

УДК 630*182.8+504.062+330.15

Kyoto Forest and Economic Feasibility of a National Carbon Market

Vladimir L. Gavrikov^{a*} and Rem G. Khlebopros^{a,b}

^a*Siberian Federal University*

79 Svobodny, Krasnoyarsk, 660041, Russia

^b*International Center for Studies of Organism Extreme Conditions
at Krasnoyarsk Scientific Center of RAS
50 Akademgorodok, Krasnoyarsk, 660036, Russia*

Received 15.12.2014, received in revised form 15.01.2015, accepted 16.02.2015

The key message of the work is that a national carbon market is economically feasible in Russia. To support the inference, a basic comparison of two kinds of forest management projects was performed; one is a usual commercial timber trade and second is a Kyoto forest aimed to sequester atmospheric carbon. The calculations were done per one cubic meter of wood. For which a number of parameters were established: 1) conversion coefficients linking raw wood volume stock and the mass deposited carbon, 2) a realistic carbon sequester price and 3) a realistic retail roundwood price. Also, a hypothesis was applied that revenues planned in the future subjected to discounting, while the factually received revenues turned into a financial capital. It was shown that the discounted revenues for the two forest management projects were quite comparable in a long run perspective. Because the discounted revenues for the Kyoto forest project, though small at the beginning, grew faster than the value of the occurring once sale the economic results of the projects coincided at a definite moment of time.

Keywords: Kyoto forest, carbon sequestering, carbon market, discounting.

Research area: economics.

© Siberian Federal University. All rights reserved

* Corresponding author E-mail address: vgavrikov@sfu-kras.ru, olikru@yandex.ru

Киотский лес и экономическая возможность национального «углеродного» рынка

В.Л. Гавриков^а, Р.Г. Хлебопрос^{а,б}

^аСибирский федеральный университет

Россия, 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79

^бМеждународный научный центр исследований

экстремальных состояний организма

при Президиуме Красноярского Научного Центра СО РАН

Россия, 660036, Красноярск, Академгородок, 50

В настоящей работе рассмотрен базовый случай сравнения долговременных экономических результатов для двух видов хозяйствования – традиционного коммерческого использования лесных объектов (продажа древесины) и экологического проекта в виде Киотского леса, нацеленного на секвестр атмосферного углерода и депонирование его в живых тканях деревьев. Сравнение проводилось в расчете на 1 м³ древесины, и для получения параметров расчета были: 1) установлены конверсионные коэффициенты, связывающие объем сырой древесины с массой депонированного в ней углерода, 2) на основе литературных источников выбрана реалистичная цена секвестра и реалистичная рыночная цена 1 м³ круглого леса на момент расчета. Была использована также гипотеза о том, что планируемые в будущем доходы дисконтируются, а полученные средства превращаются в финансовый капитал. Показано, что дисконтированные суммы доходов, отражающие экономические результаты для двух видов хозяйствования, в долгосрочной перспективе являются количественно сопоставимыми, а в определенный момент уравниваются. Проведенные расчеты демонстрируют экономическую возможность национального «углеродного» рынка.

Ключевые слова: Киотский лес, секвестр углерода, «углеродный» рынок, дисконтирование.

Научная специальность: 08.00.00 – экономические науки.

Введение

В среднем по всему миру площадь под лесами сокращается на 0,23 % в год (Ruigavaud, 2003). Наиболее вероятная причина – интенсивное развитие экономик в развивающихся тропических странах, которые и затронуты в наибольшей степени процессами обезлесивания. Вместе с тем в умеренном поясе планеты (т.е. как раз в индустриально развитых странах) доля лесопокрытой площади увеличивается.

К сожалению, в России имеют место обратные тенденции. Согласно официальной российской статистике (Площадь лесных земель..., 2015) показатель лесных площадей Российской Федерации с 2009 по 2013 г. сни-

зился примерно на 2,2 млн га. Эта площадь сопоставима с территорией небольшой страны, такой как Словения (~20 253 км²).

С одной стороны, все эти площади составляют потенциальную основу для лесовыращивания. С другой – в условиях, когда экономика не регулируется командными методами, на сегодняшний момент нет эффективного механизма, стимулирующего этот процесс. Сложность вопросов сокращения избыточной эмиссии углерода и сохранения глобального углеродного цикла состоит в том, что они не лежат исключительно в русле чисто научных экологических проблем. Человечество живет в биосфере не как обычный биологический вид, но вместе со своей экономикой,

которая представляет собой важнейший механизм его существования.

Если вводить в рассмотрение сложные эколого-экономические объекты, необходимо быть готовым к тому, что придется разрабатывать концептуальную платформу, язык которой должен помочь в проведении объективной исследовательской линии на стыке социально-экономических и экологических теорий и практик. Представляется, что в значительной мере этот язык будет экономическим, так как современное человеческое общество немыслимо без экономики, и именно человек должен стать активным агентом сохранения среды своего существования, которая по своей природе является эколого-экономической.

Текущие тенденции в обсуждении проблем углеродного баланса показывают (см., например, Melnick et al., 2015), что основным механизмом их решения станет особенный вид рынка – «углеродный» рынок.

Механизм Чистого Развития (Clean Development Mechanism – CDM) как часть Киотского протокола был предложен для того, чтобы проекты по сокращению эмиссий парниковых газов, осуществляемые в развивающихся странах, могли зарабатывать средства от продажи кредитов на эмиссию развитым странам. К 2010 г. CDM в значительной степени затормозил свою деятельность. Среди причин, обозначенных Всемирным банком в 2011 г. (Linacre et al., 2011), значились: посткиотская неопределенность; остановка механизма «запретить-и-торговать» (cap-and-trade) – правительства многих стран не смогли принять соответствующие законы на запрет эмиссий; задержка в восстановлении экономики после рецессии.

Вместе с тем параллельно с процессами по принятию глобальных соглашений в пределах различных стран происходят процессы

формирования национальных «углеродных» рынков. Торговля квотами в США началась в 1996 г., и к середине 2000-х гг. общий объем торговли достиг 500 млн дол. США. При этом внутривосточные цены на углеродные кредиты колебались в пределах 3–5,1 дол. за тонну углекислоты (Huang et al., 2004). Элементы «углеродных» рынков существуют также в Западной Европе, Японии, Аргентине и других странах. Как правило, низший уровень развития «углеродного» рынка составляет практика, при которой субсидируется факт осуществления лесопосадок. Например, в Аргентине через год после проведения посадок по материалам инспекции территории лесовозобновления принимается решение о компенсации понесенных затрат. В Японии получила распространение практика создания Киотских лесов, которая финансово поддерживается местными правительствами.

Иными словами, на национальном уровне могут возникнуть свои внутривосточные рынки квот на выброс углекислоты. Предполагаемая система торговли квотами должна накладывать экономическое «наказание» на эмиссию углекислоты и, с другой стороны, поощрять ее поглощение – т.н. секвестр углекислоты лесными массивами. Однако этот механизм, будучи экологически вполне адекватным, должен быть еще и экономически реализуемым. Необходима экономическая оценка экологической работы леса и сравнение ее с традиционной экономической ценностью леса, который является также и поставщиком ценнейшего сырья – древесины.

В данной работе ставится цель сопоставить экономическую результативность использования лесного объекта как поставщика коммерческой древесины и поставщика экологических услуг в виде секвестра углекислоты. Для достижения этой цели необходимо решение следующих задач:

1) оценить содержание углерода в единице древесины;

2) оценить экономический эквивалент углерода в древесине – стоимость секвестра;

3) сравнить дисконтированные суммы дохода при продаже коммерческой древесины и продаже экологической услуги по секвестру.

Результаты

Содержание углерода в древесине

Единицей измерения экологической работы леса может служить прирост количества связанного в теле дерева атмосферного углерода. В сфере изучения углеродного цикла лесов общепризнан подход, основанный на конверсионных отношениях, т.е. специальных множителях, помогающих перевести, например, запас древесины в количество углерода в различных фракциях насаждения. Уткин с соавт. (2001) приводят конверсионные коэффициенты, рассчитанные на использование для достаточно больших площадей лесного фонда (от 3-5 тыс. га). Для небольших же площадей, где возможны перечеты деревьев, они рекомендуют использование аллометрических уравнений для деревьев отдельных пород. В основе же всех вычислений лежит представление о том, что массу древесины можно перевести в массу углерода, умножив на коэффициент 0,5. Этот коэффициент может, однако, использоваться только в отношении древесины в абсолютно сухом состоянии, а в природных условиях древесина находится в сыром виде живого дерева. Кроме того, таксационные методы, как правило, позволяют получить не массу, а объем растущих стволов.

Таким образом, целью наших оценок является перевод единицы объема древесины в массовые единицы чистого углерода. В анализе предполагается использование информации о базовом веществе прироста

леса – древесине, так как в древесиноведении к настоящему времени накоплен, хотя иногда и в разрозненном состоянии, значительный объем сведений, позволяющий сделать соответствующие оценки. В расчетах (Гавриков, Хлебопрос, 2013) мы использовали следующие параметры: 1) плотность древесины, 2) влажность древесины, 3) содержание углерода в абсолютно сухой древесине.

Плотность и влажность древесины исследовалась в серии работ Л.Н. Исаевой с соотр., выполненных в 60-х гг. XX в. (Исаева, Брюханова, 1967; Исаева, 1970). Ими были определены и опубликованы значения разнообразных характеристик древесины основных лесообразующих пород Сибири, в том числе и плотность в свежесрубленном состоянии. Усредненные оценки влажности известны также по другим источникам. Например, в Краткой химической энциклопедии (1961) говорится, что свежесрубленная древесина содержит 60-100 % воды по отношению к абсолютно сухому весу, принимаемому за 100 %. Для использования в практике Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов СССР издавались руководящие технические указания по разным материалам, в том числе по древесине (Древесина..., 1962). В данных руководящих указаниях приведены средние показатели влажности древесины основных пород СССР в свежесрубленном состоянии.

Согласно Краткой химической энциклопедии (1961), абсолютно сухая древесина разных пород весьма сходна по элементарному составу и содержит 49,4–50,2 % углерода, таким образом, коэффициент 0,5 может применяться при пересчете массы древесины в массу углерода.

Схему расчета можно представить так (в скобках даны названия используемых коэффициентов):

объем прироста свежей древесины → (плотность свежесрубленной древесины) → масса свежей древесины → (содержание сухой древесины во влажной) → масса сухой древесины → (содержание углерода в сухой древесине) → масса углерода.

На основе этой схемы приведем модельный расчет для древесины сосны обыкновенной. Исходные данные:

- средняя плотность свежесрубленной древесины (Исаева, 1970) – 790 кг/м³;
- содержание сухой древесины во влажной исходя из средней влажности свежесрубленного дерева сосны в 0,88 (Древесина..., 1962), тогда этот показатель равен приблизительно $1/(1+0,88) \approx 0,532$;
- содержание углерода в абсолютно сухой древесине – 0,5.

Таким образом, 1 м³ живой древесины сосны эквивалентен

$$1 \text{ м}^3 \cdot 790 \text{ кг/м}^3 \cdot 0,532 \cdot 0,5 = \mathbf{210,1 \text{ кг С.}}$$

В табл. 1 суммированы основные исходные данные и итоговые коэффициенты для перевода объема живой древесины в массу углерода.

Абсолютные величины секвестра можно получить, если измерить объем прироста древостоя. Например, по данным А.И. Бузыкина с соавт. (2002), запас стволовой древесины в сосняках к 17-летнему возрасту в густых вариантах посадок достигает значительных величин – до 243 м³/га. При этом текущий прирост составляет 25-30 м³/га в год. Используя далее установленные коэффициенты, можно определить, что 1 га таких молодняков в год секвестрирует 5-6 т углерода. Здесь речь идет только о стволовой древесине, которая в густых молодняках составляет около 80 % надземной биомассы деревьев (Бузыкин и др., 2002). Иначе говоря, реальный секвестр углерода сосновым молодняком будет выше.

Стоимость секвестра

Вопрос о том, сколько должна стоить единица эмиссии (и, соответственно, секвестра) углерода в атмосферу, является дискуссионным. В 90-х гг. XX в. обсуждалась цифра в 10 дол. США за тонну выброшенного CO₂ (Сафонов, 2000). В дальнейшем, когда началось обсуждение специальных мероприятий по организации секвестра углекислоты, стали исходить из окупаемо-

Таблица 1. Исходные данные и коэффициенты для пересчета живого прироста древесины в массу поглощенного атмосферного углерода для основных пород Сибири

Порода	Объемный вес в свежесрубленном состоянии, кг/м ³ *	Средняя влажность, %**	Содержание сухой*** древесины в свежей	С-эквивалент, кг/м ³
Сосна	790	88	0,532	210,1
Сосна сибирская (кедр)	760	92	0,521	197,9
Пихта	710	101	0,497	176,6
Лиственница	910	82	0,549	250,0
Ель	795	91	0,524	208,1

*Исаева (1970), по графикам нормального распределения образцов.

**Древесина... (1962).

***Имеется в виду древесина в абсолютно сухом состоянии.

сти этих мероприятий. Так, Нильссон с соавт. (2003) указывает, что воплощение специальной программы по секвестру в лесном и сельскохозяйственном секторах станет экономически выгодным при цене в 15 дол. США за тонну секвестрованного углерода (т.е. около 4 дол. США за тонну CO_2). Ван Коотен с соавт. (2004) сделал обзор исследований в этой области и установил, что оценки цены поглощения CO_2 разнятся иногда в 10 раз в зависимости от используемой модели. Считается, что базовый уровень оценок лежит в пределах от 12 до 70 дол. США за тонну CO_2 . Специальные работы по лесопосадке и агромероприятиям могут поднять эту цену на 200 %. Если же учитывать дальнейшее использование полученной древесины в изделиях из дерева или при замене ископаемого топлива биомассой, то оценки снижаются до интервала 3,5-18,5 дол. США за тонну CO_2 . С другой стороны, включение стоимости земли в такие проекты поднимает цену секвестра в 10-20 раз.

Имея в виду такое разнообразие оценок, мы считаем целесообразным для дальнейших расчетов взять реалистичную цену в 10 дол. США за тонну секвестрованной CO_2 . Учитывая содержание углерода в углекислоте в количестве 0,273 от массы, получаем эквивалент в $10/0,273 = 36,63$ дол. за тонну углерода. Эта цифра позволяет дать экологической работе леса определенное денежное выражение. По среднему обменному курсу докризисного 2012 г. в 31,1 руб. за 1 дол. США рублевое выражение цены секвестра будет составлять приблизительно 1140 руб. за тонну углерода. Для упомянутых выше сосновых молодняков это означает, что 1 га соснового молодняка осуществляет экологическую работу по секвестрации атмосферного углерода на 5988-7185 руб. в год. При этом расчете 1 м³ приростшей древесины сосны эквивалентен $1140 \cdot 0,2101 \approx$

240 руб. Иными словами, оплата за секвестр углерода, заключенного в 1 м³ сосновой древесины, должна составлять 240 руб.

Сравнение коммерческой ценности и стоимости экологических услуг

Эту оценку 1 м³ древесины можно сравнить с существующими минимальными расценками на пользование лесными угодьями. Такие расценки были закреплены Постановлением Правительства Российской Федерации №310 от 22.05.2007 (Постановление..., 2007). Ставки платы очень варьируются в зависимости от лесотаксового района, породы дерева, крупности растущей древесины и расстояния ее вывоза. В целом, эти ставки установлены за 1 м³ древостоя и лежат в пределах от 90,5 руб. для крупной древесины с вывозом до 10 км до 7-9 руб. для мелкой древесины с вывозом на расстояние более 100 км.

Очевидно, что указанные суммы не соответствуют реальным уровням цен, по которым древесина может быть реализована на рынке. Например, по состоянию на начало 2015 г. на розничном рынке Красноярского края цены за 1 м³ круглого леса варьировались от 4800 руб. за древесину сосны сибирской (кедра) до 2100 руб. за 1 м³ за древесину пихты. Для расчетов была взята реалистичная цена на круглый лес сосны обыкновенной в 2400 руб. за 1 м³. Эта сумма в 10 раз выше, чем стоимость экологической работы, принятая ранее (240 руб. за 1 м³). Однако рубка и продажа древесины производятся однократно, а экологическая работа приносит небольшой доход в течение многих лет. Возникает, таким образом, задача сравнения доходности этих двух видов хозяйствования в долгосрочной перспективе. Такое сравнение требует учета такого социально-экономического феномена, как дисконтирование.

В экономических расчетах эффективности проектов является нормой использование принципа «компенсации за ожидание», согласно которому и будущие доходы, и будущие долги для сравнимости должны приводиться к одному моменту времени, например к текущему дню. Следствием этого служит тот факт, что доходы, предполагаемые через много лет, сегодня (в силу дисконтирования) имеют меньшую по сравнению с номинальной стоимость (Уиллиамс, 1991).

В экономике функцию дисконтирования $D(t)$ принято представлять с использованием формулы сложных процентов:

$$D(t) = (1 + E)^{-t},$$

где E – норма дисконтирования; t – время или номер периода учета, к которому применяется дисконтирование. Данная модель управляется единственным параметром E , который численно выражается долями единицы, так что выражение $1/(1+E)$ всегда меньше единицы, и вся функция D , таким образом, является убывающей от t . Роль дисконтирования в моделировании социально-экологических процессов рассматривалась в ряде работ (Хлебопрос и др., 1999, 2008; Гавриков, Хлебопрос, 2013).

Если предполагается, что будущие доходы с позиций текущего дня подвергаются дисконтированию, то необходимо также предположить, что происходит в дальнейшем с доходами, которые реально получены сегодня. Для расчетов, произведенных далее, мы применяли правило, согласно которому полученные доходы ведут себя, как финансовый капитал, т.е. они возрастают со временем в соответствии с той же ставкой дисконтирования, но другой функцией G , которая обеспечивает рост:

$$G(t) = (1 + E)^t.$$

Суммируя сформулированные принципы моделирования, можно сказать, что будущий доход X , который предполагается через t лет, дисконтируется к текущему дню, как $X \cdot D(t)$. С того же момента, когда доход реально получен, он растет, как $X \cdot G(t)$. Для вычислений была взята ставки дисконтирования $E = 0,05$.

В табл. 2 приведен фрагмент матрицы расчета, позволяющий сравнить динамику дисконтированной единовременной выручки от продажи 1 м³ сосновой древесины с дисконтированной экологической выручкой, поступающей установленными порциями каждый

Таблица 2. Фрагмент матрицы для вычисления дисконтированного дохода от коммерческой продажи 1 м³ древесины сосны в сравнении с экологическими доходами, суммированными в последующие годы

Год, t	КС*, руб/ м ³	Экологическая выручка, руб/м ³ в год						СЭВ ⁺ , руб/м ³
		1	2	3	4	5		
1	2400,0	240,0						240,0
2	2520,0	252,0	228,6					480,6
3	2646,0	264,6	240,0	217,7				722,3
4	2778,3	277,8	252,0	228,6	207,3			965,7
5	2917,2	291,7	264,6	240,0	217,7	197,4		1211,5
...	...	...	...	...	...	...	...	...
28	8960,3	896,0	812,7	737,2	668,6	606,5	...	9010,6

*Коммерческая стоимость.

⁺Сумма экологической выручки (сумма столбцов экологической выручки).

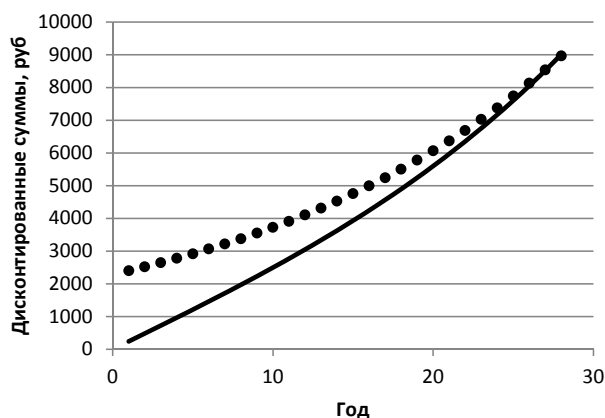


Рис. 1. Временная динамика дисконтированной выручки от продажи древесины (точки) и дисконтированных сумм экологической выручки (сплошная линия)

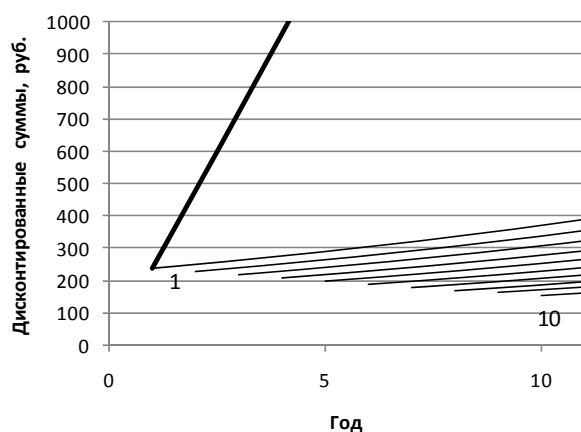


Рис. 2. Фрагмент траекторий роста величин экологической выручки, полученных в последовательные годы (тонкие линии), и суммы этих величин (толстая линия) за соответствующие годы. Цифрами 1 и 10 показаны траектории сумм, полученных в 1-й и 10-й годы соответственно

год. Рис. 1 дает графическое представление временной динамики этих показателей. Результаты расчетов демонстрирует, что долгосрочная экономическая результативность от экологической работы по выращиванию 1 м³ сосновой древесины для данного реалистичного набора параметров вполне соизмерима с экономической результативностью от традиционной коммерческой продажи круглой древесины. При анализе расчета получается, что в пределах 27-28 лет экономические

результативности этих видов хозяйствования сравниваются.

Причина достаточно высокой эффективности экологической работы по секвестру углерода состоит в том, что оплата за секвестр поступает каждый год, и это позволяет общей сумме быстро расти, несмотря на имеющую место «плату за ожидание». Фрагмент траекторий отдельных годовичных величин экологической выручки и их общей суммы показан на рис. 2.

Заключение

При управлении лесом в условиях альтернативных возможностей возникает задача, суть которой в том, что хозяйствующему субъекту необходимо принять решение между получением небольшого дохода в течение многих лет и разовым использованием древесины на коммерческую древесину. Произведенные расчеты с применением реалистических входящих параметров показывают, что в долгосрочной перспективе экономическая результативность экологического проекта по секвестру атмосферного углерода количественно вполне сопоставима с традиционной продажей древесины.

В настоящей работе рассмотрен некоторый базовый случай, «очищенный» от многих факторов, могущих в ту или иную сторону влиять на сравнительную результативность традиционного коммерческого и экологического использования лесных объектов. Например, экологические проекты по секвестру атмосферного углерода будут критически чувствительны к устойчивости политического курса на поддержку «углеродных» рынков.

С другой стороны, коммерческое использование древостоев возможно далеко не всегда. Очевидно, что в случае лесных молодняков вопрос об использовании их в качестве источника деловой древесины не будет стоять много десятков лет. Между тем для хозяйствующего субъекта, осуществившего посадки, такой лес из полностью убыточного

может стать источником покрытия расходов на уход и охрану, пока древостой не достигнет спелости. Если в России будет развит внутренний рынок квот на выбросы и секвестра атмосферного углерода, некоторые древостои могут приносить больше дохода при выполнении экологической работы, чем при их продаже на древесину.

Произведенные здесь оценки, с нашей точки зрения, показывают, что такой национальный «углеродный» рынок экономически возможен. В основе экономической возможности лежит экономическая соизмеримость альтернативных коммерческих и экологических проектов, что дает хозяйствующим субъектам пространство выбора управленческих решений.

Представляется, что национальный российский «углеродный» рынок может стать механизмом, который 1) вовлечет в процесс облесения невозделываемые земли, улучшая качество жизненной среды и занятость населения и увеличивая национальное благосостояние и 2) станет стимулом к разработке и использованию энергоэффективных решений.

Благодарности

Исследование выполнено при поддержке проекта РФФИ 14-05-00831 «Ландшафтные особенности и интегральная оценка углерододепонирующей функции охраняемых лесных территорий в зоне южной тайги Сибири».

Список литературы

1. Бузыкин А. И., Пшеничникова Л. С., Суховольский В. Г. (2002). Густота и продуктивность древесных ценозов. Новосибирск: Наука, 152 с.
2. Гавриков В.Л., Хлебопрос Р.Г. (2013). Концептуальная модель сравнительного анализа эколого-экономических ценностей леса. Инженерная экология, 5, 38–47.
3. Гавриков В.Л., Хлебопрос Р.Г. (2013). Феноменологическая модель управления «углеродным лесом». Лесоведение, 5, 29–35.

4. Древесина. Показатели физико-механических свойств. Руководящие технические материалы. (1962). М.: Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров Союза ССР, 50 с.
5. Исаева Л. Н., Брюханова Э. Б. (1967). Изменение объемного веса в стволах основных лесообразующих пород Сибири. В сб.: Древесина, ее защита и пластики. М.: Наука, 3–13.
6. Исаева Л. Н. (1970). Влажность и плотность древесины основных лесообразующих пород Сибири: Дис. ... канд. с.-х. наук, Красноярск: Институт леса и древесины им. В.Н.Сукачева, 195 с.
7. Краткая химическая энциклопедия. (1961). Под. ред. И. Л. Кнунянц, М: Государственное научное издательство «Советская энциклопедия». Т. 1. 1262 с.
8. Нильссон С., Ваганов Е. А., Швиденко А. З., Столбовой В., Рожков В. А., МакКаллум И., Йонас М. (2003). Углеродный бюджет растительных экосистем России. ДАН, т. 393(4), 541–543.
9. Площадь лесных земель. Единая межведомственная информационно-статистическая система. Доступно: <http://www.fedstat.ru/indicator/data.do?id=38194> (по состоянию на 23 января 2015 г.)
10. Постановление Правительства Российской Федерации от 22.05.2007 №310 «О ставках платы за единицу объема лесных ресурсов и ставках платы за единицу площади лесного участка, находящегося в федеральной собственности».
11. Сафонов Г. В. (2000). Перспективы участия России в международной торговле квотами на выбросы в атмосферу «парниковых» газов. Экономический журнал ВШЭ, 3, 349–368.
12. Уиллиамс М. Р. В. Рациональное использование лесных ресурсов (организация и управление): Пер. с англ. М.: Экология, 1991. 128 с.
13. Уткин А. И., Замолотчиков Д. Г., Честных О. В., Коровин Г. Н., Зукерт Н. В. (2001). Леса России как резервуар органического углерода биосферы. Лесоведение, 5, 8–23.
14. Хлебопрос Р.Г., Ясиевич И.Н., Басканова Т.Ф. (1999). Параметры, влияющие на искусственное лесовозобновление. Сибирский экологический журнал, 4, 425–430.
15. Хлебопрос Р.Г., Охонин В.А., Фет А.И. Катастрофы в природе и обществе: математическое моделирование сложных систем. Новосибирск: Сова, 2008. 359 с.
16. Huang C. H., Bates R., Kronrad G. D., Cheng S. (2004). Economic analyses of sequestering carbon in loblolly pine, cherrybark oak, and northern red oak in the United States. Environmental Management, 33(1), pp. 187–199.
17. van Kooten G. C., Eagle A. J., Manley J., Smolak T. (2004). How costly are carbon offsets? A meta-analysis of carbon forest sinks. Environmental science & policy, 7(4), 239–251.
18. Linacre N., Kossoy A., Ambrosi P. (2011). State and trends of the carbon market 2011. Washigton: World Bank, 84 pp.
19. Melnick D., Pearl M., Warfield J. (2015). A Carbon Offset Market for Trees. Доступно: <http://www.nytimes.com/2015/01/20/opinion/a-carbon-offset-market-for-trees.html> (по состоянию на 23 января 2015 г.)
20. Puyravaud J. P. (2003). Standardizing the calculation of the annual rate of deforestation. Forest Ecology and Management, 177(1), 593–596.