

ЛЕСНАЯ ЭКОЛОГИЯ И ЛЕСОВОДСТВО

УДК 630*5:612

В. Ф. Багинский¹, О. В. Лапицкая²

¹Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины

²Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого

ЗАПАС ДЕПОНИРОВАННОГО УГЛЕРОДА КАК ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЗИРОВАННОГО ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Показано, что в настоящее время возраст рубки леса, который определяется величиной количественной и технической спелости, недостаточно учитывает проблемы экологизации лесопользования. Для решения этой проблемы необходимо использовать спелости леса экологической природы. Спелости леса, которые сегодня учитывают проблемы экологии, применяют водоохранные, почвозащитные, санитарно-гигиенические и другие функции леса. Все эти функции важны, но они имеют локальное значение. Экологической функцией леса, имеющей глобальное значение, является депонирование диоксида углерода. Нами разработана новая спелость леса, названная экологической, которая базируется на максимизации депонирования углерода и зависит от максимальной величины среднего прироста насаждений за оборот рубки. Экологическая спелость леса – это состояние насаждений, обусловленное их возрастом, в котором достигается максимальная экологическая эффективность постоянного лесопользования. Она характеризуется максимальной среднегодовой производительностью лесов, которая выражается через максимум среднего прироста. На примере сосновых лесов Беларуси показано, что экологическая спелость леса колеблется в пределах от 105 лет в I^a бонитете до 140 лет в V бонитете. Принимая во внимание возраст экологической спелости и руководствуясь теорией нормального леса, было рассчитано оптимальное распределение сосновых древостоев Беларуси по классам возраста, что обеспечит максимальное накопление диоксида углерода сосновыми лесами.

Ключевые слова: возраст рубки, спелость леса, класс возраста, средний прирост, диоксид углерода, экологическая спелость леса.

V. F. Baginsky¹, O. V. Lapitskaya²

¹ Francisk Skorina Gomel State University

² Sukhoi State Technical University of Gomel

STOCK OF DEPOSITED CARBON AS AN ORGANIZATIONAL ELEMENT ENVIRONMENTAL FOREST USE

It is shown that at present the age of logging, which is determined by the amount of quantitative and technical ripeness, does not sufficiently take into account the problems of forest management ecologization. To solve this problem it is necessary to use the ripeness of the forest of the ecological nature. Forest ripeness today takes into account the problems of ecology water protection, soil-protective, sanitary-hygienic and other functions of the forest are used. All these functions are important, but they have a local meaning. The ecological function of a forest of global significance is the deposition of carbon dioxide. We have developed a new ripeness of the forest, called ecological, which is based on the maximization of carbon deposition, which depends on the maximum value of the average increment in plantations per logging turnover. The ecological ripeness of the forest is the state of plantations, due to their age, in which the maximum ecological efficiency of permanent forest management is achieved. It is characterized by a maximum annual average forest productivity, which is expressed through a maximum of average growth. The example of pine forests of Belarus shows that the ecological ripeness of forest ranges from 105 years in I bonitete to 140 years in V bonitete. Based on the age of ecological ripeness and guided by the theory of normal forest, the optimum distribution of pine stands of Belarus by age classes was calculated, which will ensure the maximum accumulation of carbon dioxide from pine forests.

Key words: age of felling, ripeness of forest, age class, average increment, carbon dioxide dioxide, ecological ripeness of forest.

Введение. Расчетная лесосека по главному пользованию в Беларуси за последние годы постоянно увеличивается. В настоящее время она приближается к 12 млн м³, а к 2030 г. должна возрасти до 15–16 млн м³. При организации главного пользования в основу положен принцип непрерывности, неистощительности и постоянства лесопользования. Одним из главных организационно-технических элементов лесопользования является возраст и оборот рубки [1].

Возраст рубки устанавливается на основании спелостей леса. В настоящее время основными спелостями для определения возраста рубки являются количественная и техническая спелости. В то же время современные требования к лесопользованию характеризуются наличием экологической составляющей.

Возраст рубки – исходный показатель для распределения древостоев по классам возраста. Теорией нормального леса требуется, чтобы площади древостоев по классам возраста были относительно равномерны. При этом достигается оптимальный выход древесины с единицы площади за весь оборот рубки.

В связи с тем, что изменение климата стало общемировой проблемой, всеми странами принимаются меры по увеличению депонирования диоксида углерода. Беларусь активно участвует в мероприятиях по сокращению выброса парниковых газов и связывания диоксида углерода растительностью. Связывание диоксида углерода в наибольшей степени зависит от наличия лесов, их возрастной структуры и продуктивности. Поэтому при организации лесопользования нам необходимо учитывать не только запасы древесины, но и объемы депонированного углерода.

Лесоустройством разработаны различные спелости леса [1]. В то же время многие проблемы в данной области изучены недостаточно. В первую очередь, к ним относятся экономические и экологические аспекты спелостей леса.

При расчете спелостей леса до недавнего времени не учитывался один из важнейших показателей, определяющих полезности леса, – депонирование углерода. Поэтому нами была разработана специальная экологическая спелость, принимающая во внимание этот фактор.

В представленной работе основное внимание при разработке спелостей леса уделено именно вопросам накопления углерода в древостоях. В качестве модельных насаждений приняты сосновые древостои, которые занимают более 51% площади всех лесов Беларуси. Именно для сосновых древостоев рассчитали оптимальную возрастную структуру исходя из максимизации накопления углерода.

Основная часть. Многообразие экологических функций леса приводит к большому числу категорий лесов. В бывшем СССР их было 25. В Беларуси в силу относительно меньшей вариативности климатических и геоморфологических условий предусмотрено выделение в лесном фонде меньшего количества категорий лесов [1].

Многообразие категорий лесов приводит к большому количеству спелостей, имеющих экологическое содержание: водоохранная, защитная, санитарно-гигиеническая и т. д. Сведения о возрастах экологических спелостей (их часто называют специальными) противоречивы.

Многообразие спелостей экологического содержания затрудняет осуществление обобщенного экологического подхода к лесопользованию в лесах, отнесенных к категориям экологической природы, а многообразие критериев не позволяет выделить главную экологическую компоненту при определении возраста спелости как конструирующего элемента системы экологизированного лесопользования.

Как пишет А. В. Неверов [2], единый процесс воспроизводства природных ресурсов разделен между сферой материального производства и экологической. Там же отмечено, что экономические стороны воспроизводства надо изучать с экологических позиций.

В этой системе спелость леса – один из основных конструирующих элементов организации экологизированного лесопользования. Она определяет не только время воспроизводства лесных ресурсов, но и запас древостоев разного возраста, обеспечивающих непрерывное и постоянное лесопользование на обозначенном пространстве. Только в этом случае лес как стабилизатор экологических условий может рассматриваться с позиций географии, лесистости региона, экономического направления производительных сил и степени соответствия древесных пород в их пространственно-возрастной структуре условиям жизнеобеспечения страны и региона [2, 3]. Поэтому целесообразно иметь не множество критериев спелости, а один достаточно универсальный показатель.

Этот показатель должен служить для расчетов эколого-экономических эффектов в разных вариантах эколого-экономической оценки природоохранной и природоэксплуатационной деятельности с учетом пространственно-временного фактора.

В условиях Беларуси требуется многоцелевое использование лесных насаждений путем сочетания на одной площади многообразных функций одноцелевых лесов. Так, все насажде-

ния выполняют водоохранную и защитную функции, являются источником древесины и других ресурсов, служат местом отдыха и оздоровления [3, 4]. Занимаясь выбором универсального показателя экологической спелости и анализируя современную экологическую ситуацию, видим, что и защитные, и водоохранные, и санитарно-гигиенические свойства леса распространяются на некотором локальном уровне, в пределах от относительно небольшого района до региона, занимающего значительную площадь.

Наиболее значимая, планетарная роль лесных насаждений заключается в их возможности депонировать диоксид углерода и производить атомарный кислород. При этом важнейшим является связывание CO_2 . Дефицит кислорода человечеству пока не грозит, хотя его выделение находится в тесной корреляции с поглощением углекислого газа. Но с последним связаны тепловые изменения на планете. Увеличение содержания CO_2 в атмосфере за последние 50 лет составило 25% [5].

Изъятие CO_2 из атмосферы возможно только путем фотосинтеза. Решающий вклад в этот процесс вносят леса.

Таким образом, главная экологическая функция леса – это депонирование CO_2 . При этом наибольшего эффекта можно добиться, если действует схема нормального леса с достаточно высоким оборотом рубки.

Принятие единого критерия экологической спелости через показатели связывания CO_2 удобно еще и тем, что оно определяется величиной запаса древостоя и его прироста. Последние таксационные показатели насаждения имеют прямую корреляцию с величиной других экологических полезностей леса.

В настоящее время разработаны коэффициенты экологической эффективности леса, выражающие его экологическую полезность в интегральном виде [6]. В этом случае находят относительные коэффициенты каждой полезности из сочетания их некоторой множественности. Каждый коэффициент – это отношение в процентах от некоторых предельных величин полезностей, принятых за эталоны. Названные коэффициенты зависят от древесной породы, района произрастания, полноты, возраста и других факторов. Корреляционный анализ этих величин, проведенный нами, показал, что определяющим компонентом является депонирование CO_2 . Связи этого показателя с выделением O_2 , биологически активных веществ (санитарно-гигиенические функции), пылезадержанием (противоэрозионная функция), с древесным запасом и приростом, а также с коэффициентом экологической эффективности имеют очень

высокие и достоверные коэффициенты корреляции. Для отдельных аргументов наблюдается почти функциональная зависимость. Несколько менее тесная, но тоже достаточно высокая корреляция прослеживается с выделением биологически активных веществ, так как здесь большое значение имеет древесная порода [7].

Из математической статистики известно, что при наличии высокой корреляции между факторами-аргументами они должны исключаться из уравнения множественной регрессии. В этом случае в уравнении остается один ведущий аргумент. Поэтому мы имеем полное основание установить количественную связь экологических полезностей леса с одним интегральным показателем – связыванием CO_2 и кладем этот фактор в основу установления экологической спелости леса.

Таким образом, принимая за основу возраст экологической спелости депонирование CO_2 , мы «накрываем» практически все остальные экологические полезности леса. Здесь остается проблема верного определения самой экологической спелости. Необходимо, чтобы ее величина соответствовала максимальной реализации всех других полезностей, а это возможно при достаточно высоком возрасте.

Следовательно, экологическая спелость леса – это состояние насаждений, обусловленное их возрастом, в котором достигается максимальная экологическая эффективность постоянного лесопользования. Она характеризуется максимальной среднегодовой производительностью лесов, которая выражается через максимум среднего прироста. Этот показатель аккумулирует процесс воспроизводства запаса леса, обуславливая постоянное лесопользование на конкретной территории в аспекте положения «время – пространство». Особое внимание следует уделить именно последнему фактору, т. е. «время – пространство». Рассматривая лесные насаждения в дискретном состоянии, т. е. разрывая описанную связь «пространство – время», приходим к оценке лишь отдельного древостоя. В этом случае максимум среднего прироста приводит к количественной спелости [1, 7]. Для удовлетворения сырьевых и экологических потребностей общества в лесных продуктах необходимо использование всей территории лесного фонда в его пространственно-временной взаимосвязи. Поэтому отыскание максимальной величины среднего прироста необходимо выполнить не для отдельного древостоя, а для их совокупности в пределах хозсекции.

Известно, что точкой отсчета для распределения древостоев по группам возраста является принятый возраст рубки. Изменения возраста

спелости и возраста рубки приводят к новому распределению по группам возраста и влекут за собой различные площади групп возраста. При меньшем обороте рубки ежегодно вырубается площадь больше, чем при более высоком. Следствием этого является изменение среднего прироста на территории, примерно равной площади крупного лесхоза.

Возраст экологической спелости нашли, выполнив имитационное моделирование изменения среднего прироста совокупности древостоев. Для этого вычислили значения среднего прироста при разной возрастной структуре при допущении наличия здесь нормального леса. Именно на такой модели наиболее наглядно можно увидеть изменение среднего прироста совокупности насаждений при разном обороте рубки. Для примера приведем величину среднего прироста для всех древостоев хозсекции во II классе бонитета при разных возрастах рубки (табл. 1).

Из табл. 1 следует, что наибольший средний прирост всей сосновой хозсекции II класса бонитета наблюдается в возрасте от 100 до 120 лет (в среднем 110 лет). Следовательно, наибольший суммарный запас древесины всей хозсекции в данном случае тоже будет в этом возрасте. Таким образом, наибольшее количество накопленного углерода в исследуемых сосняках также будет в возрасте от 100 до 120 лет. Подобные расчеты, сделанные путем имитационного моделирования для всех классов бонитета, позволили вычислить экологическую спелость сосновых древостоев. В силу их большого объема и того, что эти данные неоднократно опубликованы [7, 8], здесь они опускаются. Вычисленные возрасты экологической спелости приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что возраст экологической спелости наступает в возрасте значительно более высоком, чем количественная спелость. Это происходит из-за того, что меняется пространственно-возрастная структура насаждений. При обороте рубки в 60–80 лет большой удельный вес занимают молодняки I класса возраста, в которых запасы этой группы возраста низкие. При обороте рубки 140–160 лет преобладают насаждения с замедленным приростом. Поэтому наибольший среднегодовой прирост совокупности насаждений наблюдается в основном от 100 до 140 лет, т. е. когда на некоторой территории соблюдается оптимальное сочетание древостоев I, II, III, IV, V и VI классов возраста.

Анализ экологической спелости показывает, что она примерно на класс возраста выше возраста рубки в эксплуатационных лесах и соответствует возрастам рубки в категориях лесов экологического профиля. Если исклю-

чить насаждения сосны по болоту IV и V классов бонитета, то за возраст экологической спелости можно принять VI класс возраста, в пределах которого лежат возрасты экологической спелости от I^a до III классов бонитета. Именно VI класс возраста может быть принят для расчета оптимальной возрастной структуры древостоев по максимальному депонированию диоксида углерода.

Возрастная структура сосновых древостоев Беларуси несовершенна. В силу истощительных рубок довоенного, военного и послевоенного времени резко уменьшилось количество спелых древостоев. Вследствие невысокой расчетной лесосеки по главному пользованию за последние 40 лет значительно снизилось количество молодняков. Современная возрастная структура сосновых древостоев по данным лесного кадастра на 01.01.2017 года показана в табл. 3.

Мы видим, что в настоящее время преобладают средневозрастные насаждения при недостатке молодняков и спелых древостоев.

Исходя из теории нормального леса, оптимальная возрастная структура при современных возрастах рубок приведена в табл. 4.

Анализ табл. 4 показывает, что при действующих возрастах рубки в эксплуатационных лесах должно быть 43% молодняков, средневозрастных – 20%, приспевающих – 19% и спелых – 18%.

В категориях лесов экологической природы, в которых возраст рубки составляет 101–120 лет, в состав средневозрастных насаждений входят насаждения 3–4-го классов возраста. В результате оптимальное количество древостоев по группам возраста следующее, %: 35 молодняков, средневозрастных – 33, приспевающих – 16 и спелых – 16.

Оптимальное количество древостоев по классам возраста имеет некоторую асимметрию в сторону молодняков. Дело в том, что в процессе роста леса часть молодняков или средневозрастных древостоев неизбежно вырубается в силу стихийных бедствий или других причин. Мы должны иметь в спелом возрасте достаточное количество древостоев, пригодных к рубке.

Выше было показано, что экологическая спелость сосновых древостоев от I^a до III бонитета лежит в пределах 6-го класса возраста. Поэтому оптимальная возрастная структура сосновых древостоев, рассчитанная по оптимальному депонированию углерода, соответствует природоохранным категориям табл. 2.

В низкбонитетных древостоях в силу их более высокой экологической спелости оптимальная возрастная структура несколько иная, %: I класс – 17, II – 16, III – 15, IV – 14, V – 13, VI – 13, VII – 12.

Таблица 1

Средний прирост на 1 га по хозсекции в сосновых древостоях II класса бонитета при разных возрастах рубки

Возраст рубки, лет	Средний прирост по хозсекции, м ³ /га	
	нормальные древостои	модальные древостои
60	4,18	3,19
80	4,39	3,20
100	4,62	3,28
120	4,64	3,28
140	4,59	3,08
160	4,48	2,93

Таблица 2

Возрасты экологической спелости древостоев Беларуси

Возрасты экологической спелости (лет) по классам бонитета					
Нормальные древостои					
I ^a	I	II	III	IV	V
105	110	115	120	130	140

Таблица 3

Площади и запасы сосновых древостоев по группам возраста (%)

Группа возраста	Площадь	Запас
Молодняки	18,4	6,4
Средневозрастные	42,7	47,2
Приспевающие	28,0	33,8
Спелые и перестойные	10,9	12,6
<i>Итого</i>	100	100

Таблица 4

Оптимальное распределение лесов по классам возраста в Республике Беларусь (в процентах от площади, занимаемой данной породой) при действующих возрастах рубки

Порода	Возраст рубки	Классы возраста									<i>Итого</i>
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Категории лесов экологической природы											
C	101	18	17	17	16	16	16	–	–	–	100
Эксплуатационные леса											
C	81	22	21	20	19	18	–	–	–	–	100

Учитывая, что в этом случае к средневозрастным насаждениям будут отнесены древостои 3-го, 4-го и 5-го классов возраста, распределение по группам возраста будет выглядеть следующим образом, %: молодняки – 33, средневозрастные – 42, приспевающие – 13 и спелые – 12.

Учитывая, что насаждения низких классов бонитета накапливают значительно меньшее количество углерода и имеют невысокое хозяйственное значение, целесообразно для упрощения учета принять единую оптимальную возрастную структуру сосновых древостоев на принципах максимизации накопления углерода за весь период жизни насаждения, а именно, %:

молодняки – 35 (1-й класс возраста – 18, 2-й – 17), средневозрастные – 33 (3-й класс возраста – 17, 4-й – 16), приспевающие – 16 (5-й класс возраста – 16), спелые – 16.

Из вышеизложенного вытекает, что оптимальное накопление углерода в сосновых древостоях происходит при возрастной структуре лесов, когда возраст рубки соответствует экологической спелости (6-й класс возраста). Как показано выше, доля древостоев каждого класса возраста в этом случае должна быть следующей, %: 1-й класс возраста – 18, 2-й – 17, 3-й – 17, 4-й – 16, 5-й – 16, 6-й класс возраста – 16. Данная возрастная структура может быть дос-

тигнута постепенно за 30–40 лет, т. е. к 2050–2060 г. При этом между 2031 и 2050 г. придется несколько ограничить величину расчетной лесосеки.

Заключение. Обобщая вышеизложенное, приходим к следующим выводам.

1. В настоящее время возрастная структура сосновых древостоев не соответствует теории нормального леса, так как имеется большой недостаток молодых и определенный недостаток спелых древостоев при преобладании средневозрастных насаждений. Даже оптимальное распределение древостоев по классам возраста в соответствии с теорией нормального леса при действующих возрастах рубки не гарантирует максимальное накопление углерода в силу того, что возрасты рубки установлены по технической спелости на крупную и среднюю деловую древесину и не отражают воз-

можность накопления максимальных запасов древесины по хозсекции за весь период жизни древостоя.

2. Максимальное накопление углерода в целом по сосновой хозсекции возможно при установлении возрастов рубки по экологической спелости. Экологическая спелость леса определяется по максимальному среднему приросту углерода за весь период жизни древостоя на всей площади хозсекции.

3. Экологическая спелость древостоев сосны соответствует 6-му классу возраста, т. е. 101–120 лет.

4. В соответствии с экологической спелостью леса и теорией нормального леса оптимальное распределение древостоев по классам возраста следующее, %: 1-й класс возраста – 18, 2-й – 17, 3-й – 17, 4-й – 16, 5-й – 16, 6-й класс возраста – 16.

Литература

1. Ермаков В. Е. Лесоустройство. Минск: Выш. шк., 1993. 256 с.
2. Неверов А. В. Экономика природопользования: учеб.-метод. пособие. Минск: БГТУ, 2009. 554 с.
3. Писаренко А. И. Экологические аспекты управления лесами России // Лесное хозяйство. 2000. № 3. С. 8–10.
4. Багинский В. Ф., Есимчик Л. Д. Лесопользование в Беларуси. Минск: Беларуская навука, 1996. 367 с.
5. Программа адаптации лесного хозяйства к изменению климата на период до 2050 года. Минск: Минлесхоз Республики Беларусь, Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси. 2000. 150 с.
6. Кунцевалов М. А., Успенский В. В., Артюховский А. К. Коэффициенты экологической эффективности леса // Известия ВУЗов: Лесной журнал. 2000. № 2. С. 36–40.
7. Багинский В. Ф., Неверов А. В., Лапицкая О. В. Спелость леса в системе устойчивого природопользования // Труды БГТУ. Сер. VII: Экономика и управление. 2002. Вып. X. С. 207–216.
8. Лапицкая О. В. Эколого-экономические основы определения спелостей леса: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Минск, 2001. 21 с.

References

1. Ermakov V. E. *Lesoustroystvo* [Forest management]. Minsk, Vysh. shk. Publ., 1993. 256 p.
2. Neverov A. V. *Ekonomika prirodopol'zovaniya* [Economics of Nature Management]. Minsk, BGTU Publ., 2009. 554 p.
3. Pisarenko A. I. Ecological aspects of forest management in Russia. *Lesnoye khozyaystvo* [Forestry magazine], 2000, no. 3, pp. 8–10 (In Russian).
4. Baginskiy V. F., Esimchik L. D. *Lesopol'zovaniye v Belarusi* [Forest management in Belarus]. Minsk, Belaruskaya navuka Publ., 1996. 367 p.
5. *Programma adaptatsii lesnogo khozyaystva k izmeneniyu klimata na period do 2050 goda* [Program of adaptation of forestry to climate change for the period up to 2050]. Minsk, Minleskhoz Respubliki Belarus', Institut eksperimental'noy botaniki NAN Belarusi Publ., 2000. 150 p.
6. Kuntsevalov M. A., Uspenskiy V. V., Artykhovskiy A. K. Coefficients of forest ecological efficiency. *Izvestiya VUZov: Lesnoy zhurnal* [Bulletin of higher educational institutions. Lesnoy zhurnal], 2000, no. 2, pp. 36–40 (In Russian).
7. Baginskiy V. F., Neverov A. V., Lapitskaya O. V. Ripeness of forest in the system of sustainable nature management. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], series VII, *Ekonomika i upravleniye*, 2002, issue X, pp. 207–216 (In Russian).
8. Lapitskaya O. V. *Ekologo-ekonomicheskiye osnovy opredeleniya spelostey lesa: Avtoref. dis. kand. ekon. nauk* [Ecological and economic basis for determining the ripeness of the forest. Abstract of thesis cand. of econ. sci.]. Minsk, 2001. 21 p.

Информация об авторах

Багинский Владимир Феликсович – доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Беларуси, профессор кафедры лесохозяйственных дисциплин. Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины (246019, г. Гомель, ул. Советская, 104, Республика Беларусь). E-mail: BagVF@mail.ru

Лапицкая Ольга Владимировна – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой «Маркетинг». Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого (246746, г. Гомель, пр-т Октября, 48, Республика Беларусь). E-mail: Olapitskaya@mail.ru

Information about the authors

Baginsky Vladimir Feliksovich – DSc (Agriculture), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of Belarus, Professor, the Department of Forestry Disciplines. Francisk Skorina Gomel State University (104, Sovetskaya str., 246019, Gomel', Republic of Belarus). E-mail: BagVF@mail.ru

Lapitskaya Ol'ga Vladimirovna – PhD (Economic), Associate Professor, Head of the Department of Marketing. Sukhoi State Technical University of Gomel (48, Oktyabrya, Ave., 246746, Gomel', Republic of Belarus). E-mail: Olapitskaya@mail.ru

Поступила 16.04.2018