



Использовать или охранять? Бореальные леса и изменение климата¹

Р. Олссон, журналист и популяризатор

Окончание. Начало читайте в № 3 (32), № 4 (33) за 2012 год,
и в № 2 (35) за 2013 год

Управлять или позволить расти?

У управляемых лесов имеется значительный недоиспользованный потенциал по депонированию углерода, который можно задействовать удлинением ротационных периодов [16]. С другой стороны, заготовленная древесина может замещать ископаемое топливо, сокращая тем самым эмиссию парниковых газов.

С помощью компьютерного моделирования удалось сравнить бюджеты углерода при двух противоположных подходах к ведению лесного хозяйства в Швеции (рис. 1). В первом варианте лес рос без вмешательства человека и возраст рубки составил 200 лет. Во втором варианте в насаждении осуществляются рубки ухода в 10 и 30 лет, проходная рубка — в 60, сплошная — в 100 лет. Затем идет следующая ротация с такой же системой рубок. Через 200 лет в лесу, свободном от пользования, на 1 м² поверхности накапливается 13 кг С, а там, где лесопользование осуществляется по описанной выше схеме, — 11 кг С. Кроме того, из управляемого леса при проходной и сплошной рубках изымается 11,9 кг С. Таким образом, управляемый лес депонирует за 200 лет 22,9 кг С на 1 м². По данным компьютерного моделирования, почва в насаждении, в котором лесопользование не осуществляется, депонирует дополнительно 0,2 кг С на 1 м² за 200-летний период, что пренебрежимо мало по сравнению с количеством углерода, который депонируется древесной биомассой [16].

Для того, чтобы сопоставить климатический эффект от использования описанных выше двух подходов, необходимо учитывать, что происходит с изымаемой биомассой. При строгом экосистемном подходе, т. е. если допустить, что после рубки весь углерод сразу оказывается в атмосфере, с климатической точки зрения лучше не осуществлять лесопользования. Тем не менее, если допустить, что заготовленная древесина используется для замещения ископаемого топлива и (или) энергозатратных строительных материалов, таких как сталь и бетон, картина меняется. Мы еще вернемся к этому вопросу.

В примере сравниваются два разных подхода к ведению хозяйства в лесах, сформировавшихся после сплошной рубки. В реальности, как правило, вопрос стоит иначе: необхо-

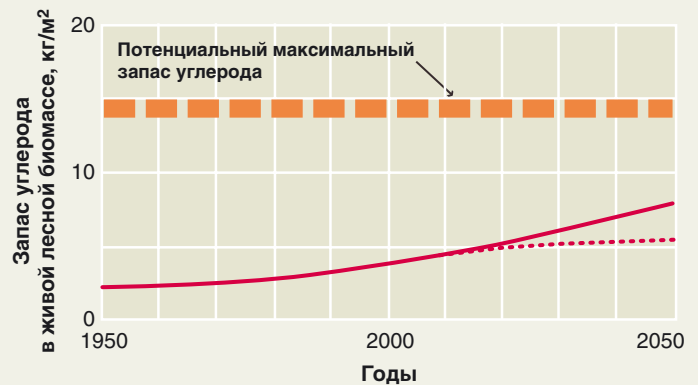


Рис. 1. Современные и прогнозируемые объемы углеродных стоков в лесах с 1950 по 2050 год. График построен на данных измерений, полученных до 2010 года. Сплошная линия — проекция тенденции; пунктирная линия учитывает изъятие древесины умеренной интенсивности, но без роста концентрации углекислого газа, потепления климата и загрязнения азотистыми веществами антропогенного происхождения. Жирная пунктирная линия соответствует потенциальному максимуму запаса углерода в лесах Европы, полученному на основе информации о лесах. Из рисунка видно, что имеется значительный потенциал повышения емкости углеродных стоков лесов Европы (по [3])

димо сделать выбор между лесопользованием в девственном старовозрастном лесу и лесопользованием с последующим лесовосстановлением. Как показано выше, через 50–100 лет лес, сформировавшийся после рубки на месте малонарушенного старовозрастного леса, становится нетто-источником углерода (см. раздел 5).

Учет только повышения запасов углерода при росте леса означает сознательное ограничение климатической стратегии, поскольку депонирование углерода лесом ограничено. Однако такой подход может быть эффективен при рассмотрении вопросов на короткую перспективу [12]. Леса Европы могут служить нетто-стоками углерода в течение многих десятилетий, если доля углерода, изымаемого с биомассой при рубках, не возрастает. Иными словами, лес может рассматриваться при климатическом планировании, направленном

¹ Источник: www.airclim.org. Исследование подготовлено при участии экспертов WWF Швеции, Шведского общества по охране природы и НПО AirClim (Швеция). Предыдущую статью Роджера Олссона, посвященную бореальным лесам и изменению климата, читайте в № 3 (28) нашего журнала за 2011 год. Материал публикуется в рамках проекта «Интенсивное и устойчивое лесопользование в России».

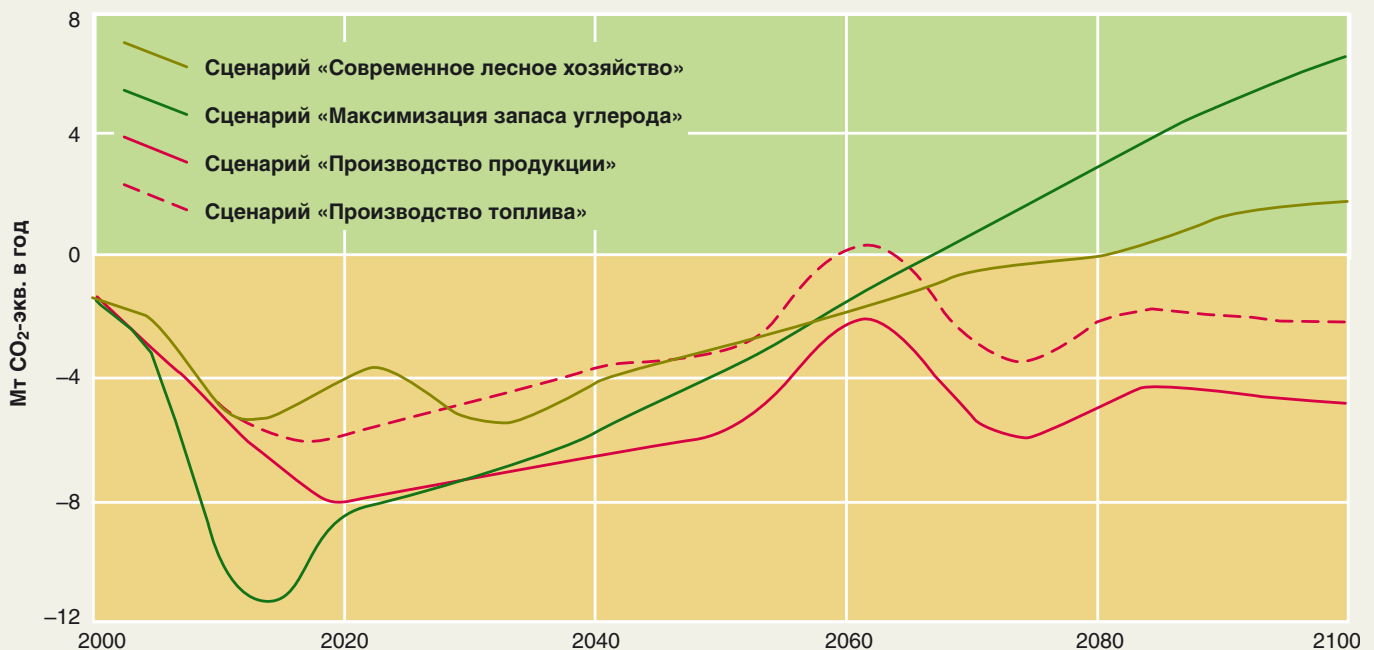


Рис. 2. Влияние четырех различных подходов к ведению лесного хозяйства в Швейцарии на бюджет углерода с 2000 по 2100 год (положительные величины означают, что лес является нетто-источником углерода):

сценарий «**Современное лесное хозяйство**» основан на сохранении используемых методов и интенсивности лесопользования;

сценарий «**Максимизация запаса углерода**» подразумевает целевое управление лесами, направленное на создание наибольшего запаса углерода в лесах при сокращении изъятия древесины;

сценарий «**Производство продукции**» предполагает интенсификацию лесного хозяйства с направленностью на максимальное производство лесной продукции для замещения энергоемких материалов;

сценарий «**Производство топлива**» означает интенсификацию лесного хозяйства с направленностью на максимальное производство лесной продукции для замещения ископаемого топлива. Исследование не учитывает эффекта замещения при использовании целлюлозы и бумаги.

По результатам исследования, растущие леса, в которых прекращено лесопользование, становятся нетто-источниками углерода через 50 лет. Этот вывод основан на следующем допущении: разложение мертвой органики, которая интенсивнее накапливается в лесах при отсутствии в них лесопользования, приводит к более интенсивной эмиссии парниковых газов, превышающей депонирование растущим лесом (из личного сообщения д-ра Франка Вернера). Это применимо к лесам умеренного климата, где разложение мертвой органики происходит быстрее, чем в бореальных лесах, и где накопление углерода в почве менее выражено. В бореальном лесу картина будет иной: леса, в которых лесопользование прекращается, сохраняют способность оставаться нетто-стоками углерода более длительное время, чем показано на рисунке (по [21])

на краткосрочную перспективу, как важный сток углерода [3, 19, 20].

Изучение разных стратегий лесопользования и лесопользования в лесах Швейцарии на протяжении 100 лет показывает, что с климатической точки зрения оптимально поддерживать максимальные темпы роста лесов при осуществлении устойчивого лесопользования (рис. 2). Древесина должна использоваться прежде всего для производства строительных материалов с максимальным сроком службы, а после окончания жизненного цикла — как биотопливо для замены ископаемого топлива. Порубочные остатки, непригодные для других целей, должны использоваться для производства топлива. Вариант целевого управления лесами с целью производства биотоплива не является оптимальным [21].

Стратегия, направленная на обеспечение максимального депонирования углерода в краткосрочной перспективе, должна максимально избегать использования рубок. Сокращение объема заготовок на 45 %, несмотря на то, что это означает сокращение на такую же величину возможности замещения, считается самой оптимальной климатической стратегией на ближайшие несколько десятилетий [21].

Как уже упоминалось, исследование проводилось по лесам Швейцарии, т. е. для лесов умеренного климата, и его результаты неприменимы к лесопользованию в бореальной зоне. Кроме того, различие заключается в разных темпах раз-

ложения органики и объеме почвенного пула углерода. Тем не менее данное исследование весьма интересно с теоретической точки зрения, поскольку в целом дает представление о том, как разные стратегии лесопользования с учетом эффектов замещения могут воздействовать на климат.

7. Депонирование углерода лесоматериалами

При анализе бюджета парниковых газов лесных экосистем вся изымаемая лесная продукция нередко рассматривается как эмиссия. Принимается допущение, что весь углерод, содержащийся в биомассе дерева, сразу переходит в атмосферу. На самом деле часть углерода остается в древесной продукции, следовательно, его эмиссия не происходит сразу. Длительность такой отсрочки зависит от вида продукции и ее использования. Например, в случае бумаги отсрочка может составлять несколько лет, а в случае строительных материалов — несколько десятилетий или даже веков [11].

До сих пор отчетность по эмиссиям парниковых газов, предоставляемая странами в рамках Киотского протокола, не учитывает депонирование углерода древесной продукцией. Тем не менее имеются определенные перспективы корректировки отчетности по этому вопросу в процессе переговоров. В связи с этим возникают вопросы, каким образом будет учитываться депонирование углерода в лесной продук-

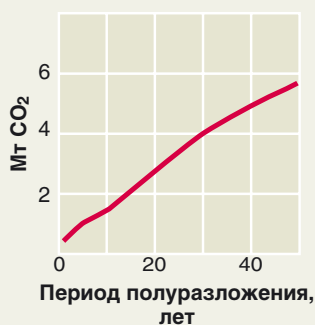


Рис. 3. Точность определения периода полуразложения лесной продукции. График показывает объем депонированного углерода (среднее значение за 1990–2007 годы) в строительных материалах и древесных плитах, произведенных в Швеции при разных допущениях относительно периода полуразложения (по [11])

ции при ее экспорте и импорте, какие методики расчетов должны использоваться и какие допущения должны приниматься относительно срока службы различных видов лесной продукции. Последний вопрос наиболее актуален.

Длительность жизненного цикла определяется в основном периодом полуразложения, т. е. отрезком времени, в течение которого половина углерода, заключенного в определенном объеме той или иной лесной продукции (строительный материал, топливо, бумага и др.), возвращается в атмосферу. В Скандинавских странах период полуразложения продукции из древесины составляет в среднем 15–20 лет. Как правило, период полуразложения бумаги не превышает 1–2 года. Точность определения периода полуразложения определяет точность расчетов. На рис. 3 показано, что разница в допущениях относительно периода полуразложения (10–50 лет) приводит к разбросу оценок депонирования углекислого газа лесной продукцией, изготавливаемой в Швеции, в интервале от 0,5 до 6 млн т в год [11].

В Швеции последняя оценка объемов материалов, используемых в стране для строительства, проводилась в 1996 году. Тогда объем углерода, депонированного строительными материалами, был оценен в 34 Mт [11]. Тем не менее колебания этих объемов пренебрежимо малы: динамика строительства и сноса зданий совпадают [6].

Объем древесной продукции, заготавливаемой в лесах Швеции в последние годы, соответствует депонированию чуть более 16 млн т С в год. Дополнительно импортирована древесная продукция в объеме 1,5 млн т. Более 80 % этого количества используется в качестве топлива, целлюлозного сырья для изготовления бумаги или уходит в отходы, т. е. фактически в основном сжигается в течение ближайших лет. Иными словами, такая продукция не играет большой роли в депонировании углерода. Оставшиеся 20 % используются для производства пиломатериалов и плит. При изготовлении этой продукции часть древесины попадает в отходы. Кроме того, определенная доля конечной продукции, например опалубка и упаковочные материалы, имеет короткий срок службы. На практике это означает, что только небольшая доля (значительно меньше 20 %) из общего объема заготовленной древесины превращается в продукцию с длительным сроком службы, такую как дома или мебель, которая может считаться стоком углерода [11].

Даже если повысить использование древесины в строительстве на 10 %, дополнительное депонирование углерода в этом случае будет соответствовать чуть более 1 % общего объема эмиссий Швеции [6].

8. Замещение

Древесная биомасса может использоваться для замещения ископаемого топлива, древесина — для замещения материалов (например, пластика, бетона и стали), производство которых связано со значительной эмиссией парниковых газов, в том числе при использовании для этого ископаемого топлива. Замещение топлива и других материалов является одним из критических факторов, которые необходимо учи-

Таблица 1. Величина эффектов замещения для пиловочника и лесного топлива

Продукция	Величина эффекта замещения ископаемого топлива	
	уголь	природный газ
Пиломатериалы (для домостроения):		
Швеция	2,05	1,52
Финляндия	1,31	0,91
Лесное топливо	0,89	0,50

тывать при определении воздействия лесов и лесного хозяйства на потоки парниковых газов, особенно в долгосрочной перспективе.

Для того чтобы правильно определить эффект замещения топлива и материалов биомассой, необходимо учитывать все потоки парниковых газов, связанные с той или иной продукцией, включая эмиссию парниковых газов при транспортировке лесоматериалов и производстве продукции из древесины. Эффект замещения будет разным при сравнении разной продукции, например величина эффекта замещения древесным топливом природного газа будет другой, чем угля, а бетона, чем стали [15]. Величина эффекта замещения определяет, сколько углерода, содержащегося в ископаемом топливе, замещается определенным количеством углерода, содержащимся в древесине (табл. 1). Если 1 кг углерода древесины замещает 1 кг углерода ископаемого топлива, то эффект замещения равен 1. Как правило, эффект замещения любого типа лесной биомассы принимается меньше 1. Это означает, что в краткосрочной перспективе замещение не компенсирует климатического воздействия потери углерода лесами при заготовке древесины [17].

Результаты проведенных следований по замещению, которое определяется различными стратегиями лесопользования и лесопользования, показывают, что, как правило, увеличение объемов заготовки древесины приводит к замещению больших объемов ископаемого топлива или строительных материалов либо и того, и другого. Тем не менее это не соответствует реалиям современного лесного сектора, поскольку значительная часть древесины используется для производства целлюлозы, из которой изготавливается бумага. Как мы видим, производство бумаги во многом определяет общую эффективность замещения продукцией лесного сектора ископаемого топлива и других материалов.

Замещение топлива

Замещение ископаемого топлива лесным для производства энергии все равно ведет к эмиссии углекислого газа в атмосферу, но этот углерод так или иначе оказался бы в атмосфере после гибели и разложения деревьев. При осуществлении лесовосстановления после рубки углерод, выброшенный в атмосферу в результате сжигания лесного топлива, будет, в конце концов, связан растущей биомассой [2]. Тем не менее это не означает, что производство и использование лесного топлива нейтрально с климатической точки зрения. Климатический эффект производства и использования лесного топлива зависит, с одной стороны, от размеров эмиссий, к которым привело бы использование ископаемого топлива, аменного лесным, с другой стороны, от:

- темпов разложения сырья, используемого для производства лесного топлива, если оно не заготавливается и остается в лесу;
- величины эмиссии парниковых газов вследствие нарушения почвенного слоя при заготовке сырья для производства лесного топлива;



- воздействия заготовки топлива на рост леса;
- эмиссии парниковых газов техникой при заготовке и транспортировке лесоматериалов.

Другими факторами, существенно влияющими на эмиссию парниковых газов при производстве лесного топлива, являются методы землепользования (особенно на осушенных торфяниках) и внесение удобрений [2].

В настоящее время объем заготовки лесного топлива в Швеции эквивалентен 8–10 млрд Вт·ч в год. Согласно прогнозам, увеличение до 15 млрд Вт·ч снизит запасы углерода в лесах на 4–6 %. Тем не менее это сокращение запаса углерода многократно компенсируется замещением. Если допустить, что все ветви и вершины будут заготавливаться на всех лесосеках Швеции на протяжении 150 лет, запасы углерода снизятся на 0,34 млн т в год. В то же время это количество сырья позволит произвести 11 млн т топлива в углеродном эквиваленте [1]. Даже если принять величину эффекта замещения равной 0,5, то все равно позитивный климатический эффект будет весьма значителен [2, 8].

С заготовкой сырья для производства лесного топлива имеется одна проблема в краткосрочной перспективе: чтобы проявился нетто-положительный эффект, необходимо время. Главная причина — если оставлять порубочные остатки в лесу, то их перегнивание занимает несколько лет, тогда как при сжигании лесного топлива углерод высвобождается в атмосферу незамедлительно. При производстве топлива из порубочных остатков (ветвей и вершин) для проявления нетто-положительного климатического эффекта требуется от 4 до 20 лет, если принять, что лесное топливо замещает природный газ. Этот отрезок времени будет короче при замещении нефти или угля (рис. 4) [18].

Чем больше диаметр порубочных остатков, используемых для производства лесного топлива, тем длиннее промежуток времени до появления нетто-положительного климатического эффекта и тем он меньше. Это частично справедливо и для пней. Требуется 20–30 лет, чтобы заготовка пней для производства биотоплива дала позитивный климатический эффект (если принять, что оно замещает природный газ) [18]. Если учитывать эмиссии при нарушении почвенного

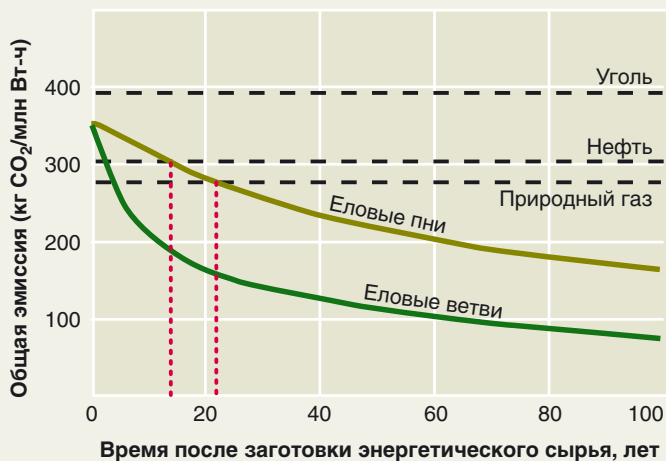


Рис. 4. Климатический эффект замещения ископаемого топлива биотопливом из ветвей и пней. Эффект положителен на отрезках, где кривая проходит ниже линий, обозначенных как «Уголь», «Нефть» и «Природный газ». При использовании пней положительный климатический эффект наступает через 14 лет при замещении нефти и через 22 года при замещении природного газа. Через 100 лет он не превышает 40 %. При иных допущениях по срокам разложения или потери почвенного углерода при корчевке пней кривая перемещается вверх, что означает более длительный период до проявления положительного климатического эффекта (по [18])

слоя и снижение темпов роста следующего поколения леса, то нетто-положительный климатический эффект не наступит еще дольше.

Имеется различная информация относительно климатического эффекта использования разных видов древесного сырья. Климатический эффект использования порубочных остатков (ветвей и вершин) оценивается в 70–90 %. Это означает, что 1 кг углерода лесного топлива замещает от 0,7 до 0,9 кг ископаемого топлива в углеродном эквиваленте [18]. Климатический эффект использования пней для производства биотоплива оценивается в промежутке между 40 [18] и 80–90 % [10].

Разброс значений объясняется разницей допущений относительно периода полуразложения различной продукции, которые основаны на оценках темпов разложения, а также допущений по объему эмиссии при переработке, транспортировке и сжигании. Данные оценки не учитывают возможного влияния на рост леса и объема эмиссий парниковых газов при нарушении почвенного слоя. Это остается сферой, в которой мы не располагаем достаточными сведениями, но, как упоминалось раньше, экспериментальные данные подтверждают замедление роста при изъятии из леса порубочных остатков [4].

Задержка между заготовкой сырья для производства лесного топлива и началом проявления позитивного климатического эффекта от его использования может быть значительной. Это очень важный аспект именно сейчас, когда становится актуальным вопрос о резком увеличении использования древесного топлива для срочного снижения эмиссии парниковых газов. Если его не учитывать, то мы сильно переоценим способность древесного топлива позитивно влиять на климат.

Замещение материалов

Замещаемыми деревом материалами являются материалы, при производстве которых используется ископаемое топливо. Это оказывает позитивный эффект на климат, поскольку предотвращает эмиссию парниковых газов от производства таких материалов. Наиболее исследован вопрос замещения стали и бетона.

В Швеции лучше всего исследовано замещение бетонного каркаса при строительстве домов. Оказывается, в длительной перспективе получается намного больший позитивный климатический эффект, чем при замещении ископаемого топлива.

Традиционные строительные материалы необходимо заменять деревом, поскольку использование объема древесины, эквивалентного 1 т лесного углерода, предотвращает эмиссию 1,04 т углерода. Расчеты основаны на предположении о том, что для изготовления строительных материалов используются крупномерные деревья, а небольшие стволы, порубочные остатки и древесный строительный мусор, образующийся при сносе зданий, — как топливо. Ископаемым топливом выступает битуминозный уголь. Если бы при расчетах использовался природный газ, сокращение эмиссии составило бы 0,76 т в углеродном эквиваленте [16]. Тогда 1 м² леса (биомасса и почва) при отсутствии лесохозяйственных мероприятий депонирует 77 г С в год за два ротационных периода. Управляемый лес депонирует в среднем 95–130 г С (в зависимости от сравнения с природным газом или с углем). Практически вся разница между двумя альтернативными подходами к лесоуправлению — 18–53 г — обусловлена эффектом замещения [16]. При оценке принимается, что на месте срубленных деревьев незамедлительно возникают новые, которые связывают углекислый газ, образующийся при сжигании биомассы.

Похожее исследование на основе компьютерного моделирования, осуществленное шведскими учеными, срав-



нивает воздействие различных подходов к управлению лесами на объемы эмиссии парниковых газов и производства разных видов лесной продукции с последующим учетом эффекта замещения. Самое значительное сокращение эмиссии парниковых газов достигается при интенсивном применении удобрений, заготовке порубочных остатков и пней, а также при использовании деловой дре-

весины для производства строительных материалов. Определяющим фактором является способ использования древесины (для производства строительных материалов или топлива) [5].

При интерпретации результатов этих двух исследований необходимо учитывать, что сравнение охватывает долгосрочную перспективу: соответственно 200 и 300 лет. Как вид-

Глобальный лесной сектор и климат

Лесная промышленность мира потребляет 420 млн м³ круглого леса в год. Часть углерода, заключенного в заготовленной древесине, депонируется целлюлозно-бумажной продукцией и продукцией из древесины на разные периоды. По оценкам МГЭИК, период полуразложения (период времени за который половина углерода, заключенного в продукции, возвращается в атмосферу) бумаги равен 2, для изделий из древесины — 30 годам. Опираясь на эти значения, бумага и лесоматериалы представляют собой сток углерода объемом соответственно 20 и 243 Мт CO₂-экв. в год (данные на 2007 год). К этой величине необходимо добавить объем углерода, заключенного в некоторых лесоматериалах, которые не сжигаются по окончании срока службы, а оказываются на свалке. Исследование, проведенное ФАО [14], сравнивает объемы этого законсервированного углерода с объемами эмиссии парниковых газов при производстве, использовании и утилизации лесной продукции. Установлено, что

объем эмиссии значительно выше, чем объем депонирования углерода, и производство лесоматериалов представляет собой нетто-источник углерода объемом почти 500 Мт CO₂-экв. в год, или 0,15 Гт С. Тем не менее если принять во внимание эффекты замещения древесиной строительных материалов, для производства которых требуется много энергии, то лесная промышленность и лесоматериалы являются небольшим стоком (табл. 2).

Один из выводов, которые можно сделать из исследования ФАО, состоит в том, что производство и потребление бумаги останутся источниками парниковых газов даже при сжигании всей бумажной продукции после окончания срока службы. Нетто-источник углерода в виде рынка бумаги составлял бы в этом случае, по меньшей мере, 0,09 Гт в год (табл. 3). Другими словами, при определении воздействия лесного сектора на потоки эмиссии парниковых газов необходимо разделять производство бумаги и лесоматериалов.

Таблица 2. Эмиссия от мирового лесного сектора, млн т CO₂-экв. в год

Сфера деятельности	Источник (+) или сток (-) углерода	Всего
Лесное хозяйство	+ 36,9	
Прямые эмиссии при производстве	+ 297,0	
Эмиссии при производстве электроэнергии	+ 193,0	
Затраты, включая ископаемое топливо	+ 92,4	
Транспорт	+ 51,2	+ 670,5
Углерод в использованной бумажной продукции	- 20,0	
Углерод в использованной продукции из древесины	- 243,0	
Сжигание лесоматериалов	- 3,0	+ 404,5
Выделение метана при утилизации отслуживших лесоматериалов на свалках*	+ 243,6	+ 639,1
Углерод в древесной продукции на свалках	- 160,6	+ 478,5
Производство электричества лесной промышленностью**	???	
Замещение ископаемого топлива	- 25,8	+ 452,7
Замещение строительных материалов	- 483,0	- 30,3

* Конвертировано в CO₂-экв.

** Считается невозможным оценить количественно вследствие значительных различий между странами.

Таблица 3. Потоки парниковых газов от производства бумаги в мире, млн т CO₂-экв. в год

Сфера деятельности	Источник (+) или сток (-) углерода	Всего
Лесное хозяйство*	+ 18,0	
Прямые эмиссии при производстве	+ 231,0	
Эмиссии при производстве приобретаемой электроэнергии	+ 106,0	
Затраты, включая ископаемое топливо	+ 57,4	
Транспорт*	+ 25,5	+ 437,9
Углерод в использованной бумажной продукции	- 20,0	
Замещение ископаемого топлива**	-135,0	+ 282,9

* Одну половину составляет бумага, другую — продукция из дерева.

** В том числе доля, отводимая на пиломатериалы.



но из рис. 5, эффект замещения оказывается значимым только после нескольких ротаций насаждений.

Более того, на результат исследований по эффекту замещения сильно влияет допущение о типе строений, для возведения которых используется древесина. Величина эффекта замещения древесины при производстве строительных материалов оценивается от 0,78 до 1,11 кг С на 1 м² жилой площади в год для Финляндии и от 0,38 до 0,51 — для Швеции. Это дает представление о точности расчетов [17].

В исследовании, данные которого представлены на рис. 6, предполагается, что значительная доля древесины используется для производства продукции из дерева, в частности все круглые лесоматериалы диаметром более 12 см используются для производства строительных материалов со сроком службы в среднем 100 лет [5]. Это весьма далеко от реальности. Как упоминалось выше, менее 20 % всей заготавливаемой древесины используется для производства строительных материалов с длительным сроком службы, а период полуразложения изделий из древесины составляет 15–20 лет. Количество материалов, которые могут быть замещены древесиной, также ограничивается типом возводимых сооружений и темпами строительства.

Более того, в описанных выше исследованиях сделано допущение, что все древесное сырье, которое не пошло на производство строительных материалов, используется для производства топлива. Таким образом, не заложена доля древесины в целлюлозе и бумаге. Конечно, это допущение совершенно не соответствует действительности, которая сложилась в лесном секторе Швеции, где около половины объема всех круглых лесоматериалов используется для производства целлюлозно-бумажной продукции (данные Шведского лесного агентства, 2010).

Результаты исследования были бы совершенно другими, если принимаемые в них допущения отражали бы реальную ситуацию с использованием древесины. Оценка жизненного цикла продукции, акцент на получение которой делается при различных стратегиях лесопользования, показывает, что производство целлюлозы и бумаги оказывает в целом негативное воздействие на климат. Это воздействие столь существенно, что если его учитывать при расчетах, замещение топлива становится более важным при оценке воздействия лесного сектора на климат, чем замещение материалов [7] (рис. 6).

В исследовании сравнивалось несколько сценариев развития лесного хозяйства и лесной промышленности: консервативный — допускающий, что эти отрасли развиваются в соответствии с современными тенденциями до 2035 года; при котором резко увеличивается производство лесного топлива; интенсивного лесопользования, когда производительность лесов резко возрастает благодаря использованию удобрений, подбору оптимальных пород и более интенсивному лесопользованию. В последнем сценарии производство круг-

Рис. 6. Воздействие допущений по жизненному циклу продукции на потоки и сток углерода в лесном секторе Швеции. Верхняя диаграмма демонстрирует изменения, происходящие год за годом, нижняя отражает совокупное воздействие при сценарии развития лесного хозяйства и лесной промышленности в соответствии с современными трендами до 2035 года. Затем принимается допущение, что подходы к развитию лесных отраслей перестают эволюционировать, чтобы показать долговременный эффект изменений (до 2160 года). Производство целлюлозы и бумаги оказывает негативный эффект. Учитывается эффект замещения топлива: отслужившая свой срок бумага используется в качестве топлива, но не учитывается эффект замещения бумагой других упаковочных материалов. Резкие всплески кривых на верхней диаграмме отражают эффект урагана Гудран в 2005 году (по [7])

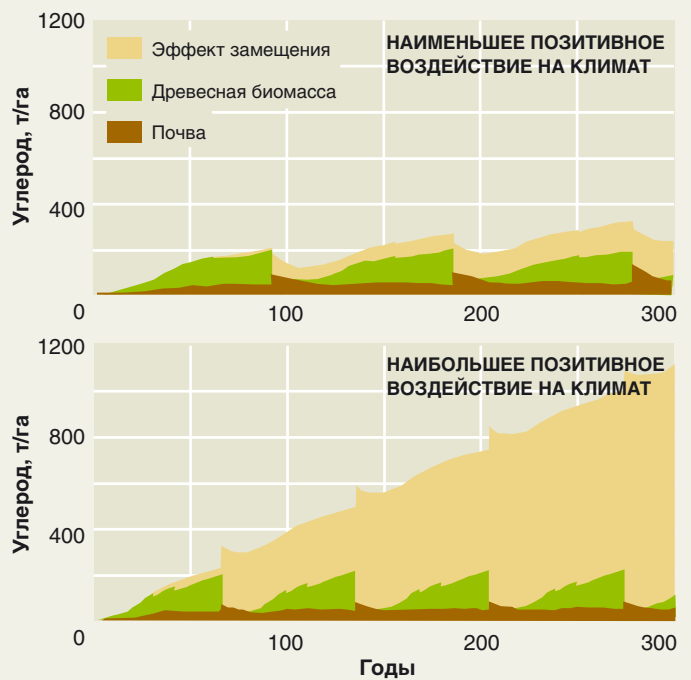
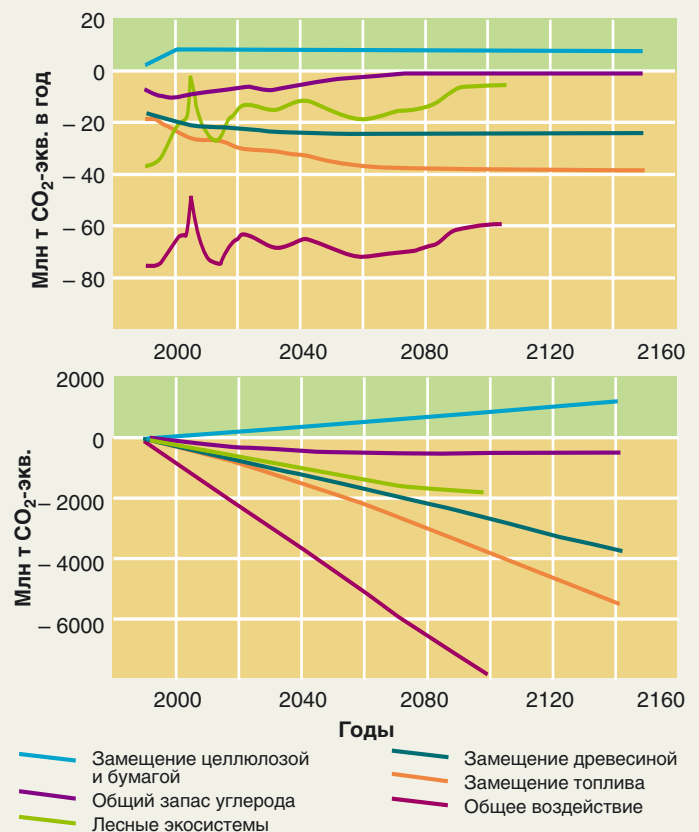


Рис. 5. Углерод, депонированный в древесной биомассе и почве, а также совокупный эффект замещения материалов при двух сценариях. Верхняя диаграмма отражает наименее позитивный климатический эффект и основана на данных, характеризующих современное лесопользование (сделано допущение, что заготовка пней и порубочных остатков отсутствует, в качестве ископаемого топлива принят природный газ). Нижняя диаграмма отражает наиболее позитивный эффект на климат и построена исходя из интенсивной модели лесного хозяйства (заготовка пней, широкое замещение материалов, в качестве ископаемого топлива принят уголь) (по [5]). Последний сценарий подразумевает использование всех круглых лесоматериалов диаметром более 12 см для производства строительных материалов. Это допущение далеко от реальности





лых лесоматериалов на 40 % больше, чем в консервативном. Производство топлива предполагается на том же уровне, что и в топливном сценарии.

Подразумевается, что изменения, планируемые в рамках соответствующих сценариев, будут реализованы к 2035 году. Затем прогнозируется воздействие этих изменений на леса и лесной сектор вплоть до 2160 года для того, чтобы определить углеродный баланс в долгосрочной перспективе.

Консервативный сценарий обеспечит сток объемом 16, топливный — 18, интенсивный — 28 Мт С в год. Во всех трех сценариях определяющим фактором является замещение топлива.

Замещение материалов — второй по значению фактор, обуславливающий потоки углерода, связанные с целлюлозой и бумагой. Производство и потребление этих видов продукции — настолько мощный источник углерода, что оно частично уравнивает сток углерода от производства лесоматериалов с долгим сроком службы. Учитывая принятые в сценариях допущения, эмиссии, связанные с производством и потреблением целлюлозно-бумажной продукции, удвоятся к 2035 году.

В исследовании не учитывается эффект замещения бумагой других материалов, что, несомненно, можно считать недостатком. Бумага способна успешно замещать, например, пластик и стекло при упаковке продукции и тем самым оказывать позитивное воздействие на климат. Тем не менее на основополагающие выводы исследования этот недостаток не влияет. Результаты подтверждают, что преимущественная ориентация на производство строительных материалов и лесного топлива, а не на бумагу позитивно воздействует на климат. Это сокращает эмиссии в процессе производства и приводит к большему эффекту замещения, а также повышает депонирование углерода лесами благодаря более длительным ротациям и большему запасу насаждений [7].

9. Леса и РКИК ООН¹

Эмиссии парниковых газов при различных видах землепользования попадают под действие Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата (РКИК ООН) и Киотского протокола. Общее название данной сферы — землепользование, изменения землепользования и лесное хозяйство (ЗИЗЛХ). Проще говоря, это механизм, который позволяет странам уравнивать эмиссии, образующиеся при сжигании ископаемого топлива, стоками в секторе землепользования, чтобы обеспечить взятые на себя обязательства по ограничению эмиссий парниковых газов. Так, страна, взявшая на себя обязательства по сокращению использования ископаемого топлива на 10 %, может сократить реальное потребление такого топлива на 5 % и повысить депонирование углерода за счет изменения практик землепользования на величину, эквивалентную еще 5 %. Это может быть достигнуто, например, лесоразведением на безлесных землях. Сокращение депонирования углерода лесами вследствие рубок учитывается для страны как эмиссия. Одной из основных причин включения землепользования в РКИК ООН была попытка создания стимулов для совершенствования охраны лесов и лесопользования, особенно в тропических широтах.

Согласно статье 3 Киотского протокола стороны обязаны представлять отчеты об эмиссиях парниковых газов и стоках, образующихся благодаря посадке деревьев, о лесоразведении и лесовосстановлении. Статья 3.4 также предоставляет возможность засчитывать в качестве мер по ограничению эмиссий определенные мероприятия в сфере землепользова-

ния, включая лесохозяйственные. Швеция — одна из стран, использующих такой механизм. Это означает, что Швеция учитывается не только по стокам и эмиссиям, возникающим от расширения или сокращения покрытой лесом площади (в этой стране ее колебания пренебрежимо малы), но и по объему стока в лесах и по его изменениям.

Логика очень простая: чем больше депонирование углерода в сфере землепользования страны, тем меньше сниженные эмиссии от сжигания ископаемого топлива. Это привело к развитию переговорного процесса, в ходе которого многие страны пытаются максимизировать углеродные кредиты за счет ЗИЗЛХ. Страны лоббируют изменения правил отчетности в пользу увеличения стоков, а не сокращения эмиссий. Правила, регулирующие работу механизма ЗИЗЛХ, направлены на снижение неопределенности в системе и экологического ущерба, но вместе с тем должны быть приемлемыми и для стран, которые отстаивают возможность торговли кредитами. Пока не удалось сформировать простые и целостные правила функционирования такого механизма.

Важно подчеркнуть, что принципы отчетности формируются путем переговоров. Хотя данные принципы научно обоснованы, они отражают и климатическую политику. Правила формируются в результате переговорного процесса, в основе которого лежит попытка создания системы стимулов и сдерживания. На практике это означает, что данные об эмиссиях из официальных отчетов стран, предоставляемые в рамках РКИК ООН, сложно сопоставимы с научной экспериментальной информацией о запасах и потоках углерода в природе. Как было упомянуто выше, научная основа для определения величин запасов и потоков во многих странах ненадежна (см. врезку «Точность данных» на с. 46 № 4 (33) за 2012 год).

Марракешские соглашения

На 7-й Конференции сторон РКИК ООН (КС-7) в г. Марракеш в 2001 году было достигнуто соглашение по восьми принципам отчетности о деятельности в рамках ЗИЗЛХ для предотвращения снижения эффективности Киотского протокола как механизма экологической политики. Стороны согласились с тем, что эти принципы должны действовать в течение следующего периода обязательств (после 2012 года) с проведением мониторинга их выполнения.

Переговоры по правилам ЗИЗЛХ продолжаются с 2008 года и принимают достаточно сложный характер. По мере того как стороны пытаются заполнить все пробелы, возникают новые запросы по включению того или иного вида деятельности в сферу ЗИЗЛХ. На КС-16, состоявшейся в г. Канкун в декабре 2010 года, к соглашению прийти не удалось. Переговоры о втором периоде обязательств продолжаются. По всей видимости, наблюдаемая тенденция большего внимания к стокам, чем собственно к сокращению эмиссий, будет по-прежнему преобладать. Многие страны не только хотят увеличить спектр учитываемых стоков, но и стремятся исключить из рамок соглашения определенные виды эмиссий. Предлагаются все новые и новые варианты, некоторые страны в ходе переговоров увязывают свои требования с целями, которые они ставят к 2020 году. Например, Новая Зеландия открыто заявляет о том, что возьмет на себя обязательства сократить эмиссии на 20 % только при условии выполнения своих определенных требований в рамках ЗИЗЛХ. Россия также связывает размер сокращения эмиссий с учетом определенных стоков в ЗИЗЛХ.

Предлагаемые поправки и дополнения

В апреле 2011 года был представлен набор поправок и дополнений к правилам ЗИЗЛХ, в том числе:

- включение новых видов землепользования, таких как деградация лесов и осушение водно-болотных угодий;

¹ Раздел подготовлен на основе [13].



- учет воздействия лесопользования на бюджет парниковых газов;
- учет воздействия природных катастрофических факторов (лесные пожары);
- учет депонирования углерода лесной продукцией.

Трансформация лесов в земли без лесной растительности в настоящее время уже учитывается в ЗИЗЛХ, а деградация лесов, т. е. сокращение объема биомассы без полного обезлесения, пока нет. Согласно предложению полинезийского государства Тувалу, учет деградации лесов будет способствовать исправлению дисбаланса в системе, что особенно выгодно для стран, которые решили включить в отчеты воздействия лесопользования.

Было предложено ввести в ЗИЗЛХ управление водно-болотными угодьями. Их осушение приводит к значительным эмиссиям парниковых газов. Тем не менее высказываются сомнения в том, что эти эмиссии поддаются корректному учету и по ним возможна верифицируемая отчетность.

Марракешские соглашения по ЗИЗЛХ

1. Подход к деятельности в рамках ЗИЗЛХ должен строиться на научной основе.
2. Мониторинг и отчетность по этой деятельности должны строиться на основе последовательных подходов.
3. Использование механизма ЗИЗЛХ не должно привести к изменению цели, установленной параграфом 1 статьи 3 Киотского протокола.
4. Само по себе наличие стоков не должно учитываться.
5. Реализация мероприятий в сфере ЗИЗЛХ должна содействовать сохранению биоразнообразия и развитию устойчивого природопользования.
6. Учет деятельности в сфере ЗИЗЛХ не предполагает переноса обязательств на будущие периоды их выполнения.
7. Все изменения землепользования должны учитываться в соответствующие периоды.
8. Отчетность должна исключать эффекты, возникающие вследствие воздействия следующих факторов:
 - превышение концентрации углекислого газа пред-индустриального уровня;
 - опосредованное загрязнение азотсодержащими веществами;
 - динамические эффекты, проистекающие вследствие деятельности и подходов, использовавшихся до года, за который представляется отчетность.

Согласно Киотскому протоколу, стороны могут получать кредиты за воздействие лесопользования на стоки и эмиссии парниковых газов до определенного порога, обозначенного в Марракешских соглашениях. Некоторые страны предложили новые варианты в этой сфере на следующий период действия обязательств, чтобы стимулировать страны на включение лесопользования в отчетность. Ряд предложений связан с существенным увеличением кредитов за счет лесного хозяйства, что означает пропорциональное сохранение эмиссий.

Как уже отмечалось в этой статье, эмиссии углекислого газа вследствие воздействия катастрофических природных факторов, таких как лесные пожары и массовое размножение насекомых-вредителей, весьма значительны. Их объемы с большой вероятностью еще возрастут и не в последней степени в бореальных лесах. Некоторые страны стараются исключить эти эмиссии из отчетности в рамках ЗИЗЛХ. В переговорном процессе катастрофические природные факторы относят к форс-мажорным обстоятельствам, невзирая на

то, что они являются частью естественной динамики практически всех лесов мира.

Одной стороной было предложено, чтобы в следующий период выполнения обязательств запас углерода в лесной продукции (заготовленные лесоматериалы) был включен в отчетность в рамках ЗИЗЛХ. Сторонники этого подхода обосновывают свою позицию тем, что углерод, заключенный в заготовленной древесине, не сразу переходит в атмосферу, а депонируется в древесной продукции с длительным жизненным циклом (деревянные дома) или на свалках. Их противники считают, что отсутствуют эффективные, последовательные и надежные методы определения объемов углерода, депонированного таким образом. Если предоставлять кредиты только за стоки углерода в заготовленных лесоматериалах и не учитывать общей эмиссии от лесопользования, то возникнут предпосылки для увеличения объема рубок, т. е. стимулы к неустойчивому лесопользованию.

Обязательства и базовые уровни

Обязательства стран выражаются в изменении уровня эмиссий по сравнению с показателем базового года. За базовый для первого периода выполнения обязательств по Киотскому протоколу принят 1990 год, цели должны быть достигнуты к 2008–2012 годам. Определение целей и базового года в секторе ЗИЗЛХ на следующий период выполнения обязательств столь важны и сложны, что также являются предметом переговоров. Одно из требований в сфере обезлесения — обязательства должны отражать реальное сокращение эмиссий, происходящих вследствие обезлесения, и не создавать стимулов к восстановлению объема рубок до уровня, предшествовавшего началу периода выполнения обязательств. В отчетность должна включаться информация по всем экосистемам страны независимо от собственности на леса. Как правило, сложно получить достоверную информацию на начало периода выполнения обязательств из-за отсутствия надежной системы ее сбора и низкого уровня экологического мониторинга во многих странах. Одним из вариантов решения этой проблемы является ограничение объема кредитов, которые страна может получить за сокращение обезлесения. Такой порог должен быть тщательно продуман, чтобы стимулировать страны к активной деятельности по сокращению эмиссий до того, как они смогут получать кредиты за сокращение обезлесения.

Имеются два различных подхода по определению базовых уровней. В основе одного лежит использование исторических данных об уровне и темпах обезлесения, в основе другого заложен прогнозный подход. Преимущество подхода на основе исторической информации состоит в том, что он обеспечивает возможность контроля обязательств по сокращению эмиссий. Использование базового уровня на основе прогнозной оценки означает, что страны могут получать углеродные кредиты за сокращение прогнозного обезлесения, т. е. которое произойдет по теоретическому консервативному сценарию.

10. Дискуссия и выводы

Целью этой статьи является обзор взаимосвязей между лесами, лесным хозяйством и климатом. Леса и лесное хозяйство бореальной зоны рассматриваются нами исключительно в климатической перспективе, меры или стратегии, направленные на сокращение эмиссий парниковых газов, — как положительные, несмотря на то, что они могут оказывать негативное воздействие в других сферах. Сказанное не означает, что климат важнее других аспектов. Такой подход при написании статьи был выбран исключительно для большей ясности изложения. Только тогда, когда складывается



общая картина воздействий на климат разных мероприятий и стратегий развития, можно сопоставлять такое воздействие на экономику, социальную сферу, биоразнообразие лесов и другие экологические ценности. Данные вопросы в статье не обсуждаются.

Основное допущение при анализе различных факторов — повышение среднепланетарной температуры на 2 °C является критическим, чтобы не перейти этот порог, необходимо резко сократить эмиссии парниковых газов в ближайшие десятилетия. Следовательно, бореальные леса как важный фактор стабильности климата нельзя рассматривать только в долгосрочной перспективе. Наибольшее значение для стабильности климата будут играть события ближайших 30–40 лет.

В бореальных лесах заключено около 30 % углерода, содержащегося в наземных экосистемах планеты. По запасу углерода бореальные леса превосходят любую наземную экосистему и в 2 раза тропические леса. Почти 90 % углерода заключено в лесной почве. Благодаря этому огромному углеродному резервуару бореальные леса являются ключевым фактором, определяющим климат в будущем, при этом они чрезвычайно восприимчивы к повышению температуры.

Бореальные малонарушенные (старовозрастные) леса

Почти половину площади бореальных лесов мира составляют старовозрастные, практически или полностью не затронутые хозяйственной деятельностью. Основные территории распространения — Аляска, Канада и Сибирь. Эти леса продолжают оставаться стоком углерода, даже если им много столетий. Основные запасы углерода бореальных лесов накапливаются в почве. Даже с глобальной перспективы запас углерода, заключенный в почвах северной части бореального пояса, огромен, и для стабильного состояния климата в будущем чрезвычайно важно, чтобы он не перешел в атмосферу.

По мере потепления климата возрастает частота и интенсивность воздействия природных катастрофических факторов — лесных пожаров, насекомых-вредителей и болезней леса. Такая тенденция существует, и ее следствием является снижение депонирования и запасов углерода в лесах. Если потепление превысит определенный критический уровень, леса бореальной зоны будут испытывать сильный тепловой стресс одновременно с недостатком влаги, что приведет к массовой потере лесов. Значительная доля углерода, депонированного в бореальных лесах, перейдет в атмосферу, что запустит необратимый и устойчивый механизм дальнейшего усугубления глобального потепления. По оценкам ученых, такой порог повышения среднегодовой температуры на планете составляет 3–5 °C.

В связи с этим может возникнуть вопрос: что лучше для климата — оставить старовозрастные малонарушенные бореальные леса нетронутыми или начать их вырубку для того, чтобы осуществлять замещение ископаемого топлива и энергоемких стройматериалов и создавать новые леса? В глобальном контексте и в краткосрочной перспективе это праздный вопрос, поскольку в ближайшие несколько десятилетий превратить обширные малонарушенные лесные территории Сибири и Северной Канады в управляемые леса не представляется возможным.

На большей части этих территорий в будущем будет наблюдаться естественная динамика. То, каким образом бореальные леса повлияют на изменение климата, зависит от скорости и степени ожидаемых изменений динамики природных катастрофических факторов, что, в свою очередь, зависит от изменения климата.

Более того, климатический эффект от конверсии малонарушенных старовозрастных бореальных лесов в управляе-

мые будет отрицательным в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Во время рубки часть депонированного углерода переходит в атмосферу. Поскольку в почве и биомассе малонарушенных лесов больше углерода, чем в этих пулах управляемых лесов, эмиссии углекислого газа также будут больше. Новому поколению деревьев потребуется долгое время (возможно, 100 лет и более), чтобы депонировать такое же количество углерода, а это означает, что рубка старовозрастных лесов оказывает негативный климатический эффект и в краткосрочной перспективе.

Управляемые бореальные леса

В управляемых бореальных лесах человек способен активно влиять на эмиссии парниковых газов как путем лесохозяйственных мероприятий, так и использованием заготовленной биомассы. При анализе этих мероприятий выяснилось, что для оценки их последствий для климата большее значение имеет временной фактор. Мероприятия, весьма положительно влияющие на сокращение эмиссий парниковых газов в долгосрочной перспективе, могут оказаться нейтральными или даже отрицательными в краткосрочной. То, что выглядит оптимальным решением в течение 100–200 лет, может стать контрпродуктивным в ближайшие несколько десятилетий, а именно эта перспектива окажет определяющее влияние на климат будущего.

Одна из стратегий предполагает инвестиции в развитие интенсивного лесного хозяйства, благодаря которому можно увеличить депонирование углерода растущими лесами и (что даже более важно) выход древесного сырья. Исследования показывают, что в Швеции очень высок потенциал развития интенсивного лесного хозяйства путем внесения удобрений и использования быстрорастущих пород. С климатической точки зрения логика интенсификации лесного хозяйства состоит в том, что чем больше древесины заготавливается с единицы площади, тем больше можно заместить ископаемого топлива в энергетическом секторе и энергоемких материалов (сталь и бетон) в строительном. В обоих случаях позитивный климатический эффект достигается сокращением эмиссий парниковых газов от сжигания ископаемого топлива.

Тем не менее с реализацией этой стратегии связаны серьезные риски. В частности, может возрасти численность определенных вредителей, что означает увеличение эмиссий парниковых газов. Также возможно увеличение эмиссии оксида азота — мощного парникового газа — из лесных почв. Мы пока не можем спрогнозировать, какие процессы будут происходить в почве при рубке леса, при выращивании которого интенсивно использовались удобрения. Это также справедливо и в отношении внесения удобрений в рамках современных лесохозяйственных подходов.

Производство лесного топлива можно резко увеличить использованием пней, образующихся после рубки леса, так как на пень приходится 20 % биомассы дерева. Углерод, заключенный в пнях, гораздо быстрее переходит в атмосферу при их сжигании, чем когда они остаются перегнивать на лесосеке, поэтому позитивный климатический эффект от использования пней проявится с длительной задержкой. По результатам одного исследования, этот период составляет около 15 лет, если принимается, что лесное топливо замещает нефть. Если учитывать эмиссии парниковых газов из нарушенной корчевкой почвы и снижение продуктивности следующей генерации леса, то период еще дольше. Согласно другому исследованию, экосистема может восстановить запасы углерода, потерянные в результате корчевки пней, только через 27 лет, и в краткосрочной перспективе климатический эффект от данного мероприятия резко отрицателен. В настоящее время в Швеции корчевка пней практически не развита. Учитывая, что пози-



тивный климатический эффект от корчевки и переработки пней проявится не раньше, чем через 30 лет, с климатической точки зрения внедрение этой практики контрпродуктивно, поскольку она приведет к росту эмиссий парниковых газов в следующие несколько десятилетий, в течение которых повышение эмиссии особенно опасно для климата.

В данной статье рассматривались в основном стратегии лесопользования, направленные на максимизацию производства лесной продукции с единицы площади, так как именно они имеют принципиальное значение с климатической точки зрения.

Однако с управляемыми лесами связаны интересные перспективы, которые требуют дальнейшего изучения. В первую очередь, значительный потенциал управляемых лесов Швеции и в целом Европы по депонированию углерода может полностью использоваться, если увеличить периоды ротаций и снизить изъятие биомассы. Таким образом, можно добиться увеличения объема стоков и выиграть драгоценное для обеспечения стабильности климата время. Одновременно необходимо отметить наличие рисков депонирования углерода в лесах. Со временем возрастает риск его потери вследствие пожаров, вспышек численности насекомых-вредителей и ураганов.

Сохранение лесов для обеспечения стабильности климата означает, что в таких лесах стоки углерода будут повышаться, но необходимые для этого мероприятия необязательно идентичны мероприятиям по сохранению биоразнообразия. Например, увеличение объемов мертвой древесины в лесах повышает риск возникновения лесных пожаров и, следовательно, эмиссии углерода. Леса, имеющие ключевое значение для сохранения биоразнообразия, не всегда обладают максимальной емкостью углерода [9].

Если задача состоит в максимизации запасов углерода в почве и деревьях, лучшей стратегией является отсрочка рубки, но это снижает производительность лесов и потенциал для замещения топлива и материалов. Тем не менее, по результатам исследований, увеличение периода ротаций на 20–40 лет в скандинавских системах лесоводства позитивно скажется на климате, особенно для сосняков и даже с учетом эффекта замещения (см. рис. 4 на с. 42 № 2 (35) за 2013 год), что связано главным образом с повышением выхода пиловочника.

Самое позитивное воздействие на климат оказывает отказ от сплошных рубок. Места сплошных рубок остаются источниками углерода на протяжении до 15 лет, а новой генерации деревьев требуются десятилетия, чтобы восполнить потери углерода вследствие этих эмиссий. Углеродный баланс восстанавливается только через 30–40 лет после рубки. В случае выборочных рубок потери почвенного углерода резко сокращаются и леса остаются стоками углерода. Чтобы оценить масштабы сокращения эффектов замещения от перехода к выборочным рубкам и, следовательно, воздействия на общий баланс парниковых газов, необходимы дальнейшие исследования.

Другой стороной медали более длительных периодов ротации и выборочных рубок является сокращение объемов порубочных остатков (хотя и временное в первом случае) для производства лесного топлива, которое может замещать ископаемое.

Замещение топлива и материалов

Эффект замещения — важный фактор воздействия управляемых лесов и лесного хозяйства на климат. Лесную продукцию можно использовать вместо ископаемого топлива либо непосредственно, либо путем замещения энергоемких материалов, тем самым сокращая эмиссии парниковых газов.

Важно учитывать, что эффекты замещения во многом есть вещь чисто теоретическая. Гипотеза эффектов замещения во многом строится на том предположении, что при поставке определенного дополнительного количества лесоматериалов на рынок спрос на другие материалы пропорционально сокращается. На самом деле логично предположить обратный эффект: при повышении предложения лесного топлива снижается цена ископаемого, тем самым возрастает общее энергопотребление, т. е. дополнительное производство лесного топлива ведет не к сокращению потребления ископаемого топлива, а к возрастанию общего энергопотребления. Эти возможные рыночные эффекты не попали в поле зрения ни одного из исследований, упомянутых в данной статье.

Даже если проигнорировать все рыночные механизмы, очевидно, что для любых мероприятий, направленных на повышение производительности лесов, требуется время для проявления значительного климатического эффекта. Как было показано ранее (см. рис. 5), даже при сценарии с нереалистично высоким эффектом замещения минимально значимого позитивного воздействия на климат в краткосрочной перспективе не достигается, и различие со сценарием с очень низким эффектом замещения практически незаметно.

С течением времени эффект замещения возрастает с каждой новой лесной генерацией. Тем не менее возникает вопрос: насколько осмысленным является подсчет суммарного эффекта замещения на долгосрочную перспективу — 200–300 лет. С точки зрения климатической политики никакие расчеты, выходящие за рамки ближайших 100 лет, большого смысла не имеют: невозможно планировать, какие виды топлива или какие материалы будут замещаться древесиной через 300 лет.

Другой важный вопрос: как именно используется заготовленная древесина. В исследованиях, посвященных изучению эффекта замещения, как правило, принимается, что лесоматериалы, произведенные дополнительно, используются для замещения либо топлива, либо материалов, либо и того, и другого. В реальной жизни этого не происходит. При производстве стройматериалов со значительным сроком службы расходуется гораздо меньше 20 % всей заготовленной древесины. Производство бумаги и другой продукции из целлюлозы в целом оказывает скорее негативное воздействие на климат, даже если допустить, что отслужившая бумага и вся остальная целлюлозно-бумажная продукция используется в качестве топлива (см. рис. 6), поскольку целлюлозно-бумажное производство весьма энергоемко. Это означает, что рост производства лесоматериалов приводит к сокращению эмиссий парниковых газов только в том случае, если лесная продукция идет преимущественно на производство топлива и (или) стройматериалов, а не бумаги.

Одним из выводов является то, что снижение потребления бумаги при сохранении общего уровня лесозаготовок может позитивно влиять на климат благодаря большему производству пиловочника и топлива. Это позволит сократить эмиссии, связанные с производством и одновременно повысить эффекты замещения, а также повысить депонирование углерода в лесу за счет более длительного периода ротации и увеличения запасов древесины на корню. Хотя имеется и одно ограничение: очень важно, как именно будет осуществляться сокращение потребления бумаги — это также может оказать воздействие на климат, поскольку производство разных видов целлюлозно-бумажной продукции вызывает разный климатический эффект. Замещение пластиковой упаковки бумажной более полезно для климата, чем, скажем, использование бумажных отходов для замещения топлива. Тем не менее эта сфера пока остается недостаточно исследованной.





ЛИТЕРАТУРА

1. Agren, G & Hyvonen-Olsson, R 2006: Fungerar kretsloppen om vi anvander mera biobranslen? Fakta Skog nr 3 / 2006. SLU.
2. Bergkvist, B & Olsson, M (red) 2008: Kolet, klimatet och skogen — Sa kan skogsbruket paverka. Information fran LUSTRA.
3. Ciais, P m. fl. 2008: Carbon accumulation in European forests. Nature Geoscience, vol. 1, p. 425–429.
4. de Jong, J (red) 2010: Konsekvenser av skogsbransleuttag. Preliminar rapport. En syntes av Energimyndighetens forskningsprogram inom skogsbransle och miljo 2005–2009.
5. Eriksson, E m. fl. 2007: Integrated carbon analysis of forest management practices and wood substitution. Canadian Journal of Forest Research, vol. 37, p. 671–681.
6. Eriksson, H 2008: Skogens roll i klimatarbetet. PM 2008-05-30. Skogsstyrelsen.
7. Hofer, P m. fl. 2008: Forest and Carbon. Greenhouse gas dynamics of different management and wood use scenarios in Sweden. Geopartner AG, Zurich. Rapport for SLU. Opublicerad.
8. Jord- och skogsbruksministeriet, Finland 2010: [www.mmm.fi /sv/index/amnesomraden/pressmeddelanden/100824_suo_sv.htm](http://www.mmm.fi/sv/index/amnesomraden/pressmeddelanden/100824_suo_sv.htm)
9. Kang, S m. fl. 2006a (i Bradshaw, C J A m. fl. 2009): Urgent preservation of boreal carbon stocks and biodiversity. Trends in ecology and evolution, vol. 24, № 10, p. 541–548.
10. Lindholm, E 2010: Energy use and Environmental impact of roundwood and forest fuel production in Sweden. Doctoral thesis, Dept of Energy and Technology, SLU.
11. Lundblad, M m. fl. 2009: Floden av vaxthusgaser fran skog och annan markanvandning. Slutrapport regeringsuppdrag JO 2008/3958.
12. Lundmark, T 2010: Godslad skog ger storsta klimatnyttan. I «Sverige i nytt klimat — vatvarm utmaning». Formas Fokuserar 16.
13. Macey, K m.fl. 2010: «LULUCF Briefing». Underlagsmaterial framtaget av Climate Analytics for AirClim Secretariat.
14. Miner, R 2010: Impact of the global Forest Industry on atmospheric Greenhouse gases. FAO Forestry Paper 159.
15. Nordin, A m. fl. 2009: Eff ekter av ett intensivare skogsbruk pa skogslandskapetets mark, vatten och vaxthusgaser. Faktunderlag till MINT-utredningen. SLU.
16. Olsson, M 2010: Lagra eller anvanda skogen? I «Sverige i nytt klimat — en vatvarm utmaning». Formas Fokuserar 16. Formas.
17. Pingoud, K, Pohjala, J & Valsta, L 2010: Assessing the integrated Climatic Impacts of Forestry and Wood Products. Silva Fennica, vol. 44 (1), p. 155–175.
18. Repo, A m. fl. 2010: Indirect carbon dioxide emissions from producing bio-energy from forest harvest residues. Global Change Biology — Bioenergy. DOI: 10.1111/j.1757-1707-.2010.01065.
19. SCB 2009: Skyddad natur 31 dec 2009. Statistiska meddelanden MI 41 SM 1001.
20. Skogsstyrelsen 2010: Skogsstatistisk Arsbok 2010.
21. Werner, F m. fl. 2010: National and global greenhouse gas dynamics of different forest management and wood use scenarios: a model-based assessment. Environmental Science & Policy, vol. 13, p. 72–85.

© Т. Яницкая

