

УДК 630*8;004*94

АНАЛИЗ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОТЕНЦИАЛА ЗАГОТОВКИ ЛЕСНЫХ ЯГОД¹

© 2023 г. А. А. Колычева^{a, b, *}, С. И. Чумаченко^b, В. В. Киселева^b, А. Ю. Агольцов^b

^aЦентр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН,
ул. Профсоюзная, д. 84/32, стр. 14, Москва, 117997 Россия

^bМытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана,
ул. 1-я Институтская, д. 1, Мытищи, Московская обл., 141005 Россия

*E-mail: anna_dulina@bk.ru

Поступила в редакцию 12.02.2023 г.

После доработки 10.04.2023 г.

Принята к публикации 30.05.2023 г.

В рамках концепции многоцелевого лесопользования анализируется ресурсный и экономический потенциал заготовки лесных ягод при разных сценариях ведения хозяйства. В качестве инструмента для прогноза и анализа использовано сценарное имитационное моделирование динамики лесных экосистем при сплошных и выборочных рубках. Объектом исследований является Паше-Капецкое участковое лесничество Ленинградской области, расчет проведен на период 120 лет. На основе данных о типах лесорастительных условий, породном составе, моделируемой освещенности на уровне почвы рассчитана потенциальная продуктивность лесных ягод. Наиболее продуктивными ресурсами на территории являются черника (*Vaccinium myrtillus* L.) и брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), прогнозируемая урожайность которых достигает 25–48 т/год и 7–15 т/год соответственно. Проведено зонирование территории по доступности ресурсов для промышленной заготовки с учетом интересов местного населения. Для промышленной заготовки доступны 37–48% урожая лесных ягод, около 30% выделяется для нужд местного населения, а 27–36% ресурса остается на экономически недоступных участках. Наиболее перспективным представляется сценарий с искусственным восстановлением на 50% площадей сплошных рубок и полным циклом ухода. Для него прогнозируется максимальная доходность как от заготовки пищевых ресурсов (4.1–5.7 млн руб. в год), так и от заготовки древесины.

Ключевые слова: пищевые ресурсы, лесные ягоды, сценарное моделирование, многоцелевое лесопользование, экономическая доступность.

DOI: 10.31857/S0024114823050042, EDN: OLJQJY

Актуальным направлением лесной науки является разработка путей перехода на многоцелевое лесопользование. Необходимость совмещения сразу нескольких экосистемных услуг на одном участке обсуждается в российских и зарубежных исследованиях (Millennium ..., 2005; Тебенькова и др., 2019). Прогноз совместимости различных экосистемных услуг может быть осуществлен с использованием сценарного математического моделирования (Grammatikopoulou, Vařkářová, 2021; Chumachenko et al., 2021). С применением имитационных моделей возможно спрогнозировать полный цикл развития всех элементов лесной экосистемы на длительный срок и последствия лесохозяйственных мероприятий. Возможности моделирования позволяют осуществить прогноз роста и развития

древостоя, а также других компонентов лесного сообщества, например, лесных ягодников.

Россия имеет перспективы наращивания темпов производства лесных ягод. Из 1508 тыс. тонн эксплуатационных запасов брусники в заготовку сейчас идет 45 тыс. тонн и 35 тыс. тонн черники из возможных 1309 тыс. тонн. Для повышения объемов заготовки лесных ягод необходимо решить проблемы нормативного, ресурсного характера, а также методов определения запасов ресурса (Колерова, 2016; Рынок дикоросов в России ..., 2021).

В рамках многоцелевого лесопользования компромисс между получением качественного древесного сырья и устойчивого урожая ягодников в долгосрочной перспективе возможен при должной организации хозяйства и оправдан экономически (Кожухов, Ключников, 2000). В частности, рубки на участках заготовки ягод возмож-

¹ Работа выполнена в рамках молодежной лаборатории ЦЭПЛ РАН “Климаторегулирующие функции и биоразнообразие лесов” (регистрационный номер 122111500023-6).

ны при условии проведения их в зимнее время. Для брусничников и черничников нежелательны сплошные рубки, так как они способствуют исчезновению кустарничков на длительный срок (Обыденников, Войтюк, 2007; Курлович и др., 2015). Для поиска такого компромисса было проанализировано влияние хозяйственных мероприятий на ягодники в условиях южной тайги европейской части России (Колычева и др., 2022).

Оценка урожайности делится на долгосрочный прогноз (прогнозирование средней величины урожайности) и краткосрочный прогноз для определенного растительного сообщества на ближайший сезон (прогнозирование возможного урожая по наличию цветочных почек и по объему и массе незрелых ягод с учетом температуры и влажности на вегетационный период). Первый метод удобен в применении, так как его использование не требует каких-либо дополнительных полевых наблюдений. Нормативы, построенные по этому принципу, позволяют прогнозировать среднюю величину урожая, используя только данные лесоустройства. Второй подход предполагает высокую точность, однако высокзатратен и трудоемок, а также не подходит для долгосрочного планирования, чаще используется как дополнение на определенном участке при проведенном долгосрочном прогнозе (Болтвина, Иванова, 2016; Шевелев, Невзоров, 2017).

В настоящий момент на территории России определение запасов пищевого сырья проводится с использованием таксационных характеристик насаждений (ТЛУ, породный состав, возраст, полнота). Конкретный алгоритм расчетов определяется наличием нормативно-справочных таблиц связи урожайности вида с таксационными характеристиками (Курлович, Косицын, 2018, 2019). Для более точного прогноза в многовидовых разновозрастных насаждениях используется учет дополнительного фактора, влияющего на урожайность ягодников, — освещенности на уровне напочвенного покрова, полученного в результате модельных расчетов (Дулина, Чумаченко, 2018; Колычева, Чумаченко, 2021).

Включение заготовки ягод в расчет экономического потенциала лесных участков может обеспечить занятость населения и дополнительный доход (Вельм, 2009; Grivins, Tisenkopfs, 2018; Elsedig, Abdalbasit, 2019). Однако организация заготовок невозможна без ряда мероприятий правового, научного и практического характера, реализация которых позволит усовершенствовать правовые основы эксплуатации пищевых ресурсов леса, разработать методы учета сырья и прогнозирования потенциальной продуктивности ягодников, предложить технологические схемы и оборудование по переработке пищевого и лекарственного сырья. Для решения поставленных за-

дач необходимы совершенствование государственного механизма развития сбора и переработки пищевых лесных ресурсов путем разработки критериев выделения лесных участков, передаваемых в аренду для их заготовки, создание основ нормативной базы оценки и учета сырья и прогнозирования потенциальной продуктивности дикоросов, разработка схемы зонирования лесов. Организация многоцелевого лесопользования должна опираться на прогноз характера динамики пищевых ресурсов и их потенциальных запасов в различных условиях местопроизрастания и при разных формах заготовки древесины. Одной из основных задач лесного хозяйства должна стать разработка методов учета различных лесных продуктов и оценка их эксплуатационного значения в системе лесного хозяйства (Шевелев и др., 2011).

Цель работы — провести анализ запасов и условий для заготовки пищевых ресурсов для территории участкового лесничества с учетом их пространственного распределения и доступности. Для достижения цели необходимо (1) оценить общий потенциал ягодоносных площадей на объекте, (2) подобрать участки, пригодные для промышленного использования, (3) рассчитать экономический потенциал ягодников.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДИКА

Описание модели FORRUS-S и сценариев моделирования

Для расчета была использована имитационная модель прогноза динамики основных таксационных показателей разновозрастных многовидовых насаждений FORRUS-S (FORest of RUSsia — Stand), которая дает возможность прогнозировать и анализировать динамические процессы в лесных насаждениях европейской части России (Чумаченко и др., 2004, 2006а, б, 2008). На основании полученных характеристик насаждения модель осуществляет долгосрочный прогноз урожайности лесных ягод с шагом 5 лет и выдает значения средней урожайности, в которые включены высокоурожайные и неурожайные годы (Колычева, Чумаченко, 2021).

Для оценки влияния заготовки древесины на урожайность ягодников выбраны несколько контрастных сценариев ведения лесного хозяйства (табл. 1): сценарий А — с 60% освоения расчетной лесосеки, без посадки лесных культур, без ухода; сценарий Б — с 95% освоения расчетной лесосеки, посадкой лесных культур на 50% вырубков; сценарий В — с 95% освоения расчетной лесосеки, посадкой лесных культур на 50% вырубков, с уходом в молодняках и средневозрастных насаждениях.

Таблица 1. Параметры сценариев

Параметры ведения хозяйства*	Шифр сценария		
	А	Б	В
Заготовка древесины, % расчетной лесосеки	60%	95%	95%
Лесные культуры, % от площади сплошных рубок	—	50%	50%
Рубки ухода в молодняках	—	—	В соответствии с Правилами ухода (Приказ ..., 2020)
Рубки ухода в средневозрастных насаждениях	—	—	

Примечание. Сценарии учитывают целевое назначение лесов. В эксплуатационных лесах моделируются сплошные рубки, в защитных лесах – выборочные рубки в тех категориях, где это не запрещено Лесным кодексом.

Таблица 2. Распределение покрытых лесной растительностью земель на территории лесничества по типам лесорастительных условий и преобладающим породам

Порода	Тип лесорастительных условий, га											Всего
	А2	А3	А4	А5	В2	В3	В4	В5	С2	С4	С5	
С	4156.2	1237.9	1018	1844.2	122.0	6.6	11.2	9.3	22.5		1.0	8428.9
Б	130.6	14.1	69.9	32.9	3281.9	779.6	829.8	699.3	1688.8	150.7	94.4	7772
Е	73.0	26.5	19.9		1660.9	550.4	246.1	19.2	126.9	7.8	16.7	2747.4
ОЛС					9.9				2.7	1.4		14.0
ОС	2.0				63.5	17.5	1.2		572.6	21.2		678.0
Р	91.7	16.0		0.9	20.8	2.2	3.4	5.0				140.0
Всего	4453.5	1294.5	1107.8	1878.0	5159.0	1356.3	1091.7	732.8	2413.5	181.1	112.1	19780.3

Характеристики объекта исследования

Объектом исследования является Паше-Капецкое участковое лесничество арендного участка ИКЕА-Индастри Тихвин, расположенное на востоке Ленинградской области, в Тихвинском районе; площадь объекта – 25 129 га. Территория находится на границе подзон средней и южной тайги, в соответствии с лесохозяйственным районированием относится к Балтийско-Белозерскому таежному лесному району, среднетаежному району европейской части РФ.

Анализ таксационного описания Паше-Капецкого участкового лесничества показал, что средний возраст насаждений – 69 лет, полнота – 0.74. Типы лесорастительных условий объекта разнообразны, всего описано 11 типов от свежих боров (А2) до заболоченных сложных суборей (С5) (табл. 2). Наиболее распространенные ТЛУ на территории объекта А2 и В2, что говорит о преобладании небогатых и свежих местообитаний (Воробьев, 1953; Ханина, 2019). Эти ТЛУ, как и А3, В3, являются благоприятными для произрастания ягодных кустарничков на европейской части территории России (Дулина, Чумаченко, 2018). На территории имеются участки с относительно богатыми почвами в условиях сложных суборей (С2), на которых можно прогнозировать хорошие урожаи от сбора малины (*Rubus idaeus* L.).

Наиболее предпочтительными местами произрастания для черники являются ТЛУ А3-4, В3-4, С3 с преобладанием сосны, ели или березы, в возрасте более 60 лет, с полнотой 0.6–0.8; для брусники – ТЛУ А2-4, В2-4 с преобладанием сосны, ели или березы, в возрасте более 40 лет, с полнотой 0.3–0.4; для малины – ТЛУ А3, В3, С3 на вырубках сосны, ели или березы, в возрасте до 15 лет (Дулина, Чумаченко, 2018). Из этого следует, что в лесах участкового лесничества можно ожидать высокой продуктивности черники.

Расчет экономического потенциала заготовки лесных ягод

Исходя из начального состояния древостоя и особенностей древесных пород, была спрогнозирована урожайность лесных ягод. При расчете использовались справочные показатели для близких к Ленинградской области условий южнотаежной подзоны (Курлович, Косицын, 2018).

Расчет урожайности лесных ягод происходит в модуле “Пищевые ресурсы” модели FORRUS-S. Прогноз урожайности осуществляется с использованием разработанных ранее универсальных уравнений, в которых в качестве переменных применяются таксационные характеристики древостоя и освещенность, рассчитанная в процессе моделирования (Колычева, Чумаченко, 2021).

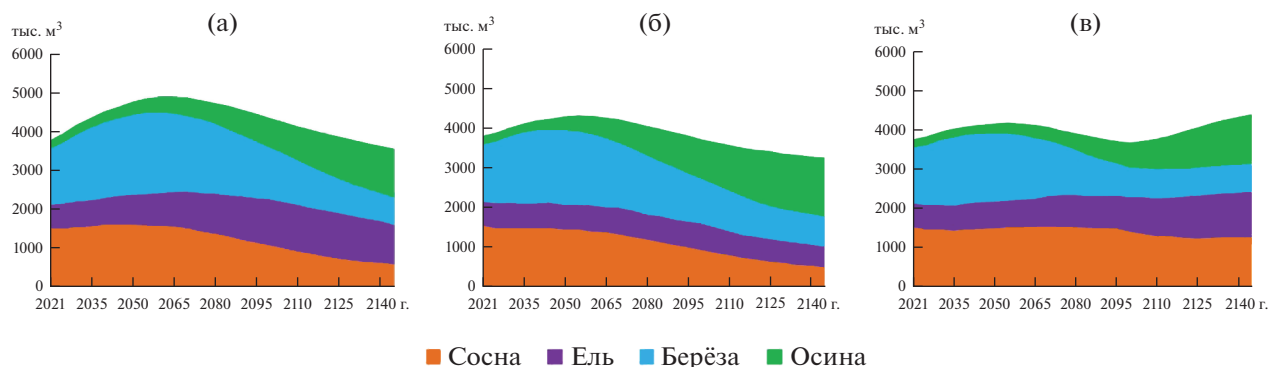


Рис. 1. Динамика породного состава по запасу насаждений для трех сценариев ведения хозяйства.

Для экономической оценки ягодных ресурсов учитывается промысловый урожай, являющийся частью общего биологического запаса, которую можно изымать без ущерба для дальнейшего воспроизводства ресурса, и составляющий 50%. В расчет были взяты участки, среднеголетняя урожайность ягодников на которых составляла более 50 кг/га (Методика подбора ..., 1986).

Для определения возможности заготовки лесных ягод на конкретной территории необходимо учитывать несколько факторов:

1) участки сбора не должны находиться на территории заповедников или иных ООПТ, на которых запрещена такая деятельность или посещение в целом;

2) в заготовку отводят выделы площадью более 3 га либо несколько смежных выделов общей площадью более 3 га (Потенциальные запасы ..., 2017);

3) по Методике ... (1987) доступными считаются выделы в кварталах, находящихся на расстоянии не более 5 км от ближайших дорог, пригодных для транспортировки сырья. Необходимо также учитывать реки, по которым возможна вывозка сырья, и дороги, которые предполагается построить в ближайшее время для вывозки древесины (Шевелев и др., 2011);

4) участки, находящиеся на расстоянии 2 км от населенных пунктов, исключаются из промышленной заготовки, так как эти ресурсы остаются для нужд местного населения (Методика ..., 1986).

Перспективными территориями для промышленной заготовки ягод признаются такие, для которых сочетание доступность-урожайность является оптимальным (Грязькин и др., 2020). Таким образом, помимо таксационного описания, для определения экономического потенциала участка необходимо использование картографических материалов. Решение актуальной в настоящее время задачи транспортного моделирования (Подольская, 2021) проводилось в работе с использованием ГИС-пакета.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Долгосрочный прогноз динамики насаждений Паше-Капецкого участкового лесничества

Динамика насаждений просчитана на 120 лет для трех описанных выше сценариев ведения лесного хозяйства. Сценарий А (60%-ное освоение расчетной лесосеки, естественное возобновление и отсутствие ухода) приводит к постепенной смене хвойных пород мелколиственными, на местах вырубок восстанавливается преимущественно осина. В выделах, не пройденных рубками, под пологом березы и сосны развивается ель и постепенно сменяет их (рис. 1а). В сценарии Б (95%-ное использование расчетной лесосеки, без ухода за лесами) смена пород выражена еще резче, т.к. больше площадей попадает в сплошную рубку, созданные на вырубках культуры хвойных пород без ухода погибают и сменяются мелколиственными молодняками (рис. 1б). Сценарий В благодаря полному циклу ухода за культурами хвойных пород поддерживает их запасы на постоянном уровне, но и в этом случае не удастся избежать увеличения площадей осинников (рис. 1в). Таким образом, в составе преобладают запасы сосны и ели (рис. 1).

В соответствии с изменениями запасов пород меняются и прогнозируемые объемы их заготовки (рис. 2). Объемы заготовки рассчитаны на всю площадь как максимально возможный объем изъятия древесных ресурсов для достижения неистощительного лесопользования. Сценарии А и Б, не предусматривающие ухода за лесами, через 50–60 лет приводят к существенному снижению объемов заготовки хвойных пород, которые замещаются осинной.

Сценарий В с применением рубок ухода позволяет достичь наилучших показателей с точки зрения как объема, так и породного состава заготавливаемой древесины, т.к. с 2095 г. моделирования (начало второго оборота рубки для хвойных пород) наибольшие объемы заготовки со-

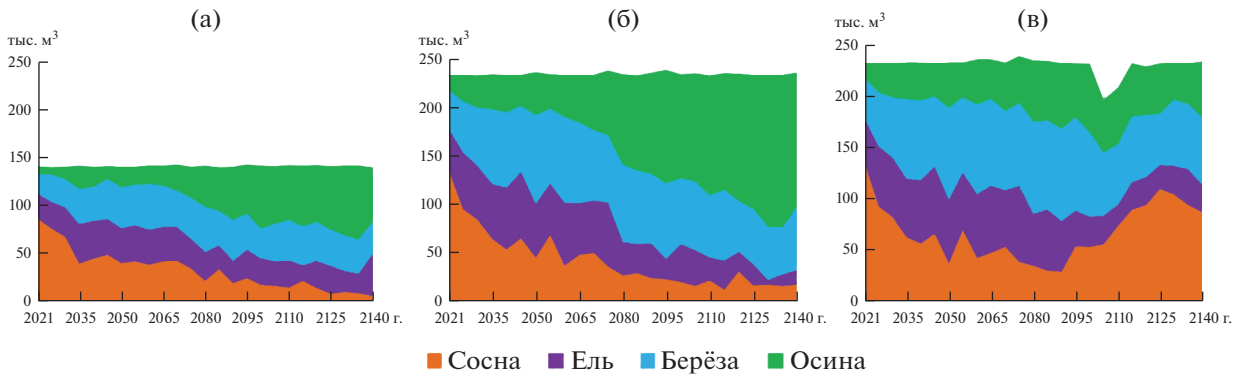


Рис. 2. Объемы заготовки древесины для трех сценариев ведения хозяйства.

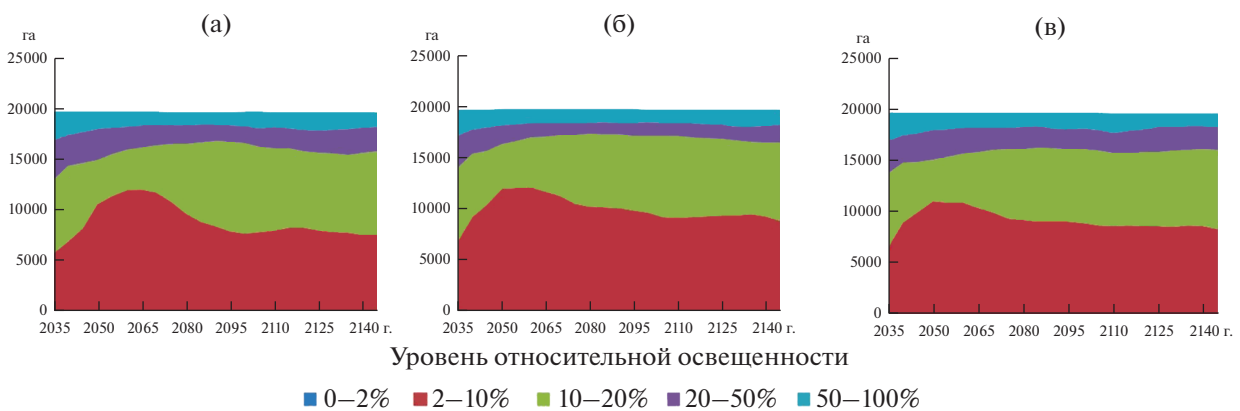


Рис. 3. Изменение площади лесных земель с различным уровнем освещенности на уровне почвы для трех сценариев ведения хозяйства.

ставляет сосна, и поэтому сценарий является наиболее перспективным.

На основе динамики древостоев была проанализирована относительная освещенность на уровне почвы при различных сценариях ведения лесного хозяйства (рис. 3). Гистограммы описывают изменение площади лесных земель с различным уровнем освещенности напочвенного покрова. Проведение рубок разреживает лесной полог, вследствие чего повышается освещенность на участке. Появляются площади с освещенностью 20–50% и 50–100% относительно открытого пространства, что благоприятно сказывается на продуктивности брусники и малины. При этом большую долю площади лесничества составляют участки, предпочтительные для произрастания черничников (до 15%).

Ресурсный потенциал ягодников на объекте

Наиболее продуктивными ягодами на всей территории являются черника и брусника, урожай первой при различных сценариях ведения хозяйства изменяется от 25 до 48 т/год, второй –

от 7 до 15 т/год (рис. 4). Наиболее продуктивным лесохозяйственным сценарием является вариант В – сценарий с проведением посадки лесных культур на 50% от пройденных сплошными рубками участков и обязательным уходом в молодняках и средневозрастных насаждениях.

Наименьшая урожайность зафиксирована в сценарии Б, что является следствием отсутствия ухода в лесных культурах из-за высокой густоты насаждений и последующей смены сосны на осину, под пологом которой не формируются ягодники.

При В – сценарии ведения хозяйства максимальные стабильные урожаи сохраняются на протяжении всего периода моделирования, наименьшие показатели зафиксированы в сценарии Б. Такое распределение напрямую связано с биологическими характеристиками ягодника, который угнетается под воздействием сплошных рубок, а без ухода за лесными культурами не формируется полог средней полноты, в котором ягода дает максимальные урожаи.

Потенциал брусничников ниже черничников, но запасы на объекте также значительны.

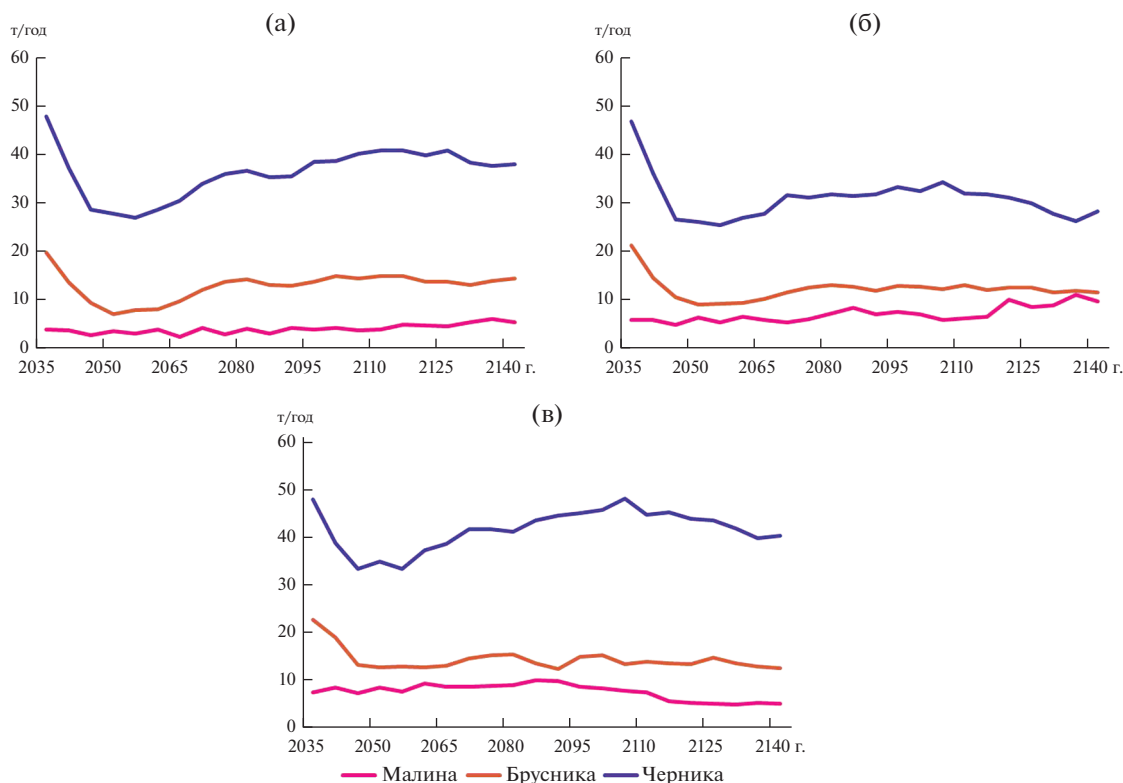


Рис. 4. Прогноз урожая малины, брусники, черники.

Малина произрастает и плодоносит в производственных объемах только на открытых участках. Оптимальными условиями для плодоношения являются открытые места, пройденные сплошными рубками, — участки со второго года после рубки и до смыкания полога насаждения. Наибольшая продуктивность прогнозируется в первые 15 лет для сценария В (рис. 4). Вырубка больших площадей предполагает разрастание малинников. Посадки культур и ухода за молодняками оказывают небольшое влияние на урожай малины, так как основную массу ягод можно получить в междурядьях молодняков возраста до 15 лет.

Прогноз доходности заготовки пищевых ресурсов

Был рассчитан суммарный потенциал прибыли со всего Паше-Капецкого участкового лесничества от заготовки ягод. Для этого использовались закупочные цены ресурсов на территории Тихвинского района, полученные с сайтов и соцсетей объявлений закупки ягод и грибов на 2021 год. Стоимость закупки ягод для черники и брусники составляла 200 руб./кг, малины — 160 руб./кг. Не учитывались затраты на заготовку и транспортировку ягод.

Высокие показатели доходности достигаются в сценарии В — от 10 до 15 млн руб. в год со всей площади участкового лесничества. Наименьший

суммарный доход — от 7 до 14 млн руб. в год — наблюдается в сценарии Б с высоким процентом освоения расчетной лесосеки и отсутствием ухода в молодняках. В среднем разница между сценариями в размере дохода составляет 2 млн руб. в год (или 13–20%).

Подбор участков для промышленной заготовки лесных ягод и участков для нужд местного населения

Учитывая особенности объекта, не все выделы могут быть пригодны для промышленного сбора. Для оценки транспортной доступности выделов и их близости к населенным пунктам в программных комплексах ГИС были векторизованы дороги с подразделением их по проходимости, а также населенные пункты. В качестве базовой информации для векторизации использовались общедоступные векторные и растровые карты, данные дистанционного зондирования. Был сформирован граф дорог, дополненный кратчайшими расстояниями от существующих дорог до центров выделов участкового лесничества с учетом естественных преград — рек, болот и т.п. Далее, используя инструменты сетевого анализа, в ГИС рассчитана удаленность каждого выдела от дорог, доступных для проезда легковых автомобилей, и

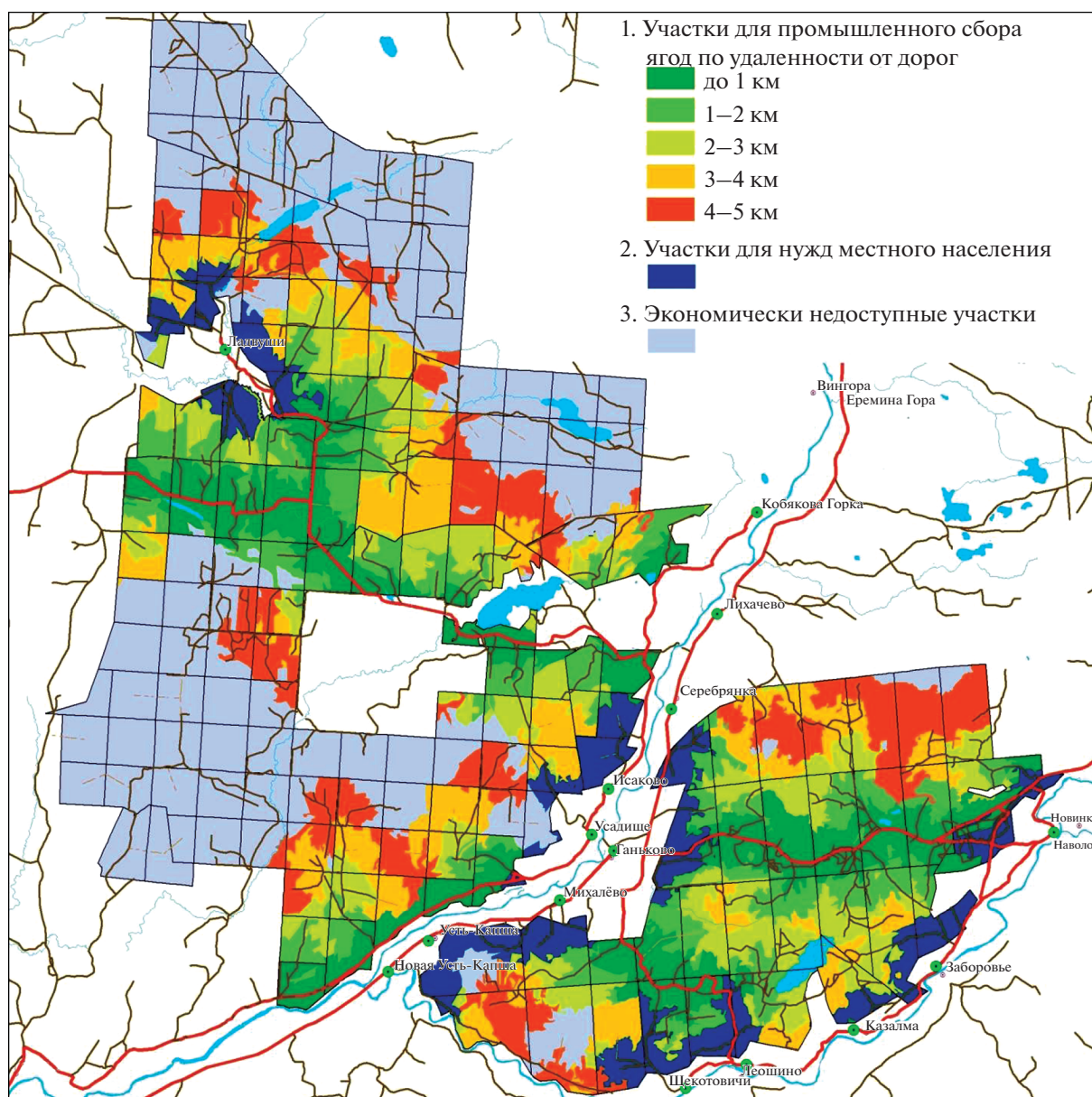


Рис. 5. Зонирование территории Паше-Капецкого лесничества по доступности пищевых ресурсов.

удаленность от населенных пунктов с учетом всех существующих дорог.

В зону промышленной заготовки были включены участки, находящиеся на расстоянии более 2 км от населенных пунктов, но менее 5 км от дорог, доступных для легкового транспорта в летний период (рис. 5) (на карте представлены красным цветом). Таким образом, выделена зона возможной промышленной заготовки, которая не затрагивает интересов местного населения и будет экономически рентабельна заготовителям. Помимо экономической рентабельности от заготовки пищевых ресурсов, учтен и социальный фактор – необходимость оставлять зоны, свобод-

ные от промышленной заготовки, для заготовки ресурсов местным населением в личных целях. Известно, что большая часть пищевых ресурсов собирается и перерабатывается не в коммерческих целях, а населением в порядке самообеспечения (Колерова, 2016).

Возможность промышленной заготовки осуществима только на 42% от всей территории, при этом ее объем на этих участках варьирует от 37 до 48% от общих запасов в зависимости от сценария.

На рис. 6 приведен потенциальный доход от заготовки ягод по зонам. Для черники потенциальный доход со всего участка для сценариев А и В – от 6 до 10 млн руб. в год, в промышленную за-

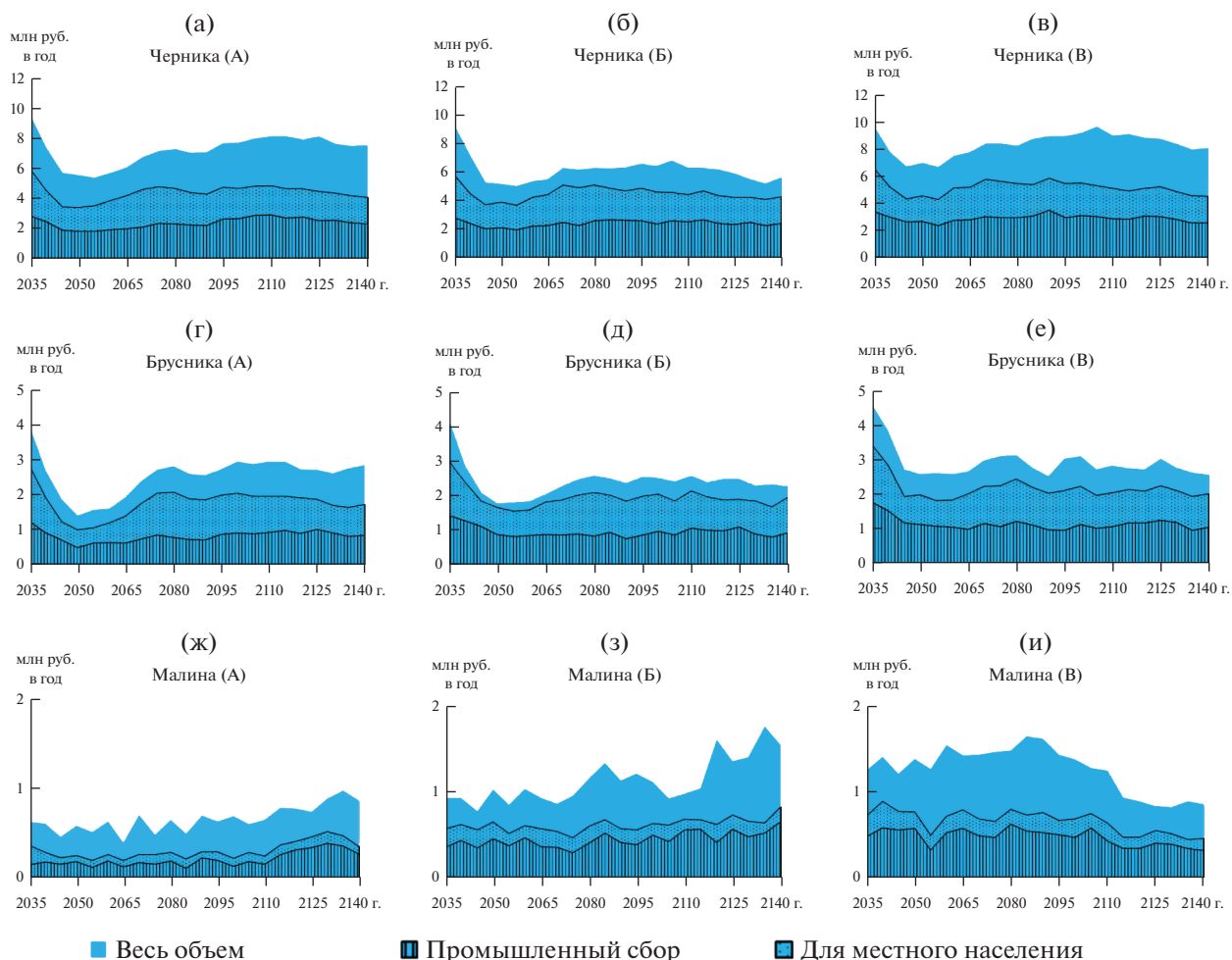


Рис. 6. Прогноз урожая малины, брусники, черники.

готовку можно отнести ресурсов на 2–3.8 млн руб. ежегодно. В сценарии Б при сокращении общей доходности участка до 5–7 млн руб. в год можно получить с заготовки ягоды 2–2.9 млн руб. в год на участках, предназначенных для промышленного сбора. Для брусники расхождение предполагаемого дохода в сценариях ниже, чем у черничников, – менее 1 млн руб. в год. С участков для промышленной заготовки максимальную сумму дохода можно получить в сценариях А и В – от 1 до 1.7 млн руб. в год. Наименее перспективным с точки зрения промзаготовки брусники является сценарий Б с доходностью от 0.6 до 1.1 млн руб. в год.

По сравнению с черникой и брусникой малина вносит меньший вклад в доход с лесного участка. В наиболее продуктивном сценарии В от общей доходности ягод на участке 0.9–1.5 млн руб. в год при промышленной заготовке может быть получено от 0.4 до 0.6 млн руб. в год. Наименее продуктивный сценарий А за весь период моделирования может принести от 0.5 до 1 млн руб., а с зоны промышленной заготовки выручка составит 0.2–0.3 млн руб. в год.

Участки для нужд местного населения занимают 30% всей территории лесничества, при этом запас ягод на таких участках составляет 28–33% от потенциально возможной суммы. Сбор черники для местного населения оценен в 1–2.5 млн руб. в год, брусничников – 0.5–1.5 млн руб. в год, малины – 0.1–0.2 млн руб. в год (рис. 6).

Экономически недоступные участки занимают 28% территории лесничества. В среднем на этих участках остается 27–36% ресурсов в зависимости от сценария ведения хозяйства. Вовлечение этих ресурсов в заготовку может помочь расширение дорожной сети.

Использованная в исследованиях имитационная модель позволяет рассчитать возможную продуктивность лесных пищевых ресурсов (ягод) для каждого выдела, исходя из характеристик древостоя, в том числе его вертикальной структуры. При планировании заготовки пищевых ресурсов необходимо строить прогнозы на основе актуальных данных о составе напочвенного покрова.

Хозяйственная деятельность влияет на состояние ягодников как непосредственно – через уни-

чтожение напочвенного покрова при заготовках и 100%-ную освещенность на вырубках, которая губельна для черники, и косвенно — через изменение сомкнутости полога при выборочных рубках и изменение породного состава. Ход кривых производственной продуктивности для черники и брусники при всех трех сценариях сходный — максимум в начале срока сменяется падением к 30–40 годам, затем некоторым ростом и стабилизацией. Это можно объяснить тем, что изначально насаждение имеет средний возраст 69 лет и ягодники там уже активно плодоносят, но после проведения сплошных рубок им необходим длительный период восстановления — 40–60 лет. Если в сценариях А и В общая урожайность ягодников (за исключением малины) восстанавливается до исходных значений, то в сценарии Б этого не происходит из-за изменения соотношения преобладающих пород в пользу осины.

Анализ ресурсной базы для отдельного участка лесничества показывает, что организация заготовки может быть осложнена как минимум двумя факторами: неравномерностью распределения ресурса по площади и отсутствием дорог, по которым можно обеспечить доступ к ресурсам. В нашем случае недоступными оказываются ресурсы на 28% площади участкового лесничества, что, в зависимости от сценария ведения хозяйства, соответствует 27–36% объема возможных заготовок.

Примерно такую же площадь предлагается выделять для нужд местного населения. Никакими нормативно-правовыми актами это не регулируется, Методика ... (1986) носит чисто рекомендательный характер. Единственной нормой лесного законодательства, учитывающей интересы местного населения, является выделение ОЗУЛ — “участков лесов вокруг поселков городского типа, сельских населенных пунктов” в радиусе 1 км от границ населенных пунктов. Тем не менее исключение двухкилометровой зоны, прилегающей к населенным пунктам, из площади аренды в целях заготовки пищевых ресурсов позволит сгладить потенциальные конфликты с местным населением в отсутствие четких норм и правил.

Моделирование показало, что максимальная продуктивность ягодников (рис. 4), а также максимальный возможный доход от заготовки ягод (рис. 6) обеспечиваются при интенсивной модели ведения хозяйства, когда на вырубках в короткий срок восстанавливаются насаждения хвойных пород, оптимальная полнота для основного ресурса — черники — поддерживается рубками ухода. Однако ведение интенсивного хозяйства не всегда возможно и целесообразно. При экстенсивной форме хозяйства с частичным освоением расчетной лесосеки и ориентацией на естественное лесовосстановление

также возможно поддерживать удовлетворительную продуктивность ягодников.

Наши предыдущие исследования показали, что средний за весь период чистый доход (за вычетом на доставку и транспортировку) от заготовки древесины может варьировать от 10.4 млн руб. в сценарии А до 23.5 млн руб. в сценарии В (Киселева и др., 2021). Средний доход от промышленной заготовки ягод в этих сценариях составляет 4.5–5 млн руб. Таким образом, при невозможности организовать интенсивное лесопользование заготовка пищевых ресурсов леса может принести дополнительный доход, сопоставимый с прибылью от рубок древесины.

Сценарий Б, предполагающий активную заготовку древесины и формальное выполнение требований проекта лесовосстановления, в долгосрочной перспективе приводит как к качественному изменению состава вырубаемой древесины и падению дохода, так и к снижению суммарной продуктивности ягодников.

Таким образом, при рассмотрении перспективы выбора сценария, нацеленного на промышленную заготовку ягод для получения дополнительной прибыли, рекомендуется сценарий В, доходность которого колеблется от 4.1 до 5.7 млн руб. в год, вторым по доходности является сценарий А (от 3.2 до 4.6 млн руб. в год), и самым низкоэффективным является сценарий Б с возможным доходом от 2.5 до 4.4 млн руб. в год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данный подход анализа запасов и условий заготовки лесных ягод с учетом их пространственного распределения может быть применен при принятии управленческих решений на лесном участке, так как потенциально ягодоносные участки могут принести дополнительный доход, но нуждаются в соблюдении особого режима пользования. Долгосрочный прогноз является универсальным подходом для определения перспективных для сбора ягодников участков, он может быть применен ко всем объектам центра европейской части России, с которыми работает модель FORRUS_S. Так как не везде в регионах существуют справочные данные по урожайности ягодников, принято использовать сведения регионов со сходными климатическими условиями, наличие данных по каждому региону может обеспечить более точный прогноз, в том числе и модельный. Повысить точность работы модели возможно также при наличии актуальных таксационных описаний с полной информацией о всей структуре древостоя, включая подрост и подлесок.

В результате исследования и долгосрочного модельного прогноза было выяснено, что при многоцелевом лесопользовании возможно полу-

чение дополнительного дохода от заготовки лесных ягод. Расчет проведен по производственной продуктивности, вследствие чего на участках остается достаточно ресурса для возобновления. Был оценен потенциал ягодоносных площадей на территории объекта Паше-Капецкого участкового лесничества, выяснено, что черника является наиболее продуктивным ягодником на объекте и достигает урожаев от 25 до 48 т/год в зависимости от сценария ведения хозяйства. Вторым по продуктивности являются брусничники с урожаем от 7 до 15 т/год. Наиболее продуктивным лесохозяйственным сценарием является В – сценарий с обязательным проведением 50% посадки лесных культур от пройденных сплошными рубками участков, а также обязательным уходом в молодняках, средневозрастных посадках. Наименее перспективным является сценарий Б с проведением лесовосстановления и отсутствием рубок ухода, даже в сравнении со сценарием А, где отсутствуют и посадки лесных культур, и рубки ухода.

Несмотря на то, что общий запас ягод на участке большой, для заготовки подходит не вся территория. Проведенный анализ с использованием ГИС и решением задачи транспортного моделирования показал, что участок делится на зоны, (1) которые необходимо оставить для заготовки местным населением, (2) зоны на которых возможно вести промышленную заготовку и (3) экономически нерентабельные участки. Из всего запаса ягодных ресурсов в заготовку может идти только 37–48%, при этом 28–33% остается для нужд местного населения, а 27–36% территории является нерентабельной для заготовки пищевых ресурсов. Ситуация может измениться при расширении дорожной сети.

Подсчитан экономический потенциал участков для промышленной заготовки ягод, выяснено, что наиболее перспективным сценарием является сценарий В с посадкой лесных культур и полным циклом ухода за ними, доходность от сбора ягод на участке составляет 4.1–5.7 млн руб. в год. Затем следует сценарий А, где отсутствуют посадки лесных культур и ухода, доходность здесь снижается по сравнению с предыдущим, но получение дополнительного дохода составляет 3.2–4.6 млн руб. в год. Наименее перспективным является сценарий Б с посадкой лесных культур и отсутствием ухода за ними, вместе с продуктивностью насаждения снижается и продуктивность ягодников, а выручка, которую можно получить, составляет 2.5–4.4 млн руб. в год.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Болтвина Е.К., Иванов Я.М. Модели оптимизации заготовки дикорастущей продукции с интервальными параметрами // Вестник ИрГТУ. 2016. № 6 (113). С. 73–81.

Вельм М.В. Формирование предложения на региональном рынке пищевых ресурсов леса // Вестник ИрГТУ. 2009. № 1 (37). С. 92–94.

Воробьев Д.В. Типы лесов Европейской части СССР // Киев: Изд-во АН УССР, 1953. 452 с.

Грязькин А.В., Корчагов С.А., Грибов С.Е., Гуталь М.М., Чан Ч.Т. Потенциальные ресурсы лесных ягод в Вологодской области // The Scientific Heritage. 2020. № 45-2 (45). С. 20–24.

Дулина А.А., Чумаченко С.И. Обзор моделей оценки пищевых ресурсов лесов центральной части России // Вопросы лесной науки. 2018. Т. 1. № 1. С. 1–22.

Кожухов Н.И., Ключников И.Л. Экономический подход к оценке рубок, воспроизводства и потребления пищевых продуктов леса // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2000. № 1. С. 26–28.

Колерова В. Страна Дикоросия // Бизнес-журн. 2016. № 3 (239). С. 26–31.

Колычева А.А., Чумаченко С.И. Оценка урожайности лесных ягод с учетом уровня освещенности напочвенного покрова методами имитационного моделирования // Вопросы лесной науки. 2021. Т. 4. № 3. С. 1–25.

Колычева А.А., Чумаченко С.И., Тебенькова Д.Н. Потенциал заготовки лесных ягод при различных способах ведения лесного хозяйства на основе модельного прогноза // Лесоведение. 2022. № 5. С. 549–563. <https://doi.org/10.31857/S0024114822050023>

Курлович Л.Е., Косицын В.Н. Таксационный справочник по лесным ресурсам России (за исключением дресины). Пушкино: ВНИИЛМ, 2018. 282 с.

Курлович Л.Е., Панков В.Б., Кивилева И.М. Влияние лесохозяйственной деятельности на состояние и продуктивность пищевых и лекарственных растений // Лесохозяйственная информация. 2015. № 2. С. 24–34.

Курлович Л.Е., Косицын В.Н. Методические рекомендации по оценке лесных ресурсов (за исключением дресины) при государственной инвентаризации лесов. Пушкино: ВНИИЛМ, 2019. 45 с.

Методика выявления дикорастущих сырьевых ресурсов при лесоустройстве. М.: ЦБНТИ Гослесхоза СССР, 1987. 56 с.

Методика подбора земельных участков государственного лесного фонда для промысловой заготовки клюквы, брусники, черники, голубики. М.: Госкомлес, 1986. 15 с.

Обыденников В.И., Войтюк М.М. Сохранение, восстановление и повышение продуктивности ресурсов ягодников в связи с рубками главного и промежуточного пользования // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2007. № 4. С. 6–14.

Подольская Е.С. Обзор опыта решения задач транспортного моделирования в лесном хозяйстве // Вопросы лесной науки. 2021. Т. 4. № 4. С. 1–32.

Потенциальные запасы дикорастущих ресурсов Иркутской области / Под редакцией Я.М. Иванько. Иркутск: Изд-во Иркутский ГАУ, 2017. 156 с.

Приказ Минприроды России от 30.07.2020 N 534 “Об утверждении Правил ухода за лесами”. (Зарегистрировано в Минюсте России 18.12.2020 N 61555).

Киселева В.В., Чумаченко С.И., Митрофанов Е.М., Карминов В.Н., Колычева А.А. Ресурсные и экономические

аспекты неистощительного лесопользования // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: Материалы VI Всероссийской научно-технической конференции. СПб.: СПбГЛТУ имени С.М. Кирова, 2021. С. 212–215.

Рынок дикоросов в России: высокий потенциал и низкий уровень развития: Обзор КМПГ. 2021. 39 с.

Тебенькова Д.Н., Лукина Н.В., Чумаченко С.И., Данилова М.А., Кузнецова А.И., Горнов А.В., Шевченко Н.Е., Катаев А.Д., Гагарин Ю.Н. Мультифункциональность и биоразнообразии лесных экосистем // Лесоведение. 2019. № 5. С. 341–356.

Ханина Л.Г. Классификация типов лесорастительных условий по индикаторным видам Воробьева-Погребняка: база данных и опыт анализа лесотаксационных данных // Вопросы лесной науки. 2019. Т. 2. № 4. С. 1–30.

Чумаченко С.И., Паленова М.М., Коротков В.Н. Прогноз динамики таксационных показателей лесных насаждений при разных сценариях ведения лесного хозяйства // Восточноевропейские леса: История в голоцене и современность. Т. 2. М.: Наука, 2004. С. 492–506.

Чумаченко С.И., Паленова М.М., Коротков В.Н., Починков С.В. Имитационное моделирование влияния лесохозяйственных воздействий на лесные экосистемы // Мониторинг биологического разнообразия лесов России: методология и методы // ЦЭПЛ РАН. М.: Наука, 2008. С. 314–328.

Чумаченко С.И. Имитационное моделирование многовидовых разновозрастных насаждений: дис. ... докт. биол. наук: 03.00.16. М.: МГУЛ, 2006 б. 297 с.

Чумаченко С.И. Концепция построения биоэкологических моделей многовидовых разновозрастных лес-

ных насаждений для зоны хвойно-широколиственных лесов и южной тайги // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2006 а. № 2. С. 7–13.

Шевелев С.Л., Немич Н.С., Михайлов П.В., Гапонова Г.А. К вопросу комплексного использования лесов в Красноярском крае // Хвойные бореальные зоны. 2011. Т. 29. № 3–4. С. 309–312.

Шевелев С.Л., Невзоров В.Н. Основные пищевые и лекарственные растительные ресурсы лесов Средней Сибири. Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2017. 174 с. ISBN 978-5-94617-403-9

Chumachenko S., Kiseleva V., Kolycheva A., Karminov V. Long-term forecast of forest ecosystem services under different forest use scenarios // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2021. P. 012039.

<https://doi.org/10.1088/1755-1315/875/1/012039>

Elsedig A., Abdalbasit M. Economic of Wild Fruits and It Is Contribution to Rural People. 2019. 557 p.

https://doi.org/10.1007/978-3-030-31885-7_5

Grammatikopoulou I., Vačkářová D. The value of forest ecosystem services: A meta-analysis at the European scale and application to national ecosystem accounting // Ecosystem Services. V. 48. 2021. 101262, ISSN 2212-0416/

<https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101262>

Grivins M., Tisenkopfs T. Benefitting from the global, protecting the local: The nested markets of wild product trade // J. Rural Studies. 2018. V. 61. P. 335–342. ISSN 0743-0167.

<https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.01.005>

Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. USA, Washington: Island Press, 2005. (URL: [http:// www.millenniumassessment.org/en/Reports.aspx#](http://www.millenniumassessment.org/en/Reports.aspx#))

Analysis of the Stocks and Conditions of Harvesting for Forest Berries with Considering Their Spatial Distribution and Availability

A. A. Kolycheva^{1, 2, *}, S. I. Chumachenko², V. V. Kiseleva², and A. Ju. Agol'cov²

¹Center for Forest Ecology and Productivity, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

²Mytishchi Branch of Bauman Moscow State Technical University, Mytishchi, Russia

*E-mail: anna_dulina@bk.ru

Within the framework of the multi-purpose forest management concept, the resource and economic potential of harvesting wild berries was analyzed under different forest management scenarios. As a tool for forecasting and analysis, scenario-based simulation was used to model the forest ecosystems dynamics under the clearcut and the selective felling management types. The object of research is the Pashe-Kapetsкое district forestry of the Leningrad Region, the calculation was carried out for a period of 120 years. Based on the forest condition types³, species composition and simulated illumination at the ground level data, the potential productivity of wild berries was calculated. The most productive resources on the territory were bilberry and lingonberries, the predicted yield of which reaches 25–48 t/ha and 7–15 t/ha respectively. Zoning of the territory was carried out according to the resources availability for industrial harvesting, taking into account the interests of the local population. 37–48% of the wild berries harvest was available for industrial harvesting, about 30% was allocated for the needs of the local population, and 27–36% of the resource remained in economically inaccessible areas. The most promising was the scenario with artificial restoration of 50% of the clearcut areas and a full maintenance cycle. For this scenario, the maximum profitability was predicted from both the food resources procurement (4.1–5.7 million rubles per year) and the harvesting of timber.

Keywords: food resources, wild berries, scenario modeling, multi-purpose forest management, economic accessibility.

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the youth laboratory CEPL RAS “Climate-regulatory Functions and Biodiversity of Forests” (registration number 122111500023-6).

REFERENCES

- Boltvina E.K., Ivan'ov Y.M., Modeli optimizatsii zagotovki dikorastushchei produktsii s interval'nymi parametrami (Models for optimizing the harvesting of wild products with interval parameters), *Vestnik IrGTU*, 2016, No. 6 (113), pp. 73–81.
- Chumachenko S., Kiseleva V., Kolycheva A., Karminov V., Long-term forecast of forest ecosystem services under different forest use scenarios, *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2021, p. 012039. DOI 10.1088/1755-1315/875/1/012039
- Chumachenko S.I., *Imitatsionnoe modelirovanie mnogovidovykh raznovozrastnykh lesnykh nasazhdenii. Diss. dokt. biol. nauk* (Simulation of multi-species uneven-aged forest stands. Doctor's biol. sci. thesis), Moscow: MGUL, 2006, 297 p.
- Chumachenko S.I., Kontseptsiya postroeniya bioekologicheskikh modelei mnogovidovykh raznovozrastnykh lesnykh nasazhdenii dlya zony khvoino-shirokolistvennykh lesov i yuzhnoi taigi (The concept of building bioecological models of multi-species forest plantations of different ages for the zone of coniferous-deciduous forests and the southern taiga), *Vestnik MGUL – Lesnoi vestnik*, 2006a, No. 2, pp. 7–13.
- Chumachenko S.I., Palenova M.M., Korotkov V.N., Pochinkov S.V., Imitatsionnoe modelirovanie vliyaniya lesokhozyaistvennykh vozdeistvii na lesnye ekosistemy (Simulation modeling of the influence of forestry impacts on forest ecosystems), In: *Monitoring biologicheskogo raznoobraziya lesov Rossii: metodologiya i metody* (Monitoring of the biological diversity of forests in Russia: methodology and methods), Moscow: Nauka, 2008, pp. 314–328.
- Chumachenko S.I., Palenova M.M., Korotkov V.N., Prognoz dinamiki taksatsionnykh pokazatelei lesnykh nasazhdenii pri raznykh stsenariyakh vedeniya lesnogo khozyaistva (The forecast of the dynamics of taxation features of forest stands under various scenarios of forest management), In: *Vostochnoevropeiskie lesa: Istoriya v golotsene i sovremennost'* (Eastern European forest in the Holocene and modern history), Moscow: Nauka, 2004, Vol. 2, pp. 492–506.
- Dulina A.A., Chumachenko S.I., Obzor modelei otsenki pishchevykh resursov lesov tsentral'noi chasti Rossii (Review of models of estimation of food resources of forests of the central part of Russia), *Voprosy lesnoi nauki*, 2018, Vol. 1, No. 1, pp. 1–22.
- Elsedig A., Abdalbasit M., *Economic of Wild Fruits and Its Contribution to Rural People*, 2019, 557 p. https://doi.org/10.1007/978-3-030-31885-7_5
- Grammatikopoulou I., Vačkářová D., The value of forest ecosystem services: A meta-analysis at the European scale and application to national ecosystem accounting, *Ecosystem Services*, Vol. 48, 2021, 101262. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2021.101262>.
- Grivins M., Tisenkopfs T., Benefitting from the global, protecting the local: The nested markets of wild product trade, *J. Rural Studies*, 2018, Vol. 61, pp. 335–342. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2018.01.005>
- Gryaz'kin A.V., Korchagov S.A., Gribov S.E., Gutal' M.M., Chan C.T., Potentsial'nye resursy lesnykh yagod v Volodgodskoi oblasti (Potential resources of wild berries in the Volodgod region), *The Scientific Heritage*, 2020, No. 45-2 (45), pp. 20–24.
- Khanina L.G., Klassifikatsiya tipov lesorastitel'nykh uslovii po indikatornym vidam Vorob'eva-Pogrebnyaka: baza dannykh i opyt analiza lesotaksatsionnykh dannykh (Classification of forest sites by the Vorobjev-Pogrebnyak's species indicator tables: database and experience of analysis of forest inventory data), *Voprosy lesnoi nauki*, 2019, Vol. 2, No. 4, pp. 1–30.
- Kiseleva V.V., Chumachenko S.I., Mitrofanov E.M., Karminov V.N., Kolycheva A.A., Resursnye i ekonomicheskie aspekty neistoshchitel'nogo lesopol'zovaniya (Resource and economic aspects of sustainable forest management), *Les Rossii: politika, promyshlennost', nauka, obrazovanie* (Forests of Russia: politics, industry, science, education), Proc. of 6th All-Russian Sci.-Tech. Conf., Saint Petersburg: SPbGLTU imeni S.M.Kirova, 2021, pp. 212–215.
- Kolerova V., Strana Dikorosiya (Country of wildness), *Biznes-zhurnal*, 2016, No. 3 (239), pp. 26–31.
- Kolycheva A.A., Chumachenko S.I., Otsenka urozhainosti lesnykh yagod s uchetom urovnya osveshchennosti napochvennogo pokrova metodami imitatsionnogo modelirovaniya (Estimation of the yield of wild berries taking into account the level of illumination of the ground cover by simulation methods), *Voprosy lesnoi nauki*, 2021, Vol. 4, No. 3, pp. 87–113.
- Kolycheva A.A., Chumachenko S.I., Teben'kova D.N., Potentsial zagotovki lesnykh yagod pri razlichnykh sposobakh vedeniya lesnogo khozyaistva na osnove model'nogo prognoza (Potential for harvesting forest berries under different forest management methods based on model forecast), *Lesovedenie*, 2022, No. 5, pp. 549–563. DOI 10.31857/S0024114822050023
- Kozhukhov N.I., Klyuchnikov I.L., Ekonomicheskii podkhod k otsenke rubok, vosproizvodstva i potrebleniya pishchevykh produktov lesa (An economic approach to assessing felling, reproduction and consumption of forest food products), *Vestnik MGUL – Lesnoi vestnik*, 2000, No. 1, pp. 26–28.
- Kurlovich L.E., Kositsyn V.N., *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke lesnykh resursov (za isklyucheniem drevesiny) pri gosudarstvennoi inventarizatsii lesov* (Guidelines for the assessment of forest resources (with the exception of wood) in the state inventory of forests), Pushkino: VNIILM, 2019, 45 p.
- Kurlovich L.E., Kositsyn V.N., *Taksatsionnyi spravochnik po lesnym resursam Rossii (za isklyucheniem drevesiny)* (Taxation handbook on forest resources of Russia (excluding timber)), Pushkino: VNIILM, 2018, 282 p.
- Kurlovich L.E., Pankov V.B., Kivileva I.M., Vliyanie lesokhozyaistvennoi deyatel'nosti na sostoyanie i produktivnost' pishchevykh i lekarstvennykh rastenii (Silvicultural activity impacts on food and medicinal plant condition and productivity), *Lesokhozyaistvennaya informatsiya*, 2015, No. 2, pp. 24–34.
- Metodika podbora zemel'nykh uchastkov Gosudarstvennogo lesnogo fonda dlya promyslovoi zagotovki klyukvy, brusniki, cherniki, golubiki*, (Methodology for selecting land plots of the State Forest Fund for commercial harvesting of cranberries, lingonberries, blueberries, blueberries), Moscow: Gosleskhoz SSSR, 1986, 15 p.
- Metodika vyyavleniya dikorastushchikh syr'evykh resursov pri lesoustroistve* (Methodology for identifying wild-growing raw materials in forest management), Moscow: TsBNTI Gosleskhoz SSSR, 1987, 56 p.

- Millennium Ecosystem Assessment. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis*, USA, Washington: Island Press, 2005, available at: <http://www.millenniumassessment.org/en/Reports.aspx#>
- Obydennikov V.I., Voityuk M.M., Sokhranenie, vosstanovlenie i povyshenie produktivnosti resursov yagodnikov v svyazi s rubkami glavnogo i promezhutochnogo pol'zovaniya (Preservation, restoration and increase in the productivity of berry-growers' resources in connection with final and intermediate fellings), *Vestnik MGUL – Lesnoi vestnik*, 2007, No. 4, pp. 6–14.
- Podol'skaya E.S., Obzor opyta resheniya zadach transportnogo modelirovaniya v lesnom khozyaistve (Review of experience in solving problems of transport modeling in forestry), *Voprosy lesnoi nauki*, 2021, Vol. 4, No. 4, pp. 1–32.
- Potentsial'nye zapasy dikorastushchikh resursov Irkutskoi oblasti* (Potential reserves of wild-growing resources of the Irkutsk region), Irkutsk: Izd-vo Irkutskii GAU, 2017, 156 p.
- Prikaz Minprirody Rossii ot 30.07.2020 N 534 “*Ob utverzhdenii Pravil ukhoda za lesami*”. (Zaregistrovano v Minyuste Rossii 18.12.2020 N 61555) (Order of the Ministry of Natural Resources of Russia dated July 30, 2020 N 534 “On approval of the Rules for the care of forests” (registered with the Ministry of Justice of Russia on December 18, 2020 N 61555)).
- Rynok dikorosov v Rossii: vysokii potentsial i nizkii uroven' razvitiya* (Wild plants market in Russia: high potential and low level of development), 2021, 39 p.
- Shevelev S.L., Nemich N.S., Mikhailov P.V., Gaponova G.A., K voprosu kompleksnogo ispol'zovaniya lesov v Krasnoyarskom krae (On the issue of integrated use of forests in the Krasnoyarsk Territory), *Khvoinye boreal'nye zony*, 2011, Vol. 29, No. 3–4, pp. 309–312.
- Shevelev S.L., Nevzorov V.N., *Osnovnye pishchevye i lekarstvennye rastitel'nye resursy lesov Srednei Sibiri* (The main food and medicinal plant resources of the forests of Central Siberia), Krasnoyarsk: Krasnoyarskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet, 2017, 174 p.
- Teben'kova D.N., Lukina N.V., Chumachenko S.I., Danilova M.A., Kuznetsova A.I., Gornov A.V., Gagarin Yu.N., Mul'tifunktional'nost' i bioraznoobrazie lesnykh ekosistem (Multifunctionality and biodiversity of forest ecosystems), *Lesovedenie*, 2019, No. 5, pp. 341–356.
- Vel'm M.V., Formirovanie predlozheniya na regional'nom rynke pishchevykh resursov lesa (Formation of supply in the regional market of forest food resources), *Vestnik IrGTU*, 2009, No. 1 (37), pp. 92–94.
- Vorob'ev D.V., *Tipy lesov Evropeiskoi chasti SSSR* (Forest types of the European part of the USSR), Kiev: Izd-vo AN USSR, 1953, 452 p.