

## ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СПЕЛОСТЬ МОДАЛЬНЫХ ДРЕВОСТОЕВ БЕЛАРУСИ

**Лапицкая О.В.**

*Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого (г. Гомель, Беларусь)*

*Приведена методика расчета экологической спелости леса. Экологическая спелость леса является интегральным показателем, обобщающим все спелости леса экологической направленности. За экологическую спелость леса принято максимальное накопление диоксида углерода разными древесными породами в определенном возрасте. Показано, что модальные древостои Беларуси поступают в рубку приблизительно в возрасте экологической спелости. Нормальные древостои имеют возраст экологической спелости выше, чем возрасты рубки в эксплуатационных лесах.*

**Ключевые слова:** *спелость леса, экономическая спелость леса, экологическая спелость леса, возраст рубки, оборот рубки, модальные древостои, депонирование углерода, средний прирост*

## ECOLOGICAL RIPENESS OF MODAL STANDS BELARUS

**Lapitskaya O.V.**

*A method for calculating the ecological maturity of the forest is given. The ecological maturity of the forest is an integral advantage that generalizes all the maturity of the forest of ecological orientation. The non-ecological ripeness of the forest has led to an increase in the stock of tree species in case of danger. It is shown that the modal stands of Belarus enter the felling at approximately the age and ecological maturity. Normal forest stands have an age of ecological maturity higher than felling ages in forest exploitation.*

**Key words:** *forest maturity, economic forest maturity, ecological forest maturity, felling age, felling rotation, modal forest stands, carbon sequestration, average growth*

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время требования к организации лесопользования включают необходимость учитывать не только сохранения традиционных научных подходов, а именно принципов непрерывности, неистощительности и постоянства [1, 2], оно должно отвечать требованиям устойчивого развития и соответствующего ему устойчивого лесопользования.

Одним из основных организационных принципов лесопользования является требование – в рубку должен поступать только спелый лес. В тоже время, понятие спелости леса весьма неоднозначно. Спелости устанавлива-

ются по экономическим, техническим, хозяйственным и иным принципам в зависимости от того, какую конечную продукцию мы ожидаем получить из леса [1, 2, 3, 4, 5].

За последние десятилетия одной из основных функций леса признана сохранение экологической стабильности в определенном регионе и даже шире. Поэтому уделяется большое внимание экологической составляющей при организации лесопользования. В тоже время, экологические функции леса весьма разнообразны и часто неоднозначны. Это приводит к большому разнообразию спелостей леса экологической природы. Поэтому нами было разработана новая спелость леса, которую мы назвали экологической. Она определяется тем возрастом насаждений, когда достигается максимальный средний прирост древостоя на определенной территории. Средний прирост тесно коррелирует с величиной депонирования диоксида углерода. Поскольку определение среднего прироста в настоящее время не составляет методических и технических трудностей, то экологическую спелость можно найти достаточно просто. При этом новый вид спелости существенно отличается от имеющихся спелостей экологической природы.

Главнейшая из этих спелостей являются естественная, водоохранная, почвозащитная, санитарно-гигиеническая и другие. Описание этих спелостей достаточно полно изложено в литературе [1, 2, 3, 4, 5], поэтому их характеристика в данной статье не требуется.

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

А.В. Неверов [6] считает, что единый процесс воспроизводства природных ресурсов разделен между сферой материального производства и экологической. Он отмечает, что экономические стороны воспроизводства надо изучать с экологических позиций. Поэтому требуется построение эколого-экономической системы, представляющей собой интеграцию экономических отношений в лесном хозяйстве и действия природных (экологических) факторов. Именно в создании системы, системном подходе к исследованию проблем эколого-экономического регулирования, как отмечает О.С. Шимова [7], проявляется научно-теоретическая основа формирования экономического механизма природопользования.

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 определенном 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 струк-

туре условиям жизнеобеспечения страны и региона [8]. 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 [9].

В условиях Беларуси требуется многоцелевое использование лесных насаждений путем сочетания на одной площади многообразных функций одноцелевых лесов. Так, все насаждения выполняют водоохранную и защитную функции, являются источником древесины и других ресурсов, служат местом отдыха и оздоровления [1, 10]. 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. Именно эту экологическую функцию выделяют как главную все ведущие ученые, работающие в данном направлении [10, 11, 12, 13, 14]. Большинство из перечисленных и других ученых делают упор именно на связывании  $\text{CO}_2$ . Отмечается, что 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  $\text{CO}_2$  в атмосфере за последние 50 лет составило 25% [10]. Этот процесс имеет прогрессирующий характер, что вызывает большую тревогу мировой общественности [10, 13, 15].

Перечисленные ученые напоминают, что изъятие  $\text{CO}_2$  из атмосферы возможно только путем фотосинтеза. Решающий вклад в этот процесс вносят леса.

Таким образом, важнейшим показателем при определении экологической спелости является установление того возраста насаждения, когда достигается максимум депонирования углерода. Именно эта проблема является наиболее актуальной не только для Беларуси, но и всего мира.

Целью настоящей работы является определение того возраста для древостоев различных пород Беларуси, произрастающих в различных типах леса, когда депонирование диоксида углерода этими древостоями достигнет максимума.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определение количества депонирования углерода непосредственно в лесных насаждениях представляют собой значительные технические трудности. Поэтому целесообразно найти те критерии, которые определить доста-

точно просто, что тесно связаны с процессом депонированием углерода, и методом математического моделирования решить искомую задачу. При этом применяется стандартный математический аппарат (регрессионный анализ, математическое моделирование, использование основных закономерностей роста и развития древостоев).

Материалом для таких исследований служат открытые ведомственные и литературные данные о динамике древостоев и об их таксационных показателях [1, 15, 16, 17].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Вопросам депонирования лесами  $\text{CO}_2$  в Беларуси придается особо важное значение. Разработаны нормативные материалы по определению количества депонированного  $\text{CO}_2$  нашими лесами [15]. Группа авторов (Рожков, Кулик, Войтов, Лапицкая и др.) [15] определила потенциальный лесоуглеродный ресурс Беларуси и оценили его стоимость примерно в 100-200 млн. долл. США.

Таким образом, главная экологическая функция леса – это депонирование  $\text{CO}_2$ . При этом наибольшего эффекта можно добиться, если действует схема нормального леса с достаточно высоким оборотом рубки.

Принятие единого критерия экологической спелости через показатели связывания  $\text{CO}_2$  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 [18]. 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.

Проведенный нами корреляционный анализ этих величин (таблица 1), показал, что определяющим компонентом является депонирование  $\text{CO}_2$ . Связи этого показателя с выделением  $\text{O}_2$ , 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 наблюдается с выделением биологически активных веществ, т.к. здесь большое значение имеет древесная порода.

Таблица 1 – Корреляция между количеством связанного диоксида углерода и другими экологическими функциями

Функция	Коэффициенты корреляции для аргументов					
	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	БАВ	П	Z <sub>М</sub>	K <sub>Э</sub>
CO <sub>2</sub>	1,000	-	-	-	-	-
O <sub>2</sub>	0,996	1,000	-	-	-	-
БАВ	0,681	0,699	1,000	-	-	-
П	0,963	0,984	0,701	1,000	-	-
Z <sub>М</sub>	0,991	0,981	0,656	0,939	1,000	-
K <sub>Э</sub>	0,990	0,995	0,748	0,978	0,981	1,000

*Примечание: CO<sub>2</sub> – поглощение диоксида углерода; O<sub>2</sub> - выделение кислорода; БАВ – выделение биологически активных веществ (санитарно-гигиеническая функция); П - пылезадержание, противэрозионные функции; Z<sub>М</sub> – прирост, м<sup>3</sup>; K<sub>Э</sub> – коэффициент экологической эффективности древостоя по классификации упомянутых авторов.*

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 [19]. Поэтому мы имеем полное основание установить количественную связь экологических полезностей леса с одним интегральным показателем – связыванием CO<sub>2</sub> –и кладем этот фактор в основу установления экологической спелости леса.

Таким образом, принимая за основу возраста экологической спелости депонирование CO<sub>2</sub>, 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.

Следовательно, экологическая спелость леса – это состояние насаждений, обусловленное их возрастом, в котором достигается максимальная экологическая эффективность постоянного лесопользования [12]. Она характеризуется максимальной среднегодовой производительностью лесов, которая выражается через максимум среднего прироста. Этот показатель аккумулирует процесс воспроизводства запаса леса, обуславливая постоянство лесопользования на конкретной территории в аспекте положения «время-пространство».

Особое внимание следует уделить именно последнему фактору, т.е. «время-пространство». В.И. Вернадский писал, что время «... является для нас не только неотделимым от пространства, а как бы другим его выражением. Время заполнено событиями столь же реально, как пространство заполнено материей и энергией. Это две стороны одного явления. Мы изучаем не пространство и время, а пространство-время. Впервые делаем это в науке сознательно» [6].

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, 3]. Для удовлетворения сырьевых и экологических по-

требностей 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.

Здесь возникает вопрос о минимальной величине этой совокупности, т.к. максимальная площадь лесов, используемая для анализа, может доходить до уровня территории государства и планеты. Исследованиями Н.А. Моисеева и В.С. Чуенкова [20] показано, что такой первичной единицей учета должен быть лесхоз. Средняя площадь лесхоза в Беларуси – 90-100 тыс. га [16], и может доходить до 150 тыс. га.

Известно, что точкой отсчета для распределения древостоев по группам возраста является принятый возраст рубки [1, 3]. Изменение возраста спелости и возраста рубки приводит к новому распределению по группам возраста и влечет 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 на условной площади в 120 тыс. га при допущении наличия здесь нормального леса. Именно на такой модели наиболее наглядно можно увидеть изменение среднего прироста совокупности насаждений при разном обороте рубки. Запасы древесины на 1 га, а также средние приросты взяты из местных таблиц хода роста [17].

Ранее [4, 12] мы определили возрасты экологической спелости для нормальных древостоев Беларуси. Было установлено, что возрасты экологической спелости нормальных древостоев достаточно высоки и соответствуют примерно возрастам рубки в категориях лесов экологической направленности.

В Беларуси нормальных древостоев практически нет. Средняя полнота приспевающих и спелых древостоев низкая, и доходит до 0,5-0,6. В рубку реально поступают именно такие древостои, поэтому целесообразно определить какова экологическая спелость не только для нормальных древостоев, которые являются идеалом ведения хозяйства, но и для модальных, т.е. для тех лесов, которые поступают в главную рубку.

Нами рассчитаны возрасты экологической спелости для модальных древостоев сосны, ели, дуба, березы, осины и ольхи черной. Результаты расчетов весьма обширны, и не могут быть помещены в отдельной статье. Для примера в таблице 2 показан расчет возраста экологической спелости для древостоев ольхи черной I<sup>a</sup> класса бонитета.

Таблица 2 – Расчет экологической спелости модальных древостоев ольхи черной

Класс возраста	Средний прирост на землях, покрытых лесом, тыс.м <sup>3</sup> , при возрасте спелости (лет)							
	25	35	45	55	65	75	85	95
1	2	3	4	5	6	7	8	9
I <sup>a</sup> класс бонитета								
1	263	197	158	131	113	98	87	79
2	303	227	182	151	130	113	101	91
3	318	238	191	159	137	119	106	95
4	-	231	185	154	132	116	103	92
5	-	-	188	157	134	118	104	94
6	-	-	-	155	132	116	103	93
7	-	-	-	-	128	112	99	90
8	-	-	-	-	-	104	92	83
9	-	-	-	-	-	-	84	76
10	-	-	-	-	-	-	-	70
Итого	884	893	904	907	906	896	879	863
В среднем на 1 га	7,37	7,44	7,53	7,56	7,55	7,47	7,33	7,19

Из таблицы 2 видно, что наибольший средний прирост совокупности древостоев ольхи черной I<sup>a</sup> класса бонитета достигает своего максимума в 6 классе возраста.

Возрасты экологической спелости модальных древостоев для основных древесных пород Беларуси приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Возрасты экологической спелости основных древостоев Беларуси в разрезе классов бонитета

Порода	Возрасты экологической спелости (лет) по классам бонитета				
	I <sup>a</sup>	I	II	III	IV
Сосна	80	85	90	100	110
Ель	95	100	110	120	140
Дуб	-	90	105	110	-
Береза	68	70	73	75	76
Осина	62	65	70	-	-
Ольха черная	55	60	65	68	-

Представляет интерес сопоставить величины возраста экологической спелости с действующими возрастными рубки для древостоев основных лесобразующих пород Беларуси. При этом следует учитывать, что возрасты рубки у нас не дифференцированы по классам бонитета, но различаются для эксплуатационных лесов и категорий лесов экологического назначения [21]. Учитывая, что нормальных древостоев в возрасте спелости в Беларуси очень мало, то практическое значение могут иметь только экологическая спелость модальных древостоев. Экологическая спелость нормальных древостоев может быть учтена в будущем, если средняя полнота приспевающих и спелых древостоев будет повышена. В таблице 4 приведено сопоставление возрастов рубки и возрастов экологической спелости для модальных насаждений Бела-

руси, которые реально поступают в рубку. Для сокращения таблицы 4 приведены данные для древостоев средних классов бонитета по каждой породе.

Таблица 4 – Сопоставление возрастов экологической спелости с действующими возрастными рубки в лесах Беларуси

Порода	Класс бонитет	Экологическая спелость модальные древостоев	Действующие возрасты рубки (лет) в лесах	
			эксплуатационные леса	категории лесов экологического значения
Сосна	II	90	81	101
Ель	I	100	81	101
Дуб	II	105	101	121
Береза	I	70	61	71
Осина	I	65	41	41
Ольха черная	II	65	51	61

Анализ таблицы 4 показывает, что экологическая спелость леса древостоев, которые реально поступают в рубку (это модальные древостои), для сосны, дуба и березы высших и средних бонитетов соответствует возрастам рубки. Для более низких бонитетов этих пород возраст экологической спелости выше возраста рубки. Для ели и осины возраст экологической спелости выше возраста рубки в эксплуатационных лесах. В категориях лесов экологического значения модальные древостои имеют здесь возрасты экологической спелости в основном даже ниже возрастов рубки.

Учитывая, что экономический капитал лесов представляет собой не только запасы древесины, но и экологические полезности, то экологическая спелость леса в процессе эксплуатации лесного фонда в настоящее время учитывается не совсем полно. Это требует переосмысления стратегии и методов установления возрастов рубки с учетом экологического императива.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщая изложенное, приходим к следующим выводам.

1. В настоящее время экологические функции леса должны учитываться при определении возрастов рубки.
2. Для установления возрастов рубки целесообразно использовать экологическую спелость леса.
3. В качестве экологической спелости леса должно выступать максимальное накопление диоксида углерода для каждой породы и условий местопроизрастания в определенном возрасте.
4. Учитывая тесную корреляционную связь запаса углерода и запаса древесины, можем за показатель экологической спелости принять максимум среднего прироста для совокупности древостоев данной породы на определенной территории.

5. Рассчитанные возрасты экологической спелости древостоев, которые поступают в настоящее время в рубку, т.е. модальных древостоев, примерно соответствуют возрастам рубки.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Багинский, В. Ф. Лесопользование в Беларуси / В.Ф. Багинский, Л.Д. Есимчик – Минск: Беларуская навука, 1996. – 367с.
2. Моисеев, Н.А. Экономика лесного хозяйства / Н.А. Моисеев, Киселев Г.М., Назаренко Е.Б. – Москва: МГУЛ, 2004. – 204 с.
3. Ермаков, В.Е. Лесоустройство / В.Е. Ермаков. – Минск: Вышэйшая школа, 1975. – 240 с.
4. Багинский, В.Ф. Спелость леса в системе устойчивого природопользования / В.Ф. Багинский, А.В. Неверов, О.В. Лапицкая // Труды Белорусского государственного технологического университета. Серия VII. Экономика и управление. – Минск: БГТУ. – 2002. – Вып. X. – С. 207–216.
5. Судачков, Е.Я. Спелость леса / Е.Я. Судачков. – Л.: Гослесбумиздат, 1957. – 52 с.
6. Неверов, А.В. Экономика природопользования / А.В. Неверов. – Минск: БГТУ, 2009. – 554 с.
7. Шимова, О.С. Эколого-экономическое регулирование: вопросы методологии и практика переходного периода / О.С. Шимова // Автореф. дис. ... д-ра экон. наук: 08.00.19 / БГТУ. – Минск, 1998. – 38с.
8. Петров, А.П. Экологизация лесопользования / А.П. Петров, В.Г. Атрохин // Совершенствование организации комплексного лесопользования. – М.: Госкомлес СССР, 1990. – С. 17-19.
9. Цурик, Е.И. Об оценке эколого-экономической эффективности ведения лесного хозяйства и лесопользования / Е.И. Цурик // Совершенствование организации комплексного лесопользования: Тезисы докладов. – М.: Госкомлес СССР, 1990. – С. 35-39.
10. Писаренко, А.И. Экологические аспекты управления лесами России / А.И. Писаренко // Лесное хозяйство. – 2000. – №3. – С. 8-10.
11. Вомперский, С.Э. Биосферная роль болот, заболоченных лесов и проблемы их устойчивого развития / С.Э. Вомперский // Болота и заболоченные леса в свете задач устойчивого природопользования: Материалы конференции. - М.: ГЕОС, 1999. – С. 166-172.
12. Неверов, А.В. Спелость леса как эколого-экономическая категория / А.В. Неверов, О.В. Лапицкая // Проблемы лесоведения и лесоводства: Сб. науч. тр. ИЛ НАН Беларуси. – Гомель, 2001. – Вып. 53. – С. 383-387.
13. Писаренко, А.И. Перспективы увеличения депонирования углерода в лесах России / А.И. Писаренко // Лесное хозяйство. – 2001. – №1. – С. 2-6.
14. Burton, P.J. Managing forest harvesting to maintain old growth in boreal and sub-boreal forests / P.J. Burton, D.D. Kneeshaw, D.K. Coates // Forest. Chron. – 1999. – №4. – P. 623-631.

15. Лесоуглеродный ресурс Беларуси. Монография. / Л.Н. Рожков, И. В. Войтов, А. А. Кулик, В. Ф. Багинский и др. – Минск: БГТУ. – 2018. – 247с.
16. Лесной Кадастр Республики Беларусь на 01.01.2020 года. – Минск: Минлесхоз. – 2020. – 105 с.
17. Нормативные материалы для таксации леса Белорусской ССР / В.Ф. Багинский [и др.]; под общ. ред. В.Ф. Багинского. – Москва: ЦБНТИ-лесхоз, 1984. – 308 с.
18. Кунцевалов, М.А., Коэффициенты экологической эффективности леса / М.А. Кунцевалов, В.В. Успенский, А.К. Артюховский // Известия ВУЗов: Лесной журнал. – 2000. – №2. – С. 36-40.
19. Никитин, К.Е. Методы и техника обработки лесоводственной информации / К.Е. Никитин, А.З. Швиденко. – М.: Лесная промышленность, 1978. – 270 с.
20. Моисеев, Н.А. Определение возраста спелости для одно- и многоресурсного лесопользования / Н.А. Моисеев, В.С. Чуенков // Лесное хозяйство. – 1997. – №5. – С. 50-52.
21. О возрасте рубок леса (лесных пород по рубкам главного пользования) / Постановление Совета Министров Республики Беларусь от 06 декабря 2001 года, №765. – Минск: СМ Республики Беларусь. – 2001. – 4 с.

Статья поступила в редколлегию 12.04.2023

