

Лесные ресурсы

УДК 630*182.5+630*624+574.4(470)

Прогнозные оценки лесных стоков на период до 2050 года и вклад лесного сектора в обязательства Российской Федерации по новому климатическому соглашению

*Д.Г. Замолодчиков, д.б.н., биологический ф-т МГУ им. М.В. Ломоносова,
В.И. Грабовский, к.б.н., Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН*

Необходимость выбора обязательств по новому климатическому соглашению на период после 2020 г. усилила внимание к прогнозным сценариям выбросов парниковых газов. Для России, Канады и других многолесных стран важным инструментом сокращения выбросов может стать лесное хозяйство. Лесные стоки и источники парниковых газов контролируются управляющими воздействиями, в частности, лесопользованием, лесовосстановлением, уровнем охраны лесов от пожаров. При помощи канадской модели CBM-CFS3 осуществлен прогноз углеродного баланса лесов Российской Федерации на период до 2050 г. Модельная оценка стока углерода для современного периода составила около 270 Мт С/год. При сохранении современных уровней лесопользования и нарушений лесов от пожаров сток углерода уменьшится к 2050 г. до 100 Мт С/год в связи с увеличением среднего возраста лесных насаждений. Возрастание объемов лесопользования приведет к более быстрому снижению стока углерода. Рассмотрены ключевые особенности учета лесных стоков в первом и втором периоде Киотского протокола, которые могут быть применены и в будущем климатическом соглашении. Лесное хозяйство России в 2021–2030 гг. способно обеспечить годовой сток углерода в размере 65–200 Мт С в зависимости от фактического роста объемов лесозаготовок и выбранных вариантов учета, что составляет от 7 до 22% национальных выбросов парниковых газов в базовом 1990 г.

Ключевые слова: лесное хозяйство, баланс углерода, парниковые газы, прогноз, моделирование, лесозаготовки, климатические соглашения, национальные обязательства.

Современное потепление климата становится все более очевидным процессом, хотя в научной среде до сих пор продолжают дискуссии о его причинах и потенциальных последствиях [1]. Вопреки росту температуры, последнее время все чаще наблюдаются провалы международных усилий по сохранению глобального климата. Примером такого провала является отказ России, Японии и Канады от участия во втором периоде действия Киотского протокола (2013–2019). Отсутствует прогресс и на переговорном процессе по климатическому соглашению на период после 2020 г. Одна из серьезных проблем этого переговорного процесса состоит в определении уровня обязательств различных стран по сокращению выбросов. По мнению большинства развивающихся стран, основную тяжесть обязательств по сокращению выбросов должны нести развитые страны. Иногда слышны призывы к полному, 100%-му со-

кращению выбросов парниковых газов к 2050 г. Понятно, что реализация призыва к такому сокращению выбросов вряд ли возможна в обозримом будущем, и речь идет о приобретении прав на выбросы развитыми странами у развивающихся. Позиция развитых стран, как правило, основывается на необходимости установления выполнимых обязательств, разделить которые должны и развивающиеся страны. Отметим, что на формирование обязательств ряда развитых стран, в частности, Российской Федерации, Канады и США, большое влияние может оказать сектор лесного хозяйства. Цели настоящей статьи состоят в представлении прогноза баланса парниковых газов в лесах Российской Федерации, осуществленного с применением канадской модели CBM-CFS3, а также оценке, каков может быть вклад лесного хозяйства в выполнение обязательств Российской Федерации по новому климатическому соглашению. Основой

для статьи послужил доклад, представленный авторами на заседании Рабочей группы Рослесхоза по разработке методики инвентаризации парниковых газов в лесах Российской Федерации (май 2014 г.).

Для прогноза углеродного баланса лесов России использована модель CBM-CFS3, разработанная в Лесной службе Канады [2]. Такой выбор связан с рядом обстоятельств. Во-первых, CBM-CFS3 является признанным инструментом инвентаризации и прогноза углеродного баланса лесов, прошедшим проверку экспертами РКИК ООН. Во-вторых, программное обеспечение CBM-CFS3 открыто для использования и сравнительно легко адаптируется к учетным данным по лесам России. В-третьих, деятельность по применению CBM-CFS3 к оценке и прогнозу углеродного бюджета лесов России осуществлялась в рамках программы сотрудничества Канадской лесной службы и Рослесхоза, развивавшейся в 2009–2012 гг.

Общая характеристика модели CBM-CFS3. Разработка модели CBM-CFS3 стартовала при поддержке Лесной службы Канады в начале 1990-х годов [3]. Для получения рабочей версии модели понадобилось более 10 лет интенсивной деятельности, связанной как с теоретическими решениями проблем моделирования [4–6], так и созданием пользовательского интерфейса [2]. Модель была использована для оценки и прогноза углеродного бюджета лесов Канады в целом [7, 8] и отдельных провинций [9, 10], а также Италии [11]. Полученные с помощью модели оценки используются для формирования канадской отчетности по РКИК ООН и принятия решений по управлению балансом углерода в национальных лесах. Расчетные процедуры и отчетные форматы модели признаны соответствующими рекомендациям Межправительственной группы по изменениям климата [12].

Модель CBM-CFS3 представляет собой программный комплекс, снабженный пользовательским интерфейсом. Моделирование динамики фитомассы основывается на данных по ходу роста объемных запасов деловой древесины. Для конверсии запасов древесины в надземные фракции фитомассы используются зависимые от возраста регрессионные уравнения. Подземные компоненты фитомассы (тонкие и крупные корни) рассчитываются через надземную фитомассу по эмпирическим уравнениям, полученным на основе литературных данных по бореальным лесам. С помощью набора коэффициентов, специфичных к породе и экоклиматической зоне, вычисляются годовые величины отпада древесины, отпада листвы, хвои и корней. Процессы разложения характеризуются через период полураспада, являющийся функцией среднегодовой температуры, древесной породы и возраста насаждения. Текущая величина данного пула мертвого органического вещества (МОВ) рассчитывается как сумма запасов растительных остатков различной степени разложения, отпавших либо опавших в предыдущие годы развития лесного насаждения. Пул гумуса почвы пополняется из других пулов МОВ. Для оценки стартовых величин пулов МОВ использует-

ся процедура инициализации модели, состоящая в ретроспективных расчетах динамики запасов этих пулов.

Модель предоставляет возможность прогноза углеродного бюджета лесов по различным сценариям управляющих и нарушающих воздействий (сплошные и промежуточные рубки, лесные пожары). Процедуры формирования массивов исходных данных и приемы работы с интерфейсом модели CBM-CFS3 детально охарактеризованы в руководстве пользователя [2]. В Интернете на веб-сайте Лесной службы Канады [13] предоставлен доступ к программному обеспечению модели и руководству пользователя с условием бесплатной регистрации.

Применение модели CBM-CFS3 к прогнозу углеродного бюджета лесов России. Предварительная адаптация модели CBM-CFS3 к условиям Российской Федерации была осуществлена авторами в применении к лесам Вологодской обл., Дальнего Востока и Северного Кавказа [14–16]. Верификация модельных расчетов производилась путем их сопоставления с независимыми оценками, выполненными для тех же регионов. Полученные результаты продемонстрировали хорошую сходимость независимых оценок и результатов моделирования на CBM-CFS3 как для пулов, так и потоков углерода, что позволило сделать вывод о принципиальной применимости CBM-CFS3 к российским лесам.

В модели CBM-CFS3 элементарным пространственным объектом является учетная единица, соответствующая совокупности лесных насаждений со сходными свойствами. Данный подход к идентификации учетных единиц облегчает стыковку модели CBM-CFS3 с данными Государственного лесного реестра (ГЛР) либо архивными материалами государственных учетов лесного фонда (ГУЛФ). Информация этих источников идентифицируется по кодам лесничеств (для ГУЛФ – лесохозяйственных предприятий), субъектов РФ, преобладающих пород, возрастов рубки (спелости) и другим параметрам.

Основным источником исходной информации по лесам Российской Федерации служила база данных ГУЛФ по состоянию на 1 января 2003 г. Для пространственной дифференциации материалов ГУЛФ были применены так называемые пространственные единицы (ПРЕ), образованные пересечением границ субъектов РФ и лесных районов согласно перечню [17]. По состоянию на начало 2003 г., база данных ГУЛФ включала информацию для 87 субъектов РФ, число лесных районов составляло 31, пересечения их границ образовали 160 ПРЕ.

Преобладающие породы из базы данных ГУЛФ были сопоставлены с биологическими родами древесных пород из списка CBM-CFS3. В набор классификаторов также включили коды «ПРЕ» (он формировался по коду «лесохозяйственное предприятие») и «возраст рубки (спелости)». Таким образом, в нашем случае учетная единица представлена совокупностью лесных насаждений данной преобладающей породы с данным кодом возраста рубки (спелости) в пределах субъекта РФ.

Для характеристики возрастной структуры лесных насаждений в ГЛР и ГУЛФ используются группы возраста (молодняки I и II классов возраста, средневозрастные, приспевающие, спелые и перестойные). Интервалы возрастов, используемые при отнесении лесного насаждения к конкретной группе, задаются кодом возраста рубки (спелости). При этом различные группы возраста могут иметь разную продолжительность. Модель СВМ-CFS3 оперирует с классами возраста, имеющими одинаковую продолжительность. Для пересчета исходных данных из групп возраста в классы были разработаны процедуры предварительной обработки, примененные к данным ГУЛФ по состоянию на 1 января 2003 года. Сначала с учетом возраста рубки (спелости) были найдены зависимости изменения средних запасов от возраста лесных насаждений, затем эти зависимости были использованы для распределения общих запасов в группах возраста по составляющим классам. Полученные распределения площадей и запасов древесины по классам возраста вместе с зависимостями хода роста лесных насаждений были импортированы в СВМ-CFS3, сформировав массив стартовой информации для моделирования.

При осуществлении прогнозных расчетов авторы статьи сфокусировали внимание на факторе лесозаготовок. Были разработаны 4 сценария изменения лесопользования (рис. 1). Сценарий 1 («без изменений») предусматривает сохранение средних объемов лесозаготовок за 1999–2008 гг. Согласно этому сценарию, объемы лесопользования, лесовосстановления и уровень охраны лесов от пожаров остаются постоянными на период до 2050 г. включительно. Сценарии 2 и 3 разработаны с учетом инновационного сценария «Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации на период до 2020 года» (далее

Стратегия) [18], предусматривающего увеличение заготовки древесины на 57% к 2020 г., то есть на 5,7% в год. Поскольку в Стратегии не рассматривается какими темпами и до каких пределов будут расти лесозаготовки в 2021–2050 гг., для данного периода были приняты следующие допущения. Согласно сценарию 2 («краткий умеренный рост»), объемы лесопользования после 2020 года не повышаются, а стабилизируются на уровне 157% от современного. В сценарии 3 («длительный умеренный рост») ежегодный рост лесозаготовок на 5,7% сохранится и после 2020 г. вплоть до достижения в 2047 г. расчетной лесосеки (314% от современного уровня). Дополнительно рассмотрен гипотетический сценарий 4 («быстрый рост»), предполагающий наиболее высокие темпы роста объема лесозаготовок, обеспечивающих достижение величины расчетной лесосеки уже в 2020 г.

Сценарии 2–4, предусматривающие рост лесопользования, учитывают региональные ограничения по расчетной лесосеке. Если в данном субъекте РФ достигается уровень расчетной лесосеки, то дальнейшего увеличения объема лесопользования не происходит, но при этом возрастают темпы роста заготовок в субъектах РФ с недоиспользованной расчетной лесосекой. Предполагается, что объем лесовосстановительных работ растет пропорционально объемам лесозаготовок, а мероприятия по охране лесов, контролирующие масштабы гибели насаждений от пожаров и прочих причин, остаются на прежнем уровне. Для ввода в модель среднего уровня деструктивных лесных пожаров использованы величины, рассчитанные по площадям гарей с учетом времени их зарастания [19]. Климатические изменения, а также их потенциальное воздействие на продуктивность лесов и частоту лесных пожаров в модельном прогнозе не учитываются.

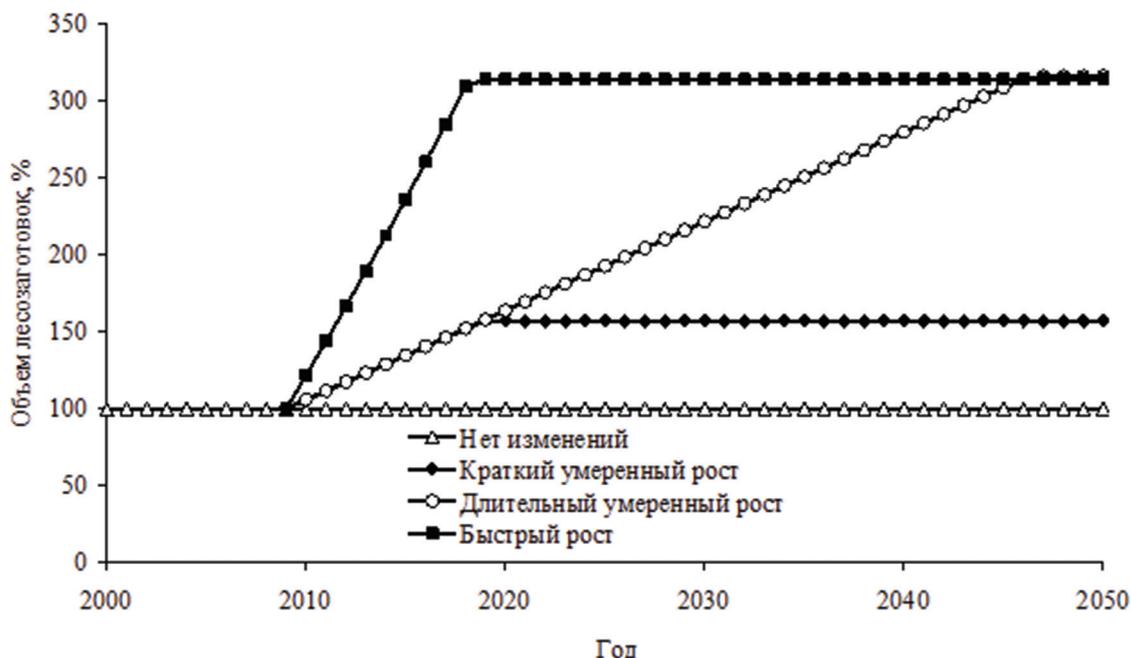


Рис. 1. Сценарии динамики лесозаготовок в лесах России

Все модельные расчеты стартовали с одинакового кадастрового файла, созданного на основе базы данных ГУЛФ по состоянию на 1 января 2003 г. Для 2003–2009 г. использовались постоянные значения объемов лесозаготовок, равные фактическим средним значениям за 1996–2002 гг. согласно официальным статистическим данным. При допущении, что вся древесина заготавливается при сплошных рубках, суммарный для России базовый уровень лесозаготовок составил 151 млн м³/год при площади рубок 592 тыс. га/год. Объемы лесозаготовок, исходно заданные для субъектов РФ, распределяли пропорциональной площади лесов ПРЭ, образующих данный субъект РФ. Начиная с 2010 г., объемы лесозаготовок увеличивали в соответствии со сценариями, представленными на рис. 1. Глубина модельного прогноза составила 48 лет. При интерпретации модельных результатов было принято, что значения углеродных потоков за первый год периода имитации соответствуют 2003 г., за второй год – 2004 г. и так далее вплоть до 2050 г.

Ретроспективные оценки углеродного баланса по системе РОБУЛ. Моделируемый временной интервал стартует с 2003 г., что делает возможным сравнение модельных результатов стартового периода с современными оценками углеродных параметров лесов России. Эти значения были получены при помощи системы РОБУЛ, разработанной для инвентаризации углеродного бюджета лесов России [20]. Системы уравнений и табличные параметры РОБУЛ, а также полученные с ее помощью результаты охарактеризованы в серии работ [19–22]. Ныне РОБУЛ используется в Национальном кадастре парниковых газов для формирования и предоставления в органы РКИК ООН отчетности по балансу парниковых га-

зов в управляемых лесах Российской Федерации [22]. В настоящей статье используется вариант РОБУЛ, дающий сглаженные оценки динамики углеродного баланса лесов [19].

Результаты прогноза углеродного баланса лесов России. Баланс углерода лесов является динамическим параметром, зависящим, в числе прочих факторов, от возрастной структуры лесных насаждений. Изменение возрастной структуры (увеличение возраста лесов) само по себе воздействует на величину углеродного баланса лесной территории. Потому сначала следует рассмотреть базовый прогноз, характеризующий динамику баланса углерода при отсутствии изменений лесопользования в соответствии со сценарием 1 (рис. 1). Согласно этому прогнозу (рис. 2), поглощение углерода лесами России убывает от современных 250 до 90 Мт С/год к 2050 г.

Для объяснения указанной тенденции более подробно рассмотрим механизмы, контролируемые углеродный баланс крупных лесных территорий. Леса подвержены различным нарушающим воздействиям: рубкам, лесным пожарам, вспышкам вредителей, ветровалам и так далее. Эти воздействия приводят к гибели либо деградации лесов, потерям запасов углерода и эмиссии углекислого газа в атмосферу. Однако эти потери могут быть обратимыми. Если на вырубках, гарях и местах других нарушений начинают восстанавливаться молодые леса, происходит постепенная компенсация запасов углерода при росте биомассы.

При постоянстве уровня нарушающих воздействий происходит адаптация совокупности лесов региона, возникает устойчивое соотношение площадей лесов различного возраста. Суммарные для региона запасы углерода лесов

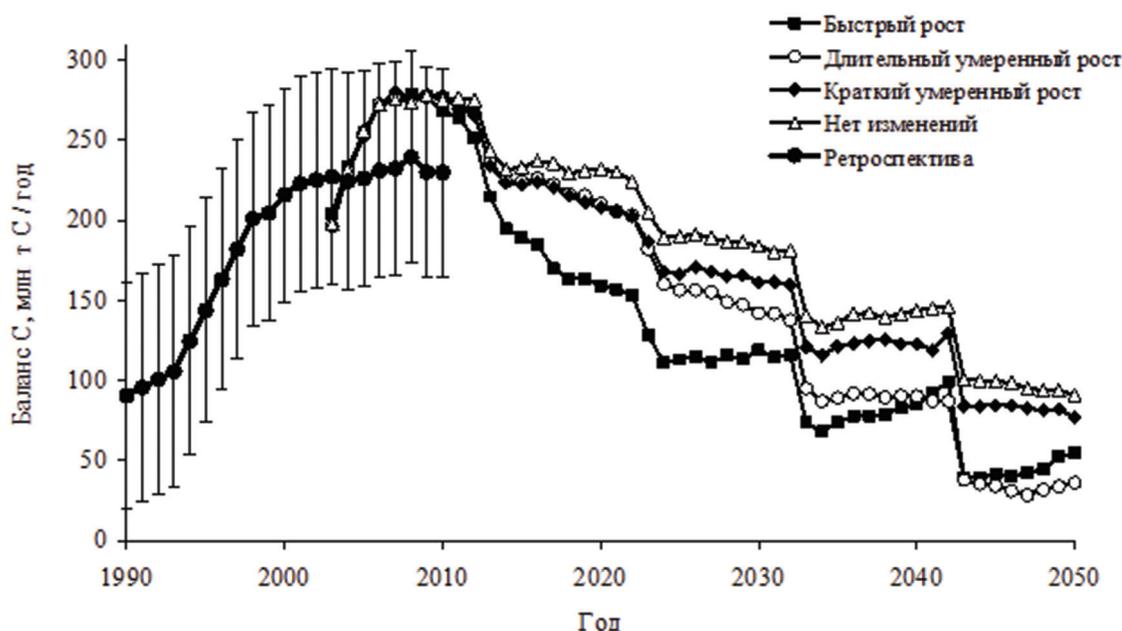


Рис. 2. Прогноз баланса углерода лесов России по модели CBM-CFS3 в соответствии со сценариями лесопользования и ретроспективная оценка по системе РОБУЛ

стабилизируются, а региональный баланс углерода лесов приближается к нулевому (потери с нарушениями компенсируются приростами запасов углерода в молодых лесах). Если уровень нарушений со временем увеличивается, то совокупность лесов начинает терять углерод и превращается в источник углекислого газа для атмосферы. Если уровень нарушений снижается, то совокупность лесов обретает способность к поглощению дополнительного количества углерода и становится его стоком. Таким образом, уровень нарушающих воздействий является фактором, который управляет бюджетом углерода лесов.

Уровень нарушений в лесах России существенно изменился за последние два десятилетия. Годовой объем лесозаготовок в начале 90-х годов в связи с социально-экономическими реформами снизился с 350 до 150 млн м³. Это снижение явилось главной причиной повышения стока углерода в управляемые леса России до современных величин поглощения 220 Мт С/год [19]. Указанное повышение стока углерода четко прослеживается на динамике баланса углерода по пулу фитомассы лесов России согласно РОБУЛ, для сравнения помещенной на рис. 2.

Ныне происходит адаптация лесов России к текущему уровню лесозаготовок, формируется новая возрастная структура лесов с увеличенной долей старовозрастных насаждений. Стимулирующий по отношению к стоку углерода эффект снижения лесозаготовок начинает иссякать с середины 2010-х годов, в первой половине 2040-х годов депонирование углерода фитомассой лесов России приблизится к тем же величинам, которые имели место в конце 1980-х годов.

Сценарии, предусматривающие усиление лесопользования, негативно сказываются на балансе углерода лесов России (рис. 2). Сценарий 2 («краткий умеренный рост лесозаготовок») приводит к незначительному снижению депонирования углерода пулом фитомассы в средней

части прогнозного периода. Сценарий 3 («длительный умеренный рост») мало сказывается на углеродном бюджете в первой половине прогнозного периода, однако его влияние становится сильнее во второй половине. Именно этот сценарий приводит к наиболее мощному снижению стока углерода после 2040 г. Сценарий 4 («быстрый рост лесозаготовок») влечет заметное снижение стока углерода с начала прогнозного периода, но в конце этого периода сток углерода (54 Мт С/год) оказывается несколько больше, чем при сценарии 3 (36 Мт С/год).

Приведенная на рис. 2 ретроспективная оценка баланса углерода по пулу фитомассы лесов России, полученная в системе РОБУЛ [19], свидетельствует, что она дает результаты, вполне сопоставимые с рассчитанными по СВМ-CFS3. На пересекающемся временном интервале (2003–2010 гг.) значения стока углерода в пул фитомассы составили 257 (СВМ-CFS3) и 230±66 (РОБУЛ) Мт С/год, что следует признать количественным совпадением.

Следует отметить, что Российская Федерация предоставляет отчетность в органы РККИ ООН не для всей площади лесов, а только для управляемой их части. В лесах, относящихся к категории резервных, хозяйственная деятельность и меры по защите не осуществляются, потому резервные леса исключены из состава управляемых. Категория назначения лесов использовалась как один из идентификаторов учетных единиц при формировании кадастровых файлов СВМ-CFS3, потому оказывается возможным представить прогнозные результаты только для управляемых лесов (рис. 3). С концептуальной точки зрения, результаты прогноза углеродного баланса для управляемых лесов (рис. 3) и всех лесов России (рис. 2) аналогичны. Сток углерода в управляемые леса составляет около 73% от величины для всех лесов, что крайне близко к их доле по площади.

(Окончание в бюлл. 4)

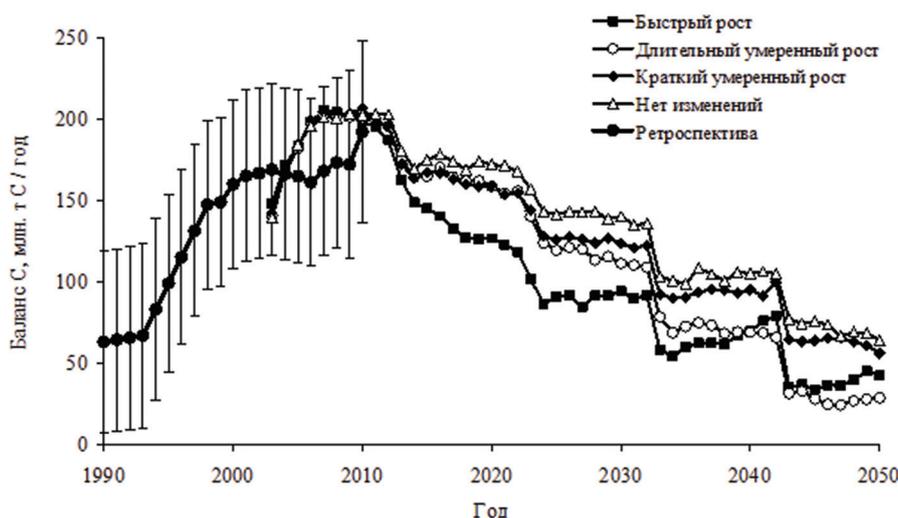


Рис. 3. Прогноз баланса углерода управляемых лесов России по модели СВМ-CFS3 в соответствии со сценариями лесопользования и ретроспективная оценка по системе РОБУЛ