

УДК 502/504

Игнатова Алла Юрьевна, доцент, к.б.н.  
(КузГТУ, г. Кемерово)  
Alla Yu. Ignatova, candidate of biological sciences  
(KuzSTU, Kemerovo)

## К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ УГЛЕРОДНОГО БАЛАНСА ЕСТЕСТВЕННЫХ ЭКОСИСТЕМ РОССИИ

### TO THE QUESTION OF CARBON BALANCE ASSESSMENT OF NATURAL ECOSYSTEMS OF RUSSIA

В работе представлены различные подходы к оценке углеродного баланса России. Выявлено, что методики подсчета дают значительные расхождения. Рассмотрен вариант решения проблемы путем создания карбоновых полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса.

The paper presents various approaches to assessing the carbon balance of Russia. It was found that the calculation methods give significant discrepancies. A variant of solving the problem by creating carbon polygons for the development and testing of technologies for controlling the carbon balance is considered.

Сегодня на международном уровне активно обсуждается вопрос по сокращению выбросов парниковых газов и введения «карбонового налога» на продукцию, производство которой сопровождается выбросами парниковых газов, с 2023 года. По мнению ученых повышение концентрации в атмосфере углекислого газа, метана, оксидов азота, паров воды приводит к повышению температуры приземного слоя воздуха – так называемому «парниковому эффекту» (рис. 1).

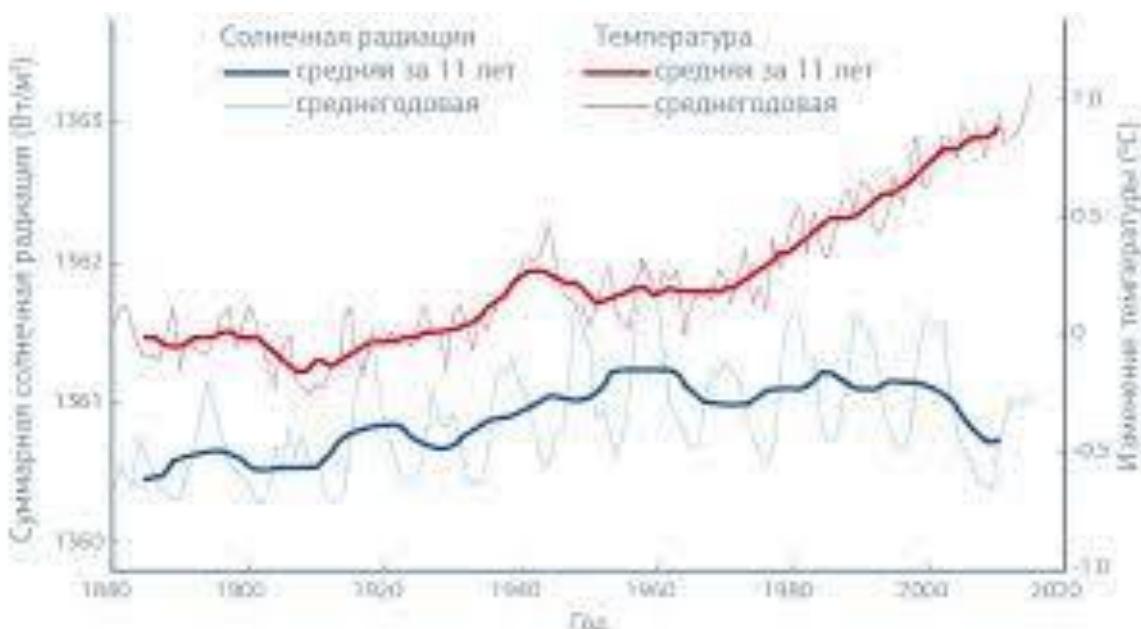


Рис. 1. Изменение температуры Земли и солнечной радиации (источник NASA)

Сокращение выбросов углекислого газа развитыми странами предусматривает ряд международных документов: Рамочная конвенция об изменении климата (1992 г.), Киотский протокол (1997 г.), Парижское климатическое соглашение (2015 г.).

Для выполнения международных обязательств Правительство России в 2019 году утвердило «Национальный план мероприятий адаптации к изменениям климата на период до 2022 года».

В связи с этим актуальна оценка процессов углеродного баланса, депонирования (поглощения) и эмиссии (выделения) углерода с парниковыми газами в естественных и измененных экосистемах, разработка методики расчета выбросов парниковых газов, образующихся при производстве того или иного вида продукции (рис. 2).



Рис. 2. Круговорот углерода в природе (млрд. тонн)

Для оценки углеродного баланса в природных экосистемах используют два подхода:

- путем непрерывного мониторинга количества углерода в биологических потоках углерода в экосистеме;
- путем определения запасов углерода в резервуарах устойчивых соединений углерода через определенные периоды времени [1].

Концепция устойчивого развития предлагает решение проблемы стабилизации углеродного баланса путем облесения территорий, введения системы природоощадящих технологий рубок и замены ископаемого топлива возобновляемой лесной фитомассой.

Однако, в настоящее время нет единства мнений и единого методического подхода в отношении оценки размеров стока углекислого газа атмосферы в леса. Оценки баланса углерода в лесах России варьируют в пределах 200–700 Мт С год, то есть различаются более чем в 3 раза [2].

Для построения прогноза углеродного баланса лесов России использована модель CBM-CFS3, разработанная в начале 1990-х гг. при поддержке Лесной службы Канады [3].

По прогнозам ученых, при сохранении проблем с лесными пожарами, а также имеющихся масштабов лесозаготовок депонирование углерода российскими лесами уменьшится вдвое к середине 2030-х годов.

Если же заготовки древесины будут расти, сток углерода будет снижаться еще быстрее. Для решения данной проблемы необходимо усилить

борьбу с лесными пожарами, а также их профилактику, особенно таежных лесов Сибири и Дальнего Востока.

Помимо лесов вклад в углеродный баланс вносят торфяники, а также болота тающей вечной мерзлоты тундровых экосистем.

Результаты наблюдений за осушеными торфяниками показали, что в осушенному торфянике резко снижаются запасы углерода, накопленный гумус разрушается и отдает в атмосферу углекислый газ, особенно это заметно на тех участках, где не используются органические удобрения.

Многие массивы торфяных земель из акцепторов атмосферного углерода превратились в мощный источник эмиссии парниковых газов [1].

Другие авторы имеют прямо противоположное мнение относительно углеродного баланса экосистем России.

Расчеты А.В. Филипчука и Б.Н. Моисеева показали, что ежегодное накопление углерода только в российских лесах полностью компенсирует его суммарную промышленную эмиссию [4, 5]. Более того, Россия достаточно обеспечена углеродопоглощающими ресурсами и это означает, что экосистемы России накапливают углерод, получая его из атмосферы, при этом избыточный российский ресурс использует население других стран.

В связи с замечаниями группы экспертов по проверке Национального доклада о кадастре парниковых газов 2009 г. составители Национальных сообщений и докладов приняли решение изменить методику расчета.

Новые расчеты выбросов и поглощений CO<sub>2</sub> выполнены по программе, разработанной Центром по экологии и продуктивности лесов (ЦЭПЛ РАН). Методика ЦЭПЛ оценивает углеродный бюджет леса по балансу накоплений разных лет, т.е. по разности величины приращения углеродных пулов (запасов) в лесах и потерь при нарушениях насаждений (рубках, пожарах и прочих случаях гибели лесов). Расчеты ведутся для четырех основных пулов углерода лесов: 1) фитомасса древостоя (древесного яруса); 2) мертвая древесина (сухостой и валеж); 3) подстилка; 4) органическое вещество почвы.

Б.Г. Федоров считает, что в углеродном балансе страны поглощающая способность CO<sub>2</sub> должна оцениваться с учетом вклада не только лесов, но и других биомов (лугов, сельхозугодий, болот, тундры, кустарников, водных объектов), а также океана. В этом случае за период с 1990 по 2010 г. российский фонд поглотителей углерода с учетом доли океанического потока полностью ассимилировал антропогенные выбросы CO<sub>2</sub> (выбросы при сжигании топлива и от производства продукции из минерального сырья, выбросы при пожарах и эмиссии срубленной древесины) с территории страны в атмосферу. При этом зарубежные эмиттеры безвозмездно использовали за это время углеродопоглощающие ресурсы РФ в объеме 6,6 ГтС. Избыточная поглотительная способность биомов России оценивается (на уровне 2010 г.) в размере 1 млрд. долл. [6].

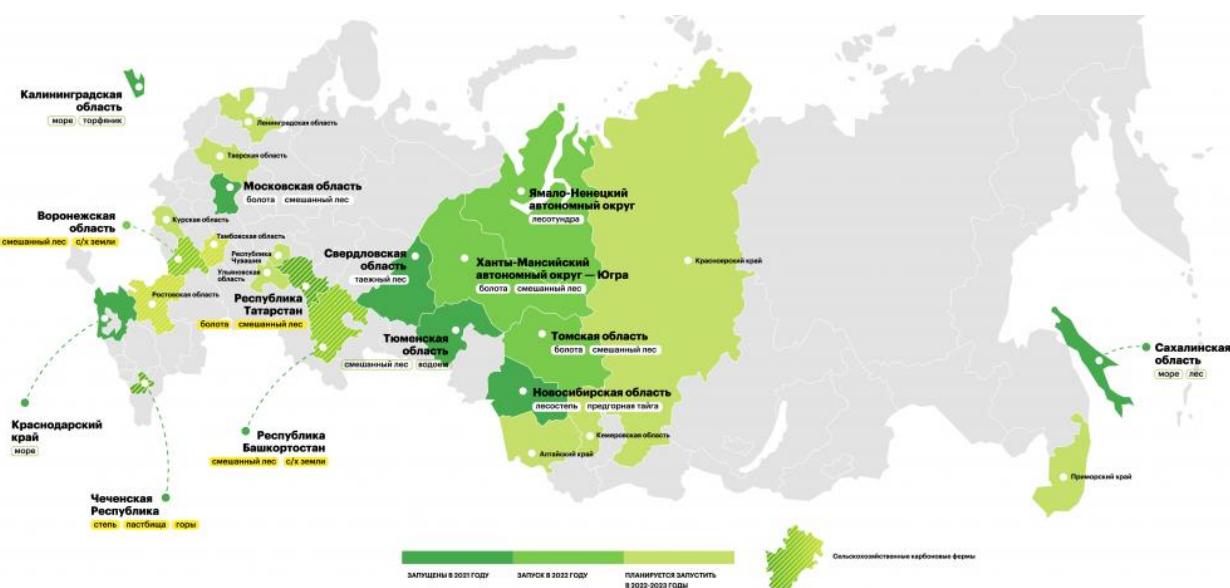
Более того, лесозаготовки только на первых этапах снижают возможности лесов поглощать атмосферный углерод, но затем места рубок быстро зарастают травами и кустарниками, молодой древесиной, которые быстрее ассимилируют углерод, что, в общем то, согласуется с природными законами экологической сукцессии, т.к. молодое сообщество активнее накапливает органические вещества по сравнению со зрелой экосистемой.

Таким образом, наблюдаем значительное расхождение оценок национального углеродного баланса, поэтому требуется разработка новых методик.

Одним из вариантов решения проблемы научное сообщество и бизнес видят в создании карбоновых полигонов. Данная технология, предложенная частной компанией Ctrl2Go, может помочь государству решить проблему неэкологичного производства [7].

Карбоновый полигон (полигон) – эталонный участок земной поверхности с определенным типом растительности (например, темнохвойная тайга) и рельефа. На карбоновом полигоне проводится комплекс мероприятий по разработке и испытаниям технологий контроля баланса климатически активных газов природных экосистем, эксперименты по измерению эмиссии и поглощению парниковых газов посредством наземных и дистанционных методов. Результатом деятельности карбонового полигона является отработка технологических решений контроля углеродного баланса на основе полного (завершенного) технологического цикла, а также их испытания в реальных и критических условиях. Срок работы полигона составляет не менее 10-15 лет [8].

В феврале 2021 года Министерство науки и высшего образования Российской Федерации запустило пилотный проект по созданию на территории регионов России карбоновых полигонов для разработки и испытаний технологий контроля углеродного баланса (рис. 3).



*Рис. 3. Планируемые в рамках пилотного проекта карбоновые полигоны  
при организациях Минобрнауки России*

По мнению авторов, карбоновые полигоны решают очень серьезный экономический вопрос – снижение налогового бремени на российские предприятия.

В Кемеровской области научно-производственный консорциум «Карбоновый полигон «Кузбасс», который пока не входит в пилотный проект Минобра РФ.

Методика расчета карбонового следа, которую планирует применять Европейский союз, остаётся во многом закрытой и непонятной, так как она учитывает только уровень эмиссии углекислого газа на территории государства: расчёты по его потреблению природой отсутствуют. За счёт проекта карбоновых полигонов государство планирует разработать альтернативную схему расчёта пошлин за углеродный след и предложить Европейскому союзу коррективы.

Возможно, что после разработки системы расчёта углеродного баланса у России окажется значительный перевес в пользу поглощаемого углекислого газа. Такое положение дел может открыть России доступ к новому источнику дохода - торговлей эмиссионных квот.

В рамках наших исследований разрабатывается новая система методологии оценки углерода в хвойных лесах на модельной площадке (карбоновый полигон «Кузбасс», с учетом региональных выбросов промышленных предприятий, а также выбросов при дегазации угольных шахт от метана. При этом анализ данных будет проводиться с применением технологии непрерывного мониторинга и сбора данных по эмиссии и депонированию углерода в лесных экосистемах.

Разрабатываемый метод оценки и прогноза углеродного баланса региональной экосистемы будет основан на использовании цифровой модели, интегрированной в ГИС. Для вычислений по данному методу составлен пакет программ «Прогноз».

Цифровая модель (ЦМ) представляет собой набор цифровых моделей по отдельным показателям, предназначенный для компьютерного моделирования массива и используется для пространственного анализа в пакетах программ ГИС, а также для создания прикладных программ решения отдельных задач. Совмещение цифровых моделей с ГИС позволяет связать воедино инструменты графического отображения, работу с электронными таблицами и базами данных и использовать функции пространственного анализа.

Будет создана единая методика подсчета углеродных единиц, что позволит снизить пошлины за углеродный след, планируемые ко вводу в 2023 г., на продукцию кузбасских и российских предприятий.

## Список литературы

1. Трускавецкий Р.С. Баланс углерода в осушенных торфяниках украинского полесья / Почвоведение. – 2014. - № 7. – С. 829-836.
2. Замолодчиков Д.Г. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия / Д.Г. Замолодчиков, В.И. Грабовский, Г.Н. Краев // Лесоведение. – 2011. - № 6. – С. 16-28.
3. Kurz W. A., Apps M. J. Contribution of northern forests to the global carboncycle: Canada as a case study // Water, Air, and Soil Pollution. 1993. V. 70. P. 163–176.
4. Курганова И.Н. Экосистемы России и глобальный бюджет углерода / И.Н. Курганова, В.Н. Кудеяров // Наука в России. – 2012. - № 5 (191).
5. Филипчук А.Н. Вклад лесов России в углеродный баланс планеты / А.Н. Филипчук, Б.Н. Моисеев // Сборник научно-технической информации по лесному хозяйству. Лесохозяйственная информация. - 2003. - № 1.
6. Федоров Б.Г. Карбонная рента (биота России) / Б.Г. Федоров // Лесхоз. – 2016. - № 3. – С. 86-94. [Электронный ресурс]: <http://lhi.vniilm.ru> (дата обращения 09.10.2022 г.).
7. Гессен С.М. Карбоновые полигоны, новый инструмент управления климатическими изменениями в Российской Федерации / С.М. Гессен, А.М. Воротников // Журнал социологических исследований. – 2021. – Т. 6. - № 2.
8. Иванов А.Л. Методологические подходы формирования единой национальной системы мониторинга и учета баланса углерода и выбросов парниковых газов на землях сельскохозяйственного фонда Российской Федерации / А.Л. Иванов, И.Ю. Савин, В.С. Столбовой, ЮА. Духанин, Д.Н. Козлов // Бюллентень Почвенного института им. В.В. Докучаева. – 2021. - № 108. – С. 175-218.