ценность.

Регулирующие и поддерживающие ЭУ активно вовлечены в экономический оборот. Предполагается, что для их выполнения выделены защитные леса и леса дикой природы, в которых введен специальный режим лесопользования. Для получения постоянной прибыли в условиях ограниченности территории и методов лесопользования правительством разработан комплекс политических инструментов, который включает как административно-правовое принуждение (запретительные, ограничительные и карательные меры), так и стимулирующие меры по сохранению окружающей среды. Таким образом обеспечивается освоение потенциала малоценных лесов. Этот курс меняет сам характер экономического развития, направляя потоки государственного и частного капиталов на развитие экономической устойчивости как средство решения экологических проблем.

Лесовосстановление проводится в зависимости от зоны. В эксплуатационной зоне цель лесовосстановления — ускоренное выращивание древесины с заданными качествами, поэтому здесь проводится интенсивное лесовосстановление с использованием улучшенного посадочного материала, посадка лесных плантаций. В зоне защитных

лесов проводится естественное лесовосстановление для поддержания естественных сукцессионных процессов.

## 2. **Объект в Московской области**

### *Сценарий 1. Текущая ситуация*

Главная цель — удовлетворение граждан в культурных ЭУ лесов. Процессы урбанизации в Центральной России приводят к возрастающему спросу на культурные ЛЭУ. Это стимулирует создание туристической инфраструктуры: баз отдыха, дорожной сети, сопутствующих коммуникаций. Лес используется в большей степени для отдыха населения от городской среды. Это относится и к стихийной рекреации. Увеличение доступности и освоенности территории приводит к увеличению сбора грибов и ягод, но не в целях пропитания, а в качестве прогулочного отдыха. Рубка лесных насаждений проводится для индивидуального жилищного строительства, строительства линейных объектов, а также проводятся рубки формирования для увеличения эстетической ценности ландшафта. Срубаемая древесина вывозится с лесного участка и не перерабатывается. Новые лесоперерабатывающие предприятия не строятся. В целом природный ландшафт превращается в антропогенный. Обеспечение

регулирующими ЭУ не налажено и носит в большей степени обременительный характер.

### *Сценарий 2. Многоцелевое лесопользование через сегрегацию*

Основная идея сценария заключается в удовлетворении спроса на культурные ЛЭУ при условии сохранения окружающей среды. Это достигается за счет административного регулирования, в том числе территориального проектирования системы расселения населения с учетом рационального взаимодействия человека и природы, а также распределения лесов по их целевому назначению. В этом сценарии возрастает роль климатической политики, где лес является основным поглотителем и хранителем углерода. Вводится режим ограничения доступа к лесному участку. Взымается плата за пользование культурными и регулирующими ЛЭУ. Лесовладельцы получают доход не только от предоставления рекреационных услуг, но и от сохранения природных ландшафтов благодаря стимулированию этой деятельности государством за счет комплекса поощрительных мер, включая компенсационные выплаты. Заготовка древесины носит побочный характер, поэтому развитие лесоперерабатывающих предприятий не наблюдается.

### 3. *Объект в Республике Карелия*

#### *Сценарий 1. Текущая ситуация*

Главная идея сценария заключается в получении максимальной выгоды от добычи древесной биомассы при минимизации затрат на восстановление окружающей среды. В этом сценарии лес рассматривается исключительно как источник древесины. Традиционно он используется для получения пиломатериалов — досок, брусьев, планок, баланса, фанерного кряжа, дров для местного населения, деревянного домостроения. Отмечается слабое использование древесных отходов и низкокачественной древесины для индустриальных целей. В основном они используются для отопления негазифицированных населенных пунктов района. Цены на древесину низкие из-за нехватки технологий и производственных мощностей для ее качественной обработки. Экологические ЛЭУ не считаются источником прибыли. Существует система защитных лесов, где ограничен режим лесопользования с целью сохранения биоразнообразия и защитных функций лесов. Они являются более ограничивающими факторами для вовлечения новых районов в коммерческую заготовку древесины, поскольку большинство из них находятся в конфликте с заготовкой древесины. Получение дохода возможно от заготовки недревесных продуктов

и туризма, при этом рынок недревесных продуктов и рекреации находится на этапе становления, стихийный. Охрана окружающей среды происходит за счет низкой доступности частей лесного участка для заготовки древесины. Дорожная инфраструктура не развита. Культурные и регулирующие ЭУ лесов являются обременением.

#### *Сценарий 2. Интенсивное лесопользование*

Цель политики — максимальная прибыль от древесной биомассы. Переход от добычи древесины к ее производству. Он предполагает увеличение продуктивности вторичных лесов уже освоенных регионов путем применения системы научно обоснованных и адаптированных к местным условиям методов рубок, лесовосстановления, ухода за лесом, а также долгосрочное планирование использования лесного участка. Повышается доступность территории и, как следствие, увеличение объемов заготовки древесины. Регулирующие ЭУ не приносят дохода. Они выступают в качестве ограничения для использования территории. В этом сценарии увеличиваются цены на древесину. Это обусловлено, с одной стороны, большим спросом, с другой — большими затратами на лесовосстановление. В лесопромышленное производство вовлекаются отходы



и низкосортная древесина. Развиваются технологии глубокой переработки древесины.

### *Сценарий 3. Интенсивное лесное хозяйство*

Главная цель ведения лесного хозяйства в этом сценарии – устойчивое обеспечение древесиной при сохранении баланса между всеми экосистемными услугами леса. Регулирующие и поддерживающие ЛЭУ активно вовлечены в рыночные отношения. Роль Правительства в этом сценарии велика, т. к. оно определяет долгосрочное лесное планирование. К тому же оно разрабатывает комплекс политических инструментов, который включает административные и законодательные средства ограничения (запретительные, ограничительные и карательные

меры), а также стимулирующие средства, помогающие сохранить окружающую среду. Таким образом, государство стимулирует и использование древесины, и сохранение регулирующих и защитных ЛЭУ. Но в тоже время лесоправление проводится в рамках лесного планирования. Поддержание природной среды происходит за счет ограниченного вмешательства в естественные природные процессы. В этом сценарии растут цены на древесину. Это обусловлено большим спросом на нее и низкими темпами ее выращивания, т. к. при лесовыращивании работает принцип невмешательства в природные процессы. Развиваются технологии глубокой переработки древесины. Развивается дорожная инфраструктура. Усиливается использование недревесных продуктов и культурных ЛЭУ.

## Приложение В

Таблица 1. Лесохозяйственные сценарии для объекта в Нижегородской области

Показатель	Сценарий							Биоэкономика
	Текущая ситуация	Конный маршрут	Эксплуатационные леса	Ягодные места	Грибные места	Защитные леса	Экологические ЛЭУ	
Рубка спелых и перестойных лесных насаждений	Сплошные рубки в эксплуатационных лесах, двухприемная добровольно-выборочная рубка – в защитных. Освоение расчетной лесосеки – 87%*	Двухприемная добровольно-выборочная рубка. 1-й прием до полноты 0.5. Освоение расчетной лесосеки – 87%	Сплошная рубка. Освоение расчетной лесосеки – 95%	Двухприемная добровольно-выборочная рубка. 1-й прием до полноты 0.5. Освоение расчетной лесосеки – 87%	Трехприемная добровольно-выборочная рубка. 1-й прием до полноты 0.7, второй – 0.5. Освоение расчетной лесосеки – 87%	Двухприемная добровольно-выборочная рубка. Освоение расчетной лесосеки – 95%	В защитных лесах – двухприемная добровольно-выборочная рубка. Освоение расчетной лесосеки – 95%	Сплошные рубки в эксплуатационных лесах, двухприемная добровольно-выборочная рубка – в защитных. Освоение расчетной лесосеки – 95%
Рубки ухода	Проведение рубок ухода – 79% от планируемого. Целевые породы – сосна, ель	Проведение рубок ухода – 100% от планируемого. Целевые породы – сосна. Оптимальная полнота насаждения – 0.7	Проведение рубок ухода – 79% от планируемого. Целевые породы – сосна, ель	Проведение рубок ухода – 100% от планируемого. Целевая порода – сосна	Проведение рубок ухода – 100% от планируемого. Целевые породы – сосна, ель	Проведение рубок ухода – 79% от планируемого. Целевые породы – сосна, ель	В защитных лесах проведение рубок ухода – 100% от планируемого. Целевые породы – сосна, ель	Проведение рубок ухода – 100% от планируемого. Целевые породы – сосна, ель
Лесовосстановление	Искусственное – 60%, естественное – 40%*	Естественное зарращивание	Искусственное	Естественное зарращивание	Естественное зарращивание	Естественное зарращивание	Естественное зарращивание	В эксплуатационных лесах – искусственное, в защитных – естественное зарращивание

Показатель	Сценарий							Биоэкономика
	Текущая ситуация	Многоцелевое лесопользование через сегрегацию						
		Конный маршрут	Эксплуатационные леса	Ягодные места	Грибные места	Защитные леса	Экологические ЛЭУ	
Уборка порубочных остатков	Убираются с лесосеки	Убираются с лесосеки	Убираются с лесосеки	Убираются с лесосеки	Убираются с лесосеки	Убираются с лесосеки	Убираются с лесосеки	Остаются на лесосеке
Иное	—	—	—	—	—	—	Исключаем из пользования защитные леса (заповедный режим)	—

\* По данным Воскресенского лесничества.

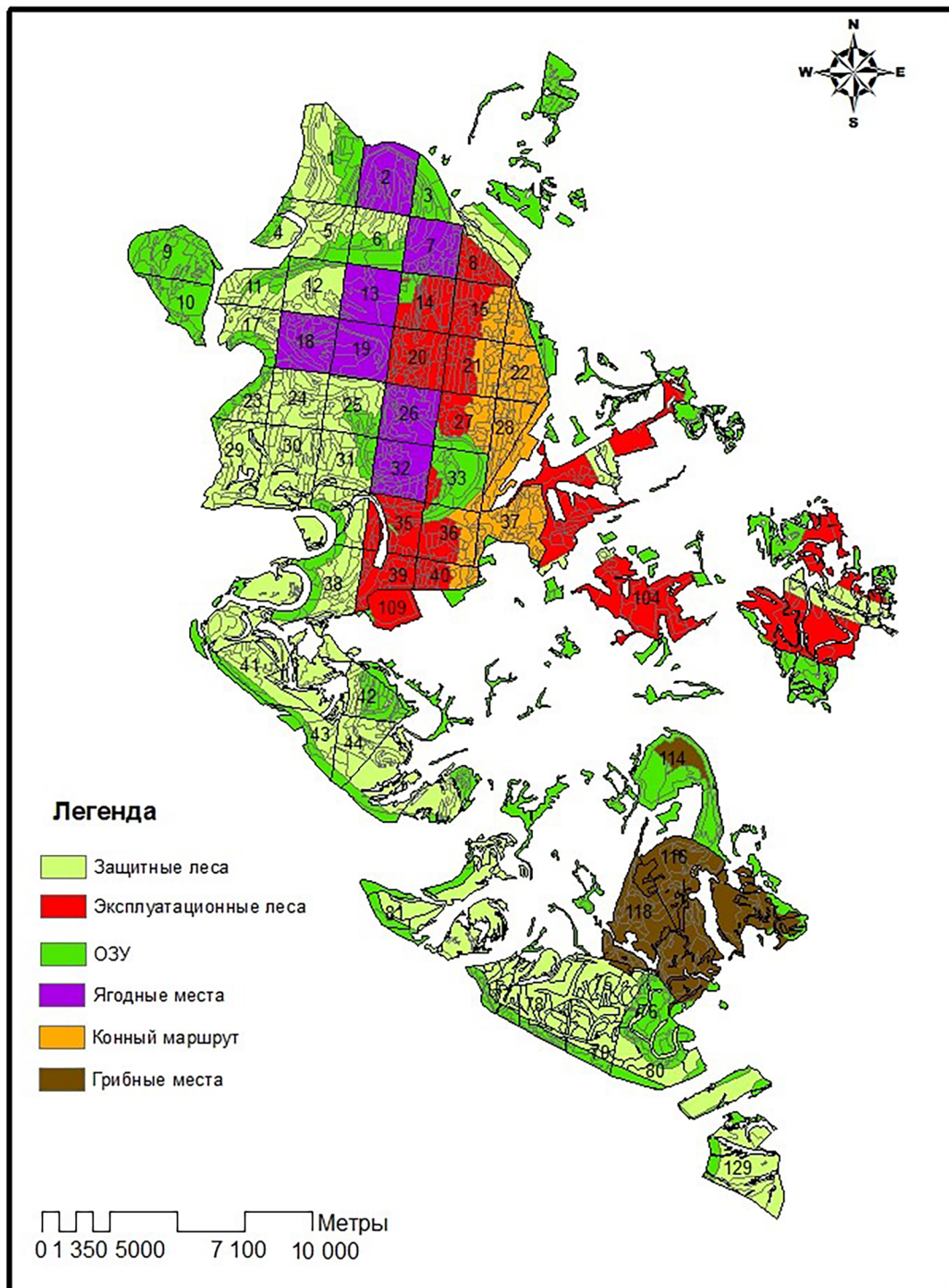


Рисунок 1. Зонирование объекта в Нижегородской области

Таблица 2. Лесохозяйственные сценарии для объекта в Республике Карелия

Показатель	Сценарий		
	Текущая ситуация	Интенсивное лесопользование	Интенсивное лесное хозяйство
Рубки спелых и перестойных лесных насаждений	Сплошные рубки в эксплуатационных лесах, двухприемная добровольно-выборочная рубка – в защитных. Освоение расчетной лесосеки – 65%*	Сплошные рубки в эксплуатационных лесах, двухприемная добровольно-выборочная рубка – в защитных. Освоение расчетной лесосеки – 90%	Сплошные рубки в эксплуатационных лесах, двухприемная добровольно-выборочная рубка – в защитных. Освоение расчетной лесосеки – 90%
Рубки ухода	Процент выполнения рубок ухода – 55%**. Целевые породы – сосна, ель	Процент выполнения рубок ухода – 55%**. Целевые породы – сосна, ель	Процент выполнения рубок ухода 70%. Целевые породы – сосна, ель, береза, осина
Лесовосстановление	Искусственное – 33%***. Естественное зарращивание – 67%	Искусственное – 50%. Естественное зарращивание – 50%	Искусственное – 33%. Естественное зарращивание – 67%
Уборка порубочных остатков	Убираются с лесосеки	Убираются с лесосеки	Остаются на лесосеке

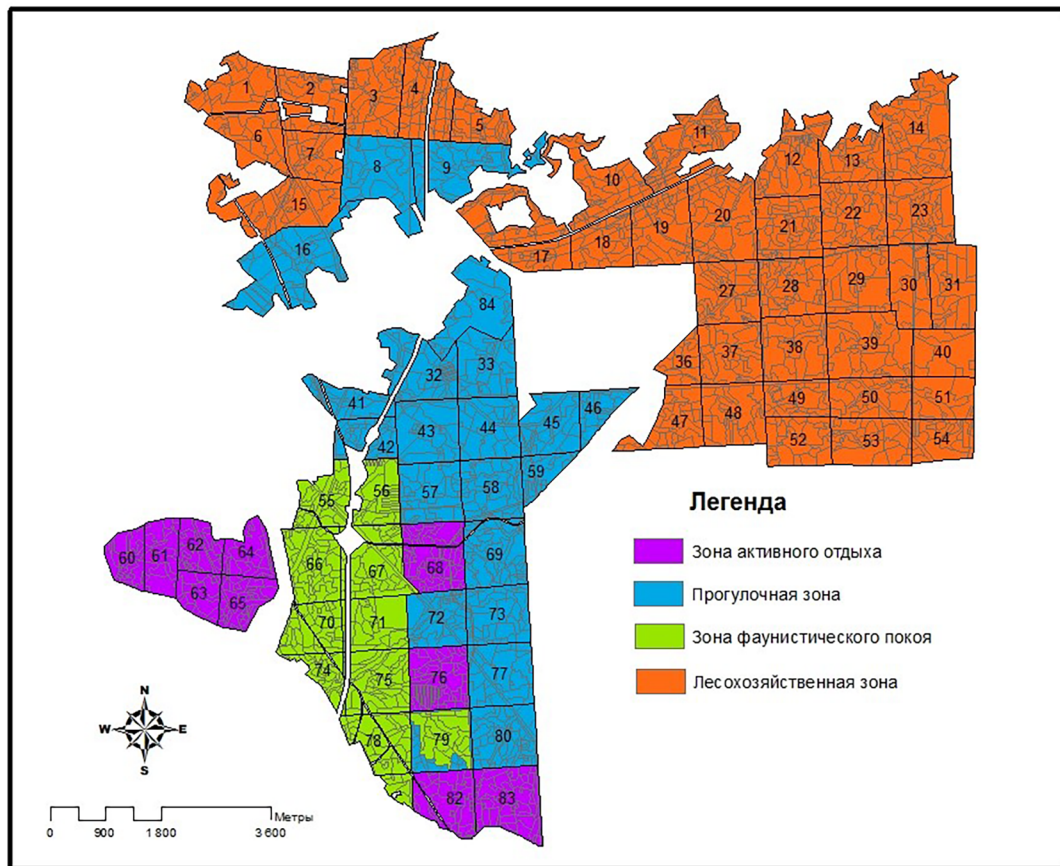
\* Целевой показатель Государственной программы Российской Федерации «Развитие лесного хозяйства» на 2013–2020 годы.

\*\* Данные Минэкологии Республики Карелия <https://proderevo.net/analytics/regionals/szfo/perspektivy-razvitiya-lesnogo-kompleksa-respubliki-kareliya-tochki-rosta.html>.

\*\*\* Данные Минэкологии Республики Карелия <https://proderevo.net/analytics/regionals/szfo/perspektivy-razvitiya-lesnogo-kompleksa-respubliki-kareliya-tochki-rosta.html>.

Таблица 3. Лесохозяйственные сценарии для объекта в Московской области

Показатель	Сценарий				
	Текущая ситуация	Многоцелевое лесопользование через сегрегацию			
		Зона активно-го отдыха	Прогулочная зона	Зона фауни-стического покоя	Лесохозяй-ственная зона
Рубки спелых и перестойных лесных насаждений	Двухприемная добровольно-выборочная рубка	Выборочные рубки сохранения в спелых и перестойных лесных насаждениях	Выборочные рубки сохранения в спелых и перестойных лесных насаждениях	—	Двухприемная добровольно-выборочная рубка
Рубки ухода	Проводится полный цикл рубок ухода с ориентированием на выращивание хвойной секции	Проводится полный цикл рубок ухода с ориентированием на выращивание дуба и сосны	Проводится полный цикл рубок ухода с ориентированием на выращивание дуба и сосны. Порядок выборки пород Ос–Е–Б–Лп–Кл	—	Проводится полный цикл рубок ухода с ориентированием на выращивание хвойной секции
Лесовосстановление	Естественное заращивание	Естественное заращивание	Естественное заращивание	—	Естественное заращивание
Уборка порубочных остатков и сухостоя	Уборка с лесосеки	Уборка с лесосеки	Уборка с лесосеки	—	Уборка с лесосеки
Иное	—	Уход за подлеском. Вырубается 1/3 подлеска по густоте 1 раз в 5 лет	—	—	—



**Рисунок 2.** Зонирование объекта в Московской области  
в рамках сценария «Многоцелевое лесопользование через сегрегацию»