

DOI

УДК 630*8, 004*94

ОБЗОР МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ ЛЕСОВ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ РОССИИ

© 2018 г.

А.А. Дулина¹, С.И. Чумаченко²

¹Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН

Россия, 117997 Москва, ул. Профсоюзная, 84/32, стр. 14

²МФ МГТУ им. Н.Э. Баумана

Россия, 141005 Московская обл. Мытищи, 1-я Институтская ул. 1

Email: anna_dulina@bk.ru

Поступила в редакцию 25.11.2018

В статье проанализированы наиболее благоприятные для роста и плодоношения ягод и грибов условия. Изучены показатели урожайности пищевых ресурсов. Рассмотрены российские и зарубежные модели продуктивности пищевых ресурсов леса. Предложено для моделирования динамики продуктивности пищевых ресурсов использовать такой информативный параметр как освещенность на уровне напочвенного покрова. Рассчитав освещенность, возможно более точно оценить урожайность пищевых ресурсов не только в одноярусных, имеющих подрост и подлесок, но и в многоярусных насаждениях.

Ключевые слова: *пищевые ресурсы леса, моделирование, освещенность, урожайность*

В настоящее время в центре европейской части России остается все меньше лесных земель, не переданных в аренду под лесопользование. Возможность увеличения доходов только от продажи древесины за счет увеличения площади арендных участков практически исчерпана, поэтому возникает необходимость научиться получать более высокую отдачу от каждого лесного участка. Многоцелевое лесопользование – основная возможность решить эту проблему. Заготовка древесины и недревесных ресурсов леса на одной и той же лесной территории не только возможна, но и необходима. Безусловно, заготовка древесины, которая является необходимым материалом для строительства, сырьем для целлюлозно-бумажной промышленности и многих других отраслей занимает важнейшее место в хозяйстве России. Но, кроме древесины, в лесах сосредоточены крупнейшие ресурсы разнообразной продукции, используемой для питания и как сырье для промышленной переработки. В Лесном кодексе РФ 2006 г. эти виды лесопользования подразделяются на четыре группы: заготовка живицы; заготовка и сбор недревесных лесных ресурсов, включающий пни, бересту, кору деревьев и кустарников, хворост, веточный корм, еловую, пихтовую, сосновую лапы ели или деревьев других хвойных пород для новогодних праздников, мох, лесную подстилку, камыш, тростник и др.; заготовка пищевых лесных ресурсов, включающий дикорастущие плоды, ягоды, орехи, грибы, семена, березовый сок и др. и сбор

лекарственных растений; использование лесов для осуществления видов деятельности в сфере охотничьего хозяйства (Лесной кодекс РФ, 2006).

Научные исследования и практика прошлых лет показывают, что доход от эксплуатации недревесных ресурсов в определенных типах леса в несколько раз выше дохода от заготовки древесины (Телишевский, 1986). Например, по результатам сравнительной стоимостной оценки древесины и ягод морошки в сосняке сфагновом ясно, что доход от реализации ягод на 1 га в 11.5 раз превысил стоимость дохода от заготовки древесины (Косицын, 1996, 1998). В республике Коми исследователи сравнили стоимость 120-летней древесины сосны и годового урожая белого гриба на одном и том же участке. Выявлено, что всего за 5 лет доход от продажи урожая грибов на таком участке будет сопоставим со стоимостью заготовленной древесины в возрасте 120 лет. Если использовать участок для сбора грибов на протяжении всего периода роста леса, то прибыль от них в разы превысит прибыль от лесозаготовок (Козубов, Таскаев, 2000). Следовательно, использование недревесных ресурсов леса повышает экономический потенциал лесной отрасли и обеспечивает население экологически чистой продукцией (Большаков, 2013).

Интерес к использованию недревесных ресурсов возобновился недавно, в связи с заинтересованностью лесопользователей в получении максимальной выгоды с арендного участка. Из всех возможных ресурсов леса, помимо древесины, наиболее востребованы на рынке пищевые ресурсы (ягоды и грибы). Ранее методы управления лесами во всём мире традиционно ориентировались на производство древесины, но с переходом на многоцелевое лесопользование обнаружено, что вопрос оценки и прогноза динамики недревесных ресурсов является весьма актуальным (Vacik et al., 2016; Huber et al., 2016). Одним из современных подходов к решению этого вопроса является численное моделирование.

Цель данной работы – анализ современного состояния проблемы оценки и прогноза динамики недревесных ресурсов и обоснование выбора факторов и индикаторов для моделирования пищевых ресурсов леса для центральной части России.

Для достижения поставленной цели необходимо (1) дать оценку условий произрастания наиболее распространенных в европейской части России ягод и грибов, (2) дать оценку существующих моделей и (3) дать оценку возможностей применения таксационных данных и предложить другие информативные показатели для расчета продуктивности грибов и ягод.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ПРОИЗРАСТАНИЯ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ЯГОД И ГРИБОВ

Среди пищевых недревесных ресурсов России важнейшую роль с точки зрения хозяйственного значения пищевых плодов играют лесные растения, принадлежащие к

семействам брусничные (*Vacciniaceae*) – клюква (*Oxycoccus palustris Pers*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea L.*), черника (*Vaccinium myrtillus L.*) и семейству розоцветные (*Rosaceae*) – малина (*Rubus idaeus L.*), морошку (*Rubus arcticus*). К наиболее ценным грибам относятся белый гриб (*Boletus edulus Fr. ex Bull.*), подберезовик (*Boletus scaber Fr. ex Bull.*), подосиновик (*Boletus aurantiacus Fr.*), лисичка (*Cantharellus cibarius Fr.*) (Егошина, 2005).

Черника – низкорослый кустарничек, имеет широкий ареал распространения, от лугово-степной зоны до болотной. Встречается достаточно широко, от полуоткрытых пространств до особо тенистых лесов. Кустарничек растет преимущественно на увлажненных бедных песчаных почвах, обычно кислых, с незначительным количеством извести (Landolt, 1977; Цыганов, 1983). Не переносит прямого солнечного освещения. Оптимальный световой режим при средней сомкнутости полога. Промышленное значение имеет черника, растущая в сосняках, ельниках. Черника после выборочных рубок повышает плодоношение в 2.5 раза в течении 5 лет, затем устанавливается привычный режим. После сплошных рубок первые 2–3 года наблюдается деградация, а затем полное отмирание кустарников, восстанавливаются которые лишь через 40–50 лет (Зворыкина, 1972; Курлович и др. 2015).

Брусника – вечнозеленый кустарник с большим ареалом распространения от лугово-степно до болотно-лесолуговой зон. Светолюбивое растение, особенно хорошо растет в свежих борах. Ягода произрастает на бедных кислых мелкопесчаных почвах, брусника занимает менее влажные места, чем черника (Landolt, 1977; Цыганов, 1983). Хорошо плодоносит в насаждениях при низкой сомкнутости древесного полога и на открытых местах. Урожайность брусники после выборочных рубок на 5–7 лет увеличивается в 1.5 раза. Сплошные рубки способствуют обильному плодоношению 6–8 лет, затем ягодник угнетается и восстанавливается через 30–40 лет (Черкасов и др., 1988; Курлович и др., 2015).

Клюква – вечнозеленый кустарничек с ареалом распространения от влажных лесолуговых до болотных зон. Местами обитания клюквы являются верховые (олиготрофные) и переходные (мезотрофные) болота. В лесной зоне растет на умеренно увлажненных местообитаниях по микроповышениям, в лесотундре распространена на топях. Кустарничек располагается на кислых бедных торфянистых почвах, растет на открытых и полуоткрытых участках (Landolt, 1977; Цыганов, 1983). Урожайность клюквы находится в тесной связи с полнотой – наибольшая урожайность достигается в низкополнотных насаждениях (Черкасов и др., 1981).

Малина – многолетний полукустарник лесо-лугового типа. Растет на кислых и нейтральных богатых почвах. Может встречаться как на открытых, так и на затененных участках (Landolt, 1977; Цыганов, 1983). Дает хорошие урожаи в открытых и полуоткрытых местообитаниях: гари, вырубки, опушки. Формируется на свежих вырубках 2–3 лет, на 3–8

летних вырубках достигает максимальной урожайности. На старых вырубках малина угнетается порослью лиственными древесными породами (Казанцева, Мирьяминова, 2017). После смыкания древесного полога встречается во многих типах леса в угнетенном состоянии, почти не плодоносит.

Таблица 1. Диапазоны изменения условий плодоношения для наиболее ценных ягод и грибов России (Landolt, 1977; Цыганов, 1983; Телишевский, 1986; Черкасов и др., 1981)

Ягодные кустарнички/грибы	ТЛУ	Возраст насаждения	Порода	Оптимальная полнота древостоя	Лесная зона/подзона
Черника	A3-4, B3-4, C3	60 и более 40 и более	Сосна Ель Береза	0.6-0.8	Зона смешанных и широколиственных лесов, тайга
Брусника	A2-4, B2-4	40 и более	Сосна Ель Береза	0.3- 0.4	Зона смешанных и широколиственных лесов, лесотундра и лесотундра, тайга
Клюква	A4-A5, B4	Различный	Сосна Ель Береза	0.3-0.5	Тундра и лесотундра, тайга, зона смешанных и широколиственных лесов
Малина	A3, B3, C3	-	Сосна Ель Береза	Открытое место	Зона смешанных и широколиственных лесов, лесостепная зона
Белый гриб	A1-2, B1-3, C1-3, D 2 - 3	15-40	Ель, Сосна Лиственные, Береза, Дуб Осина, Ольха	0.6-0.8	Зона смешанных и широколиственных лесов, тундра, лесотундра, тайга
Подберезовик	A2-5, B2-3	15-40	Береза, Тополь	0.7-0.8	Зона смешанных и широколиственных лесов, тундра, лесотундра
Подосиновик	A2-3,B 2-3, C2-3	15-40	Осина, береза, сосна и ель, опушки	0.7-0.8	Зона смешанных и широколиственных лесов, тундра
Лисичка	A2, B2-3	15-40	Ель, Сосна хвойных, березовых и смешанных	0.7-0.8	Зона смешанных и широколиственных лесов

Белый гриб растёт в лиственных лесах на почвах, богатых перегноем, заросших травой и мхом. Древостой, в которых встречаются белые грибы, обычно имеют среднюю

полноту. Плодоношение белых грибов значительно возрастает в сложных многоярусных насаждениях (Телишевский, 1986).

Подберезовик – ближайший родственник белого гриба, растет в лиственных лесах с обязательным участием березы, он образует множество форм, каждая из которых представлена в характерных для нее условиях. Оптимальным условиям для произрастания гриба является средняя полнота древостоев. Наиболее продуктивен подберезовик в средневозрастных насаждениях.

Подосиновик растет в лиственных лесах, в осинниках и березняках на глинистой почве. Встречается в насаждениях со средней полнотой, а также на опушках и полянах. Считается, что наиболее часто этот гриб обитает совместно с осиной и тополем, реже с ивой, может образовывать микоризу и с дубом, буком, грабом, берёзой.

Лисичка встречается в хвойных и лиственных, не очень частых мшистых лесах. растет на протяжении всего лета и осени (в июне – октябре) гнездами в хвойных, березовых и смешанных лесах в увлажненных местах на всех разновидностях почв. Образует микоризу с различными деревьями, наиболее часто с елью, сосной, дубом, буком.

На основе литературных данных интегрированы представления о наиболее благоприятных лесорастительных условиях для достижения производственной продуктивности ягод и грибов (табл. 1). Плодоношение видов в различных типах лесорастительных условий (ТЛУ) произрастания представлена в таблице 2.

Таблица 2. Наличие формирования плодов (кустарнички) и плодовых тел (грибы) в различных типах лесорастительных условий (ТЛУ), +/- плодоносят

Ресурс\ТЛУ	A1	A2	A3	A4	A5	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3	C4	D1	D2	D3
Черника			+	+				+	+			+				
Брусника		+	+	+			+	+	+							
Клюква				+	+				+							
Малина			+					+				+				
Белый гриб	+	+				+	+	+		+	+	+			+	+
Подберезовик		+	+	+	+		+	+								
Подосиновик		+	+				+	+			+	+				
Лисичка		+					+	+								

ОБЗОР МОДЕЛЕЙ УРОЖАЙНОСТИ ПИЩЕВЫХ РЕСУРСОВ ЛЕСА

Одним из известных подходов к оценке продуктивности недревесных ресурсов в России является использование таблиц биологической и производственной урожайности,

представленных в книгах «Таксационный справочник по лесным ресурсам России (за исключением древесины)» (Курлович, Косицын, 2018), и «Руководство по учету и оценке второстепенных лесных ресурсов и продуктов побочного лесопользования» (Курлович и др., 2003). Они включают более 500 нормативно-справочных таблиц по основным видам недревесных ресурсов лесов России, которые систематизированы по лесорастительным зонам и входящим в них лесным районам, что обуславливает произрастание древесных пород, а вместе с тем подлеска, травяно-кустарничкового яруса и напочвенного покрова.

Таблицы получены путём многочисленных оценок с закладкой пробных площадей для расчета продуктивности недревесных ресурсов. Используя таблицы, возможно прогнозировать урожайность недревесного ресурса практически в любом регионе. При отсутствии данных по продуктивности в анализируемом районе, авторы рекомендуют использовать таблицы по району со схожими условиями произрастания.

Руководство и справочник содержат данные по регионам РФ, что позволяет определить урожайность пищевых ресурсов с поправкой на район произрастания. Это дает возможность применять его для всей территории России.

Основными переменными, влияющими на урожайность, являются лесоводственные и таксационные характеристики лесных участков, используя эти данные можно с определенной вероятностью прогнозировать продуктивность недревесных ресурсов.

В первую очередь, показателем, определяющим возможность произрастания, служит тип лесорастительных условий. В его основу положены эдафические факторы, показывающие плодородие почвы и ее влажность. Так, например, ягода клюква является эндемичным видом для А5 и В5, не произрастая больше ни в каких условиях. Преобладающая порода оказывает немалое влияние на произрастание тех или иных ресурсов. Особенно это отражается на грибах. Некоторые виды, например, подберезовик образуют симбиоз только с одной породой деревьев – березой, а белый гриб предпочитает смешанные насаждения (Паутов, 2009).

Возраст насаждения также определяет возможность появления грибов и ягод. Основная масса лесных ягод (брусника, голубика, морошка, черника) достигают производственных запасов в лесу, где возраст древостоев старше 40–60 лет. Это связано с достижением оптимального светового режима и ослаблением конкуренции с травянистыми растениями. Грибы же наиболее продуктивны в лесу, где возраст древостоя изменяется в пределах 15–40 лет, что связано с мощностью лесной подстилки, чем она тоньше, тем быстрее происходит её прогревание, а тепло необходимо для роста грибов (Жукова и др., 2008).

Полнота древостоя – один из лимитирующих возможность произрастания ягод и грибов фактор, от которого зависит урожайность. От полноты зависит поступление под полог леса световой, тепловой энергии и количества осадков, а также состав и развитие растений, которые могут создавать конкуренцию ягодным кустарничкам (Малиновских, 2017). Это можно объяснить тем, что при высокой полноте отсутствие растений связано с недостатком света и невозможностью фотосинтеза. При низкой полноте появляется большое количество конкурентных видов, которые вытесняют виды ягодных кустарничков. Например, черника не переносит прямого солнечного освещения, для нее оптимальный световой режим создается при полноте 0.6–0.8 (Никитенко, 2016). Брусника, морошка и клюква – более светолюбивые растения, хорошо плодоносят в насаждениях при полноте 0.3–0.5 и на открытых местах (Горобец, Славский, 2013).

Оптимальными для плодоношения всех видов грибов являются насаждения с полнотой 0.7–0.8 (Юркина, 2017). Свет грибам также необходим в процессе созревания спор. Таким образом, большинство ягод и грибов привязано к определенному световому режиму, что учитывается в таксационном справочнике через полноту. Но в таблицах справочника не уделено внимание сложным древостоям с несколькими ярусами. При одинаковой полноте в многоярусном насаждении, поток света, доходящий до напочвенного покрова, будет в разы ниже, чем в чистом насаждении, а значит и продуктивность ягодников и грибов будет изменяться. Таким образом, использование показателя полноты, влияющего на продуктивность ягод и грибов, без учета света не совсем корректно.

На основе полноты древостоя, породного состава 1 и 2 ярусов, а также подлеска и подрост, возможно рассчитывать освещенность, как более информативный фактор, влияющий на развитие ягод и грибов. Тогда интенсивность освещенности будет учитываться не на уровне верхнего яруса древесных пород, а на уровне напочвенного покрова, что позволит более точно оценить продуктивность и перспективы роста травяно-кустарничкового яруса, а также дать рекомендации формирования условий для развития многоярусного лесопользования.

Нельзя оставить без внимания и действие лесохозяйственных мероприятий на различные пищевые ресурсы леса. По степени воздействия на лесные биогеоценозы рубка леса занимает одно из первых мест среди различного рода техногенных и антропогенных факторов. Частичное или полное удаление деревьев влияет на условия освещенности и температурного режима, что сопровождается не только существенными преобразованиями в древесном пологе, но и приводит к нарушениям всех остальных ярусов растительного и почвенного покровов (Курлович и др., 2015). Грамотными рубками можно увеличить продуктивность интересующего ресурса.

Существуют виды, которые достигают производственной продуктивности только на открытых местах (вырубки, гари, опушки), среди них, например, малина обыкновенная. В связи с этим, малина активно разрастается и плодоносит на участках, пройденных сплошными рубками.

Для ягод, растущих под пологом леса, оптимальными мероприятиями будут прореживание до полноты, в которой наблюдается их наибольшая продуктивность. Необходимо обратить внимание на характер восстановления после рубок. Оптимальными для плодоношения всех видов грибов являются смешанные насаждения с полнотой 0.7–0.8 (Булгаков и др., 1987). Поэтому нельзя запаздывать с рубками ухода, особенно с осветлениями и прочистками.

Рубки ухода способствуют увеличению освещённости и притока тепла к нижним ярусам фитоценоза, повышение влажности почвы способствуют благоприятному для плодоношения грибов микроклимату. В сложных суборях свежих и влажных осветление и прочистка молодняков вызывает разрастание трав, особенно злаковых, что препятствует урожаю грибов. При прореживании полноту необходимо снижать до 0.6–0.7, оставляя в составе хвойных насаждений до 3х единиц лиственных пород. (Ключников, 2005) После сплошной рубки хвойных или лиственных лесов резко изменяется световой и температурный режим на поверхности почвы. Уже на второй год участок зарастает травами. Большинство лесных грибов появляется позже, когда на вырубке начинает формироваться молодой лес. Таким образом, при ведении многоцелевого лесопользования возможно регулировать урожайность пищевых ресурсов (Обыденников, 2002).

В связи с увеличением заинтересованности в многоцелевом лесопользовании для увеличения доходности лесного участка, необходимо совместное прогнозирование использования древесины и пищевых недревесных ресурсов, что невозможно без моделирования

В мировой практике уже начался переход на многоцелевое лесопользование. В Финляндии много работ посвящено исследованию урожаев ягод черники в разных условиях произрастания, с учетом большого количество факторов (осадки, температура, влажность, тип леса, возраст древостоя), влияющих на продуктивность (Wallenius, 1999; Turtiainen et al., 2007, 2012). Показана зависимость количества урожая от них, наиболее урожайными для ягод являются средневозрастные древостои, с оптимальной влажностью. Также на продуктивность влияют суммы температур.

Эмпирические модели продуктивности ягод, разработанные до 2009 года, были основаны на региональных данных об урожаях в Северной Карелии (Ihalainen et al., 2003, 2005). Модели Models for Bilberry Yield (Модель для урожая черники) и Models for Cowberry

Yields (Модель для урожая брусники) используются для оценки урожая черники и брусники. Входными параметрами являются: возраст и тип насаждения. Затем модели для урожая черники и брусники были откалиброваны с применением полевых данных об урожае в южной Финляндии. Однако, эти модели не учитывали проективное покрытие черники как определяющий параметр урожайности.

С использованием Симулятора лесонасаждений MOTTI – Stand simulator MOTTI стало возможно моделирование урожая черники на разных почвах в северной и южной Финляндии (Hupunen, 2003, 2005).

В 2009 году разработан набор эмпирических моделей (Miina et al., 2009), прогнозирующих сначала площадь проективного покрытия черники «Model for the Percentage Coverage of Bilberry» (Model 1), а затем годовой урожай ягод в зависимости от характеристики насаждения «Models for Bilberry Yield» (Model 2). Модели также позволяют рассмотреть, годовые колебания прогнозов урожайности. Модели были сосредоточены исключительно на участках минеральных почв (Miina et al., 2010). В 2014 году разработана модель, которая помимо минеральных почв, включала торфяные. Затем годовые колебания урожая черники в период 2001–2014 гг. были смоделированы с использованием значительно большего ряда данных из MASI данных постоянных пробных площадей в Финляндии. Финское название MASI буквально означает ягоды (MArja) и грибы (SIeni) системы, и он состоит из ряда различных баз данных. Модель 1 была подготовлена для прогнозирования средней площади проективного покрытия черники, основываясь на постоянных показателях – возраст, бонитет, ТЛУ. Модель 2 прогнозирует среднее количество черники в лесонасаждении. Входными данными являются площадь покрытия черники, высота насаждения и средняя эффективная температура. В 2015 рассчитана среднегодовая урожайность черники на 1997 – 2013 гг. с использованием данных MASI (Turtiainen et al., 2011, 2016). Аналогичные модели, прогнозирующие в два этапа, площадь проективного покрытия, а затем урожайность, разработаны и для брусники – Model for the percentage coverage of cowberry, Model for cowberry yield (Turtiainen et al., 2005, 2013).

В других странах разработан ряд моделей для видов рода *Vaccinium*. Во французских лесах использовали «Model the cover/abundance of *Vaccinium myrtillus*» – Модель проективного покрытия / урожайности черники, использует климатические и эдафические факторы (температура, осадки, солнечная радиация, водный баланс, рН почвы и соотношение C/N, чтобы прогнозировать урожайность черники (Coudun, Gegout, 2007). В Канаде модели черники и голубики разработаны для прогнозирования урожайности с использованием климатических переменных (Hall et al., 1982). В Швеции различные экосистемные услуги, включая производство черники, смоделированы для прогнозирования

с использованием характеристик древостоя, климатических и эдафических факторов (Gamfeldt et al., 2013).

Не менее важным пищевым ресурсом являются грибы. Созданы эмпирические модели прогнозирования урожайности лесных грибов – «Empirical models for predicting the production of wild mushrooms» (Bonet et al., 2008). Основными характеристиками, влияющими на продуктивность, являются таксационные характеристики лесонасаждений (порода – сосна обыкновенная, возраст, высота, площадь, количество деревьев на гектар, средний диаметр, класс возраста). Однако, производство грибов также зависит от погодных условий, таких как время и количество осадков, которые не могут быть точно прогнозированы на длительный промежуток времени.

Затем в модели добавляется еще несколько факторов. Рельеф, который влияет на прогнозируемое производство грибов, что вероятно, связано с наличием подземных вод. Вода является наиболее ограничивающим фактором роста в лесах южных Центральных Пиренеев, где свет в изобилии, а температуры круглый год мягкие. Кроме того, модель прогнозирует зависимость продуктивности грибов от характера восстановления лесов, урожай грибов выше при естественном возобновлении (Bonet et al., 2010).

В Финляндии в 2014 году разработана экспертная модель урожайности белого гриба – «Expert model for *Boletus edulis*» в северных карельских еловых лесах. Было задействовано 25 экспертов по оценке урожайности белых грибов, помимо экологических факторов (осадки, температура и питательные вещества, наземная растительность) и состояния насаждения, экспертами учитывалась визуальная оценка леса по фотографиям древостоя (Tahvanainen et al., 2014).

В Испании создана модель прогноза урожайности грибов семейства Сыроежковые (*Lactarius*), в которой предусмотрено два этапа моделирования. Первый анализирует возможность появления грибов в насаждении «Models for the probability of mushroom occurrence», а второй прогнозирует их продуктивность «Models for mushroom yield conditional on the probability of mushroom occurrence». Условиями для произрастания грибов являются характеристики климата, почвы, состава и возраста насаждения. Основное влияние на продуктивность оказывает количество и распределение осадков, pH почвы (Tau et al., 2016).

Российская модель FORRUSS-S (FORest of RUSsia – Stand) предназначена для прогнозирования динамики таксационных характеристик многовидовых разновозрастных насаждений на площади до сотен тысяч гектар (Чумаченко, 1993; Chumachenko et al., 2003). Модель относится к классу эколого-физиологических (объясняющих), пространственно-ориентированных моделей насаждений при разных сценариях лесопользования. С шагом в 5 лет модель формирует новые таксационные описания, на основании которых внешние

модули позволяют оценивать многие дополнительные характеристики, в том числе пищевые ресурсы леса.

Сравнение характеристик моделей недревесных лесных ресурсов представлено в таблице 3.

Таблица 3. Классификация моделей недревесных ресурсов

Название модели	Моделируемый ресурс	Входные параметры	Год	Регион	Пространственный уровень	Моделируемый показатель	Авторы
Модель урожая черники Модель урожая брусники Models for Bilberry Yield. Models for Cowberry Yields. (Ihalainen et al., 2003, 2005)	Черника Брусника	Возраст, тип лесорастительных условий	2003	Северная Карелия	Локальный	Урожайность	M. Ihalainen, K. Salo, T. Pukkala
Симулятор лесонасаждений MOTTI Stand simulator MOTTI (Hunynen 2003, 2005)	Черника	Возраст, ТЛУ, тип почвы	2003	Северная и южная Финляндия	Локальный	Урожайность	J. Hunynen, R. Ojansuu
Модель проективного покрытия Черники. Модели урожая черники Model for the Percentage Coverage of Bilberry Models for Bilberry Yield (Miina et al., 2009, 2010)	Черника	Возраст, ТЛУ, минеральные почвы	2009	Южная Финляндия	Локальный	Площадь проективного покрытия, урожайность	J. Miina, J.-P. Hotanen, K. Salo, T. Pukkala
Модель проективного покрытия брусники. Модели урожайности брусники Model for the percentage coverage of cowberry Model for cowberry yield (Turtiainen et al., 2005, 2013)	Брусника	Возраст, бонитет, ТЛУ, Высота Площадь проективного покрытия, средняя эффективная температура	2014	Финляндия	Локальный Региональный	Площадь проективного покрытия, урожайность	M. Turtiainen, J. Miina, K. Salo, J.-P. Hotanen
Модель проективного покрытия черники. Модель урожая черники Model for the Percentage Coverage of Bilberry Models for Bilberry Yield (Turtiainen et al., 2016)	Черника	Возраст, бонитет, ТЛУ, Высота Площадь проективного покрытия, средняя эффективная температура	2016	Финляндия	Локальный Региональный	Площадь проективного покрытия, урожайность	M. Turtiainen, J. Miina, K. Salo, J.-P. Hotanen
Модель проективного покрытия/урожайности Vaccinium myrtillus Model the cover/abundance of Vaccinium myrtillus (Coudun, Gegout, 2007)	Черника	Возраст, состав насаждения, солнечная радиация, температура, осадки, тип и влажность почвы	2007	Центральная Франция	Локальный	Урожайность	C. Coudun, J. Gegout

Эмпирическая модель прогнозирования урожайности грибов Empirical models for predicting the production of wild mushrooms (Bonet et al., 2008)	Грибы	Таксационные характеристики (Сосна)	2008	Испания (Центральные Пиренеи)	Локальный	Урожайность	J.A. Bonet, M. Palahi, C. Colinas, T Pukkala, C.R. Fischer
Эмпирическая модель прогнозирования урожайности грибов Empirical models for predicting the production of wild mushrooms (Bonet et al., 2010)	Грибы	Таксационные характеристики (Сосна), рельеф	2010	Испания (Центральные Пиренеи и северо-восточная Испания)	Локальный	Урожайность	J.A. Bonet, M. Palahi, T Pukkala, C.R. Fischer J. Martínez de Aragón
Экспертная модель урожайности белых грибов Expert model for Boletus edulis (Tahvanainen et al., 2014)	Белый гриб	Состав насаждения, осадки, температура, фото	2014	Финляндия	Локальный	Урожайность	V.Tahvanainen, M. Kurttila, J. Miina, K. Salo
Модели вероятности произрастания грибов Модели урожайности грибов обусловлены вероятностью произрастания грибов Models for the probability of mushroom occurrence (Taye et al., 2016)	Сыроежковые	Состав и возраст насаждения, тип почвы, климатические условия	2016	Центральная Испания	Локальный	Возможность произрастания, урожайность	Z.M. Taye, F. Martínez-Peña, J.A. Bonet, J. Martínez de Aragón, S De-Miguel
Модель динамики многовидовых разновозрастных лесных массивов - FORRUS-S (Чумаченко, 1993)	Ягоды, Грибы	Таксационные характеристики, ТЛУ, свет. климатические условия	1993	Россия	Локальная	Урожайность	С.И. Чумаченко

Подавляющее большинство представленных зарубежных моделей (Финляндия) работают и справляются со своими функциями преимущественно для одновидовых насаждений. Методика работы в многовидовых насаждениях в литературе не выявлена. Насаждения являются изменяющимися с течением времени объектами, в которых полнота, состав, возраст насаждений и другие параметры будут изменяться (Исаев, 2013). Следовательно, моделировать урожайность недревесных ресурсов необходимо с учетом динамики характеристик лесных насаждений, в том числе и под воздействием антропогенных факторов. Таким образом, необходима интеграция модели динамики характеристик насаждения и модели оценки недревесных ресурсов леса.

Для оценки изменения хозяйственно доступных пищевых ресурсов леса на территории центральной части европейской России планируется использовать модель динамики основных таксационных показателей многовидовых разновозрастных лесных массивов FORRUS-S.

Приведем более подробное описание модели FORRUS-S. Входными данными модели являются: стандартные таксационные описания выделов, планы лесных насаждений, базы

биоэкологических данных (темпы роста в разных онтогенетических состояниях, отношение к свету, семенная и порослевая продуктивность и пр.). Шаг моделирования 5 лет выбран, исходя из данных популяционной биологии о времени, за которое происходят заметные изменения темпов роста, развития и отношения древесных растений к свету в молодости. Блок “Моделирование” состоит из двух моделей: “Естественное развитие” и “Экзогенные воздействия”.

Модель «Естественное развитие» насаждений имитирует существенные процессы, протекающие в лесных насаждениях: естественного возобновления, роста, спонтанного изреживания. В ходе моделирования прогнозируются изменения средних таксационных показателей насаждений по когортам (элементам) леса (высоты, диаметра, полноты, запаса и пр.), изменение видового (породного) и возрастного состава каждого выдела. Вычисление приростов основывается на расчете световых условий в трехмерном моделируемом пространстве, с учетом положения когорты в лесном пологе и потенциальных темпов роста, определяемых типом лесорастительных условий.

Важную роль играет блок “Экзогенные воздействия”, который позволяет моделировать большое число внешних по отношению к лесному ценозу воздействий биотического и абиотического характера. К последним относятся: большинство видов лесохозяйственной деятельности (рубки сплошные и выборочные, посадка лесных культур и уход за ними, рубки ухода разной интенсивности и пр.), гидромелиорация, внесение удобрений и пр.

Модель возможно расширить дополнительными модулями, среди которых находится модуль по учету пищевых ресурсов, который мы планируем использовать в своей работе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящее время усилились тенденции перехода на многоцелевое лесопользование. Так как при ведении хозяйства, направленного на получения древесины возможно получение дополнительного дохода от других продуктов леса, например, сбора диких ягод, грибов. Вследствие чего появилась необходимость моделирования совместного производства древесины и пищевых ресурсов леса.

В статье представлены условия произрастания и плодоношения наиболее ценных грибов и ягод центра европейской части России, ими оказались ТЛУ А2, А3, В2, В3. Рассмотрено влияние лесохозяйственных мероприятий, таких как сплошные и выборочные рубки спелых и перестойных насаждений, рубки ухода на урожайность отдельных видов ягод и грибов.

Анализ российской и зарубежной литературы позволил установить, что продуктивность пищевых ресурсов леса в пределах одного лесорастительного района тесно связана с типом лесорастительных условия, породой, возрастом и полнотой, т.е. таксационными данными, динамика которых прогнозируется большинством лесных моделей. Выявлена проблема оценки недревесных ресурсов в смешанных насаждениях, так как рассмотренные модели расчета урожайности грибов и ягод работают только в чистых одновозрастных насаждениях. При оценке пищевых ресурсов в смешанных насаждениях требуется учет доли составляющих пород в древостое.

Полнота древесного яруса не всегда является значимым фактором продуктивности ягод и грибов. При наличие второго яруса, либо подроста и подлеска, зависимость продуктивности от полноты нарушается, поэтому предлагается учет освещённости, уровень которой под кронами деревьев и определяет хозяйственную продуктивность запас ягод, в моделях динамики пищевых ресурсов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках проекта FP7 ERA - Net Sumforest-POLYFORES при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (уникальный идентификатор проекта RFMEFI61618X0101).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Большаков Б.М. Состояние и перспективы использования недревесных ресурсов леса // Состояние и перспективы использования недревесных ресурсов леса: Сборник. ст. межд. Научно-практ. конф. Кострома, 10–11 сентября 2013. Пушкино: ВНИИЛМ, 2014. С. 7-11.

Булгаков Н.К., Козьяков С.Н., Фесюк А.В. Технология заготовки и переработки недревесных ресурсов леса: Учебное пособие. М.: Лесная промышленность, 1987. 224 с.

Горобец В.А., Славский В.А. Недревесная продукция леса. Воронеж: ВГУ им. Г.Ф. Морозова, 2013. 169 с.

Егошина Т.Л. Недревесные растительные ресурсы России. М.: НИИ-Природа, 2005. 80 с.

Жукова А.И., Григорьев И.В., Григорьева О.И., Ледяева А.С. Лесное ресурсоведение: Учебное пособие. СПб: СПб ГЛТА, 2008. 215 с.

Зворыкина К.В. Влияние вырубки на урожайность черники. Киров: Всесоюзный научно-исследовательский институт охотничьего хозяйства и звероводства, 1972. С. 17-19.

Исаев А. С., Мартыненко В. Б., Широких П. С., Миркин Б. М. Разнообразие и динамика лесных экосистем России (в 2-х кн. п/ред. акад. А.С. Исаева). Кн. 2. М: Товарищество научных изданий КМК, 2013. 478 с.

Казанцева М.Н., Мирьяминова Л.Р. Плодоношение малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.) в лесах на юге тюменской области // Актуальные проблемы лесного комплекса. 2017. № 47. С. 1-4.

Ключников Л.Ю. Побочное лесопользование: учебное пособие. М: ГОУ ВПО МГУЛ, 2005. 68 с.

Козубов Г.М., Таскаев А.И. Лесное хозяйство и лесные ресурсы Республики Коми. М.: Издательско-производственный центр «Дизайн. Информация. Картография», 2000. 512 с.

Косицын В.Н. Экономическая оценка ресурсов дикорастущих ягодников // Растительные ресурсы. 1998. Т. 34. № 4. С. 76-81.

Косицын В.Н. Стоимостная оценка ресурсов морошки в подзоне южной тайги // Лесохозяйственная информация. 1996. № 12. С. 18-23.

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., Николаев А.Ф., Черкасов В.Н., Косицын Г.В. Руководство по учету и оценке второстепенных лесных ресурсов и продуктов побочного лесопользования. Пушкино: ВНИИЛМ, 2003. 315 с.

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

Лесной кодекс Российской Федерации от 04.12.2006. N 200-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.09.2018). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (дата обращения 17 ноября 2018).

Малиновских А.А. Влияние уровня освещенности под пологом леса на урожайность черники в условиях Средне-обского бора Алтайского края // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. Т. 6 № 152. С. 87-92.

Никитенко Е.Б. Недревесные ресурсы леса: Учебное пособие. Иркутск: Изд-во БГУ, 2016. 222 с.

Обыденников В.И., Авдеев А.Н., Авдеев Э.Н. Использование и воспроизводство ресурсов ягодников в связи с рубками в сельских лесах Новгородской области // Лесхоз. информ. 2002. № 10. С. 15-21.

Паутов Ю.А., Засухин Д.П. Рекомендации по выделению участков массового сбора грибов и ягод местным населением. Сыктывкар: Коми региональный некоммерческий фонд "Серебряная тайга". 2009. 17 с.

Телишевский Д.А. Комплексное использование недревесной продукции леса. 2-е изд. Москва: Лесная промышленность. 1986. 261 с.

Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука, 1983. 196 с.

Черкасов А.Ф., Буткус В.Ф., Горбунов А.Б. Клюква. М.: Лесная промышленность. 1981. 214 с.

Черкасов А.Ф., Шутов В.В., Миронов К.А. Восстановление зарослей брусники и черники после сплошных рубок // Лесоведение. 1988. № 4. С. 42-48.

Чумаченко С.И. Базовая модель динамики многовидового разновозрастного лесного ценоза // Вопросы экологии и моделирования лесных экосистем. 1993. № 248. С. 147-180.

Юркина Е.В. Ресурсный потенциал недревесной продукции леса: Учебное пособие. Сыктывкар: СЛИ. 2017. 240 с.

Bonet J.A., Palahi M., Colinas C., Pukkala T., Fischer C.R., Miina J., Martínez de Aragón J. Modelling the production and species richness of wild mushrooms in pine forests of Central Pyrenees in northeastern Spain // Canadian Journal of Forest Research. 2010. Vol. 40. No. 2. P. 347-356.

Bonet J.A., Pukkala T., Fischer C.R., Palahi M., Martínez de Aragón J., Colinas C. Empirical models for predicting the production of wild mushrooms in Scots pine (*Pinus sylvestris*) forests in the Central Pyrenees // Annals of Forest Science. 2008. Vol. 65. No. 2. P. 1-8.

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. P. 345-361.

Coudun C., Gegout J. Quantitative prediction of the distribution and abundance of *Vaccinium myrtillus* with climatic and edaphic factors // Journal of Vegetation Science. 2007. № 18. P. 517-524.

Gamfeldt L., Snäll T., Bagchi R. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species // Nature Communications. 2013. Vol. 4 No. 1340. P. 1-8.

Hall I.V., Alders L.E., McRae K.B. Lowbush blueberry production in eastern Canada as related to certain weather data // Canadian Journal of Plant Science. 1982. Vol. 62 No. 3. P. 809-812.

Hynynen J., Ojansuu R. Impact of plot size on individual tree competition measures for growth and yield simulators // *Canadian Journal of Forest Research*. 2003. Vol. 33. No. 3. P. 455-465.

Hynynen J., Ahtikoski A., Siitonen J., Sievaonen R., Liski J. Applying the MOTTI simulator to analyse the effects of alternative management schedules on timber and non-timber production // *Forest Ecology and Management*. 2005. Vol. 207. No. 1-2. P. 5-18.

Huber P., Kurttila M., Hujala T., Wolfslehner B., Vacik H. Managing for NWFPs - an assessment on the forest holding level // *Wild Forest Products in Europe. Barcelona*, 13–14 October, 2016. Barcelona: European Forest Institute, 2016. P. 9.

Ihalainen M., Pukkala T., Saastamoinen O. Regional expert models for bilberry and cowberry yields in Finland // *Boreal Environment Research*. 2005. No 10. P. 145-158.

Ihalainen M., Salo K., Pukkala T. Empirical prediction models for *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea* berry yields in North Karelia // *Silva Fennica*. 2003. Vol. 37 No 1. P. 95-108.

Landolt E. Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora // *Veröffentlichungen des Geobotanischen Institutes der ETH, Stiftung Rubel, Zurich*, 1977. Vol. 64. 208 p.

Miina J., Hotanen J.-P., Salo K. Modelling the abundance and temporal variation in the production of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in Finnish mineral soil forests // *Silva Fennica*. 2009. Vol. 43. P. 577-593.

Miina J., Pukkala T., Hotanen J.-P., Salo K. Optimizing the joint production of timber and bilberries // *Forest Ecology and Management*. 2010. Vol. 259. Issue 10. P. 2065-2071.

Tahvanainen V., Kurttila M., Miina J., Salo K. Predicting the yields of commercially important mushrooms in Finland // *Symposium on wild forest mushrooms and other NTFPs: Innovations and perspectives. La Pocatiere, 27-28 August 2014. La Pocatiere: Centre for Forest Research*, 2014. P.1-11.

Taye Z.M., Martínez-Peña F., Bonet J.A., Martínez de Aragón J., De-Miguel S. Meteorological conditions and site characteristics driving edible mushroom production in *Pinus pinaster* forests of Central Spain // *Fungal Ecology*. Vol. 23. 2016. P. 30-41.

Turtiainen M., Miina J., Salo K., Hotanen J.-P. Empirical prediction models for the coverage and yields of cowberry in Finland // *Silva Fennica*. 2013. Vol. 47. No. 3. P. 22.

Turtiainen M., Miina J., Salo K., Hotanen J.-P. Modelling the coverage and annual variation in bilberry yield in Finland // *Silva Fennica*. 2016. Vol. 50. No. 4. P. 12.

Turtiainen M., Nuutinen T. Evaluation of information on wild berry and mushroom markets in European countries // *Small-scale Forestry*. 2012. Vol. 11 No. 1. P. 131-145.

Turtiainen M., Salo K., Saastamoinen O. Model-based estimates of regional and national bilberry and lingonberry yields on mineral soils in Finland // University of Joensuu: Faculty of Forestry. Research Notes. 2005. 44 p.

Turtiainen M., Salo K., Saastamoinen O. National and regional estimates of blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and lingonberry (*V. vitis-idaea* L.) yields on peatlands in Finland // Finnish Peatland Society Helsinki. 2007. No. 58 (3–4). P. 87-98.

Turtiainen M., Salo K., Saastamoinen O. Variations of yield and utilisation of bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and cowberries (*V. vitis-idaea* L.) in Finland // *Silva Fennica*. 2011. Vol. 45 No. 2. P. 237-251.

Vacik H., Huber P., Kurttila M., Hujala T., Wolfslehner B., La Sánchez-González M., Pasalodos-Tato M., De Miguel S., Bonet J.A., Marques M., Borges J.G., Enescu M.C., Dinca L. Comparing the potential of on-Wood Forest Products across case studies in Europe // Conference on Non-Timber Forest Products and Bioeconomy. Rovaniemi, 28–30 November 2017. Helsinki: Natural Resources Institute Finland, 2017, P. 201-204.

Wallenius T.H. Yield variations of some common wild berries in Finland in 1956–1996 // *Annales Botanici Fennici*. 1999. No. 36. P. 299-314.

REFERENCES

Bol'shakov B.M. *Sostojanie i perspektivy ispol'zovanija nedrevesnyh resursov lesa* (State and prospects for the use of non-timber forest resources), Pushkino: *VNIILM*, 2014, pp. 7-11.

Bonet J.A., Palahi M., Colinas C., Pukkala T., Fischer C.R., Miina J., Martínez de Aragón J. Modelling the production and species richness of wild mushrooms in pine forests of Central Pyrenees in northeastern Spain, *Canadian Journal of Forest Research*, 2010, Vol. 40, No. 2, pp. 347-356.

Bonet J.A., Pukkala T., Fischer C.R., Palahi M., Martínez de Aragón J., Colinas C. Empirical models for predicting the production of wild mushrooms in Scots pine (*Pinus sylvestris*) forests in the Central Pyrenees, *Annals of Forest Science*, 2008, Vol. 65, No. 2, pp. 1-8.

Bulgakov N.K., Koz'jakov S.N., Fesjuk A.V. *Tehnologija zagotovki i pererabotki nedrevesnyh resursov lesa* (Technology of harvesting and processing of non-timber forest resources), Moscow: Lesnaja promyshlennost', 1987, 224 p.

Cherkasov A.F., Butkus V.F., Gorbunov A.B. *Kljukva* (Cranberry), Moscow: Lesnaja promyshlennost', 1981, 214 p.

Cherkasov A.F., Shutov V.V., Mironov K.A. Vosstanovlenie zaroslej brusniki i cherniki posle sploshnyh rubok (Restore thickets of lingonberry and blueberry after clear cutting), *Lesovedenie*, 1988, No. 4, pp. 42-48.

Chumachenko S.I. Bazovaja model' dinamiki mnogovidovogo raznovozrastnogo lesnogo cenoza (The basic model of the dynamics of multiple species of different age forest cenosis), *Voprosy jekologii i modelirovanija lesnyh jekosistem*, Moscow: MLTI, 1993, No. 248, pp. 147-180.

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.

Coudun C., Gegout J. Quantitative prediction of the distribution and abundance of *Vaccinium myrtillus* with climatic and edaphic factors, *Journal of Vegetation Science*, 2007, No 18, pp. 517-524.

Cyganov D.N. *Fitoindikacija jekologicheskikh rezhimov v podzone hvojno-shirokolistvennyh lesov* (Phytoindication of ecological regimes in the subzone of coniferous-deciduous forests), Moscow: Nauka, 1983, 196 p.

Egoshina T.L. *Nedrevesnye rastitel'nye resursy Rossii* (Non-timber plant resources of Russia), Moscow: NIA-Priroda, 2005, 80 p.

Gamfeldt L., Snäll T., Bagchi R. Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species, *Nature Communications*, 2013, Vol. 4 No.1340, pp. 1-8.

Gorobec V.A., Slavskij V.A. *Nedrevesnaja produkcija lesa* (Non-wood forest products), Voronezh: VGU imeni G.F. Morozova, 2013, 169 p.

Hall I.V., Aalders L.E., McRae K.B. Lowbush blueberry production in eastern Canada as related to certain weather data, *Canadian Journal of Plant Science*, 1982, Vol. 62, No.3, pp. 809-812.

http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_64299/ (2018, 17 November).

Huber P., Kurttila M., Hujala T., Wolfslehner B., Vacik H. Managing for NWFPs - an assessment on the forest holding level // *Wild Forest Products in Europe. Barcelona*, 13–14 October, 2016, Barcelona: European Forest Institute, 2016. p. 9.

Hynynen J., Ahtikoski A., Siitonen J., Sievaonen R., Liski J. Applying the MOTTI simulator to analyse the effects of alternative management schedules on timber and non-timber production, *Forest Ecology and Management*, 2005, Vol. 207, No. 1-2. pp. 5-18.

Hynynen J., Ojansuu R. Impact of plot size on individual tree competition measures for growth and yield simulators, *Canadian Journal of Forest Research*, 2003, Vol. 33. No. 3, pp. 455-465.

Ihalainen M., Pukkala T., Saastamoinen O. Regional expert models for bilberry and cowberry yields in Finland, *Boreal Environment Research*, 2005, No 10, pp.145-158.

Ihalainen M., Salo K., Pukkala T. Empirical prediction models for *Vaccinium myrtillus* and *V. vitis-idaea* berry yields in North Karelia, *Silva Fennica*, 2003, Vol. 37, No. 1, pp. 95-108.

Isaev A.S., Rysin L.P., Smirnova O.V. *Raznoobrazie i dinamika lesnyh jekosistem Rossii* (Diversity and dynamics of forest ecosystems of Russia), Moscow, Tovarishestvo nauchnyh izdanij KMK, 2013, 478 p.

Jurkina E.V. *Resursnyj potencial nedrevesnoj produkcii lesa* (Resource potential of non-timber forest products), Syktyvkar: SLI, 2017, 240 p.

Kazanceva M.N., Mir'jaminova L.R. Plodonoshenie maliny obyknovЕННОj (Rubus idaeusl.) v lesah na jуге t'jumen'skoj oblasti (Fruiting raspberry ordinary (Rubus idaeusl.) In the forests in the south of the Tyumen region), *Aktual'nye problemy lesnogo kompleksa*, 2017, No. 47, pp.1-4.

Kljuchnikov L.Ju. *Pobochnoe lesopol'zovanie* (Secondary forest management) Moscow: GOU VPO MGUL, 2005, 68 p.

Kosicyn V.N. Jekonomicheskaja ocenka resursov dikorastushhих jagodnikov (Economic valuation of wild berry resources), *Rastitel'nye resursy*, 1998, Vol. 34, No. 4, pp. 76-81.

Kosicyn V.N. Stoimostnaja ocenka resursov moroshki v podzone južnoj tajgi (Cost estimate of cloudberry resources in the southern taiga subzone), *Lesohozjajstvennaja informacija*, 1996, No. 12, pp. 18-23.

Kozubov G.M., Taskaev A. I. *Lesnoe hozjajstvo i lesnye resursy Respubliki Komi* (Forestry and forest resources of the Komi Republic), Moscow: "Dizajn. Informacija. Kartografija", 2000, 512 p.

Kurlovich L.E., Nikolaev A.F., Cherkasov V.N., Kosicyn G.V. *Rukovodstvo po uchetu i ocenke vtorostepennyh lesnyh resursov i produktov pobochnogo lesopol'zovanija* (Guidance on accounting and valuation of secondary forest resources and secondary forest products), Pushkino: VNIILM, 2003, 315 p.

Kurlovich L.E., Kosicyn V.N. *Taksacionnyj spravocnik po lesnym resursam Rossii* (za iskljucheniem drevesiny), Pushkino: VNIILM, 2018, 282 s.

Kurlovich L.E., Pankov V.B., Kivileva I.M. Vlijanie lesohozjajstvennoj dejatel'nosti na sostojanie i produktivnost' pishhevyh i lekarstvennyh rastenij (The impact of forestry activities on the state and productivity of food and medicinal plants), *Lesohozjajstvennaja informacija*, 2015, No. 2, pp. 24-34.

Landolt E., *Okologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora, Veroffentlichungen des Geobotanischen Instituts der ETH, Stiftung Rubel, Zurich*, 1977, Vol. 64, pp. 208.

Malinovskih A.A. Vlijanie urovnja osveshennosti pod pologom lesa na urozhajnost' cherniki v uslovijah Sredne-obskogo bora Altajskogo kraja (Possession of the lightness of illumination under the forest canopy on the yield of blueberries in the conditions of the Middle Ob forest of the Altai Territory), *Vestnik Altajskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, Vol. 6, No. 152, pp. 87-92.

Miina J., Pukkala T., Hotanen J.-P., Salo K. Optimizing the joint production of timber and bilberries, *Forest Ecology and Management*, 2010, Vol. 259, Issue 10, pp. 2065-2071.

Miina J., Hotanen J.-P., Salo K. Modelling the abundance and temporal variation in the production of bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.) in Finnish mineral soil forests, *Silva Fennica*, 2009, Vol. 43, No 4, pp. 577-593.

Nikitenko E.B. *Nedrevesnye resursy lesa* (Non-timber forest resources), Irkutsk: Izd-vo BGU, 2016, 222 p.

Obydennikov V.I., Avdeev A.N., Avdeev Je.N. Ispol'zovanie i vosproizvodstvo resursov jagodnikov v svyazi s rubkami v sel'skih lesah Novgorodskoj oblasti (Use and reproduction of berry resources in connection with logging in rural forests of the Novgorod region), *Lesohoz. Inform.*, 2002, No. 10, pp. 15-21.

Pautov J.A., Zasuhin D.P. *Rekomendacii po vydeleniju uchastkov massovogo sbora gribov i jagod mestnym naseleniem* (Recommendations for the allocation of sites for the massive collection of mushrooms and berries by the local population.), Syktyvkar: Komi regional'nyj nekommercheskij fond "Serebrjanaja tajga", 2009, 17 p.

Tahvanainen V., Kurttila M., Miina J., Salo K. Predicting the yields of commercially important mushrooms in Finland, *Symposium on wild forest mushrooms and other NTFPs: Innovations and perspectives*, La Pocatiere, 27-28 August 2014, La Pocatiere: Centre for Forest Research, 2014, pp.1-11.

Taye Z.M., Martínez-Peña F., Bonet J.A., Martínez de Aragón J., De-Miguel S. Meteorological conditions and site characteristics driving edible mushroom production in *Pinus pinaster* forests of Central Spain, *Fungal Ecology*, Vol. 23, 2016, pp. 30-41.

Telishvskij D.A. *Kompleksnoe ispol'zovanie nedrevesnoj produkcii lesa* (Integrated use of non-timber forest products), Moscow: Lesnaja promyshlennost', 1986, 261 p.

Turtiainen M., Miina J., Salo K., Hotanen J.-P. Empirical prediction models for the coverage and yields of cowberry in Finland, *Silva Fennica*, 2013, Vol. 47, No. 3, pp. 1-22.

Turtiainen M., Miina J., Salo K., Hotanen J.-P. Modelling the coverage and annual variation in bilberry yield in Finland, *Silva Fennica*, 2016, Vol. 50, No. 4, pp.1-12.

Turtiainen M., Nuutinen T. Evaluation of information on wild berry and mushroom markets in European countries, *Small-scale Forestry*, 2012, Vol. 11, No. 1, pp. 131-145.

Turtiainen M., Salo K., Saastamoinen O. *Model-based estimates of regional and national bilberry and lingonberry yields on mineral soils in Finland*, Finland: Research Notes, 2005, 44 p.

Turtiainen M., Salo K., Saastamoinen O. National and regional estimates of blueberry (*Vaccinium myrtillus* L.) and lingonberry (*V. vitis-idaea* L.) yields on peatlands in Finland, *Finnish Peatland Society Helsinki*, 2007, Vol. 58, No. 3-4, pp. 87-98.

Turtiainen M., Salo K., Saastamoinen O. Variations of yield and utilisation of bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and cowberries (*V. vitis-idaea* L.) in Finland, *Silva Fennica*, 2011, Vol. 5, No. 2, pp. 237-251.

Vacik, H., Huber P., Kurttila M., Hujala T., Wolfslehner B., la Sánchez-González M., Pasalodos-Tato M., de Miguel S., Bonet J.A., Marques M., Borges J.G., Enescu M.C., Dinca L. Comparing the potential of on-Wood Forest Products across case studies in Europe, *Conference on Non-Timber Forest Products and Bioeconomy*, Rovaniemi, 28–30 November, 2017, Helsinki: Natural Resources Institute Finland, 2017, pp. 201-204.

Wallenius T.H. Yield variations of some common wild berries in Finland in 1956–1996, *Annales Botanici Fennici*, 1999, No 36, pp. 299-314.

Zhukova A.I., Grigor'ev I.V., Grigor'eva O.I., Ledjaeva A.S. *Lesnoe resursovedenie* (Forest Resource Management), St. Petersburg: SPb GLTA, 2008, 215 p.

Zvorykina K.V. Vlijanie vyrubki na urozhajnost' cherniki (Impact of logging on blueberry yield), *Kirov: Vsesojuznyj nauchno-issledovatel'skij institut ohotnich'ego hozjajstva i zverovodstva*, 1972, pp.17-19.

REVIEW OF MODELS OF ESTIMATION OF FOOD RESOURCES OF FORESTS OF THE CENTRAL PART OF RUSSIA

A.A. Dulina¹, S.I. Chumachenko²

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

²MB of Bauman Moscow State Technical University

1st Institutskaya street, 1,
141005, Mytishi, Moscow region, Russia

E-mail: anna_dulina@bk.ru

Received 25 November 2018

The article analyzes the conditions most favorable for the growth and fruiting of berries and mushrooms. The indicators of productivity of food resources are studied. The Russian and foreign models of forest food resource productivity are considered. It is proposed to use an informative parameter such as illumination at ground cover level to model the dynamics of food resource productivity. Having calculated it, it is possible to more accurately estimate the yield of food resources not only in single-tier, having undergrowth and undergrowth, but also in multi-tiered stands.

Key words: forest food resources, modeling, illumination, yield

Рецензент: Д.Б.Н. Чертов О.Г.