

УДК 338.12

В. В. Соколенко

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток,
e-mail: val.sokolenko@mail.ru

А. Ю. Сащенко

ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток,
e-mail: val.sokolenko@mail.ru

УГЛЕРОДНЫЙ БЮДЖЕТ ЭКОСИСТЕМ – ОДНО ИЗ УСЛОВИЙ ТРАНСФОРМАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ И ПЕРЕХОДА К НИЗКОУГЛЕРОДНОЙ ЭКОНОМИКЕ

Ключевые слова: рынок услуг экосистем, бюджет углерода, методики измерения бюджета, стоимость услуг экосистем, управление природным экотенциалом.

Предмет исследования – методологические подходы и методики расчета бюджета углерода экосистем для обоснования эффективности трансформации управления экоресурсами в рыночной среде. Проведен контент-анализ научных и нормативных источников для выбора оптимальных методов расчета углеродного бюджета разных видов экосистем. Используются количественный, сравнительный, статистический методы исследования. Осуществлен расчет бюджета углерода для лесных, водно-болотных угодий и земель сельскохозяйственного назначения в субъектах РФ Дальневосточного федерального округа. Аргументированы меры повышения эффективности управления исполнительных органов по вовлечению природного экологического потенциала в хозяйственный оборот в рыночной среде. *Разработаны* рекомендации региональным органам управления лесными и нелесными экосистемами включать экономическую оценку бюджета углерода как одного из критериев стоимости их рыночных услуг при выдаче разрешений на право пользования этими ресурсами. Приведены расчетные примеры эффективности использования экономической оценки квот на продажу объемов выбросов углерода при организации добровольного рынка.

V. V. Sokolenko

Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: val.sokolenko@mail.ru

A. Yu. Sashchenko

Far Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: val.sokolenko@mail.ru

ECOSYSTEM CARBON BUDGET IS ONE OF THE CONDITIONS FOR GOVERNANCE TRANSFORMATION AND TRANSITION TO A LOW-CARBON ECONOMY

Keywords: ecosystem services market, carbon budget, budget measurement methods, cost of ecosystem services, management of natural eco-potential.

The subject of the article is methodological approaches and methods for calculating the carbon budget of ecosystems to justify the effectiveness of the transformation of eco-resource management in a market environment. A content analysis of scientific and regulatory sources was carried out to select the optimal methods for calculating the carbon budget of different types of ecosystems. Quantitative, comparative, statistical research methods were used. The calculation of the carbon budget for forest, wetland and agricultural lands in the subjects of the Russian Federation of the Far Eastern Federal District was carried out. Argued are measures to improve the efficiency of management of executive bodies to involve natural ecological potential in economic turnover in a market environment. Recommendations have been developed for regional forest and non-forest ecosystem management bodies to include an economic assessment of the carbon budget as one of the criteria for the cost of their market services when issuing permits for the right to use these resources. Calculated examples of the effectiveness of using the economic assessment of quotas for the sale of carbon emissions in the organization of a voluntary market are given.

Введение

Актуальность проблемы связана со сложившимся противоречием в системе управления природными экосистемами, обеспечивающими в регионах теплообмен между сушей и атмосферой, поддержание водного, солевого, углеродного балансов и отсутствием научного учета их ценности, (и значит, стоимости) при исполнении органами управления права распоряжения экоресурсами (сдачи в аренду сельхозземель, заготовки леса, дров, сбор недревесного сырья и т. д.), управления доходами от их использования и расходами бюджетных средств на воспроизводство этих ресурсов.

Изучение экотенциала территорий разных масштабов – одно из важнейших требований современной науки и практики для эффективного управления его использованием, поскольку в обществе осознается функциональная роль экосистем на планете, увеличивается спрос на их услуги, и вместе с этим возрастает давление на экоресурсы при их ограниченности и рисков утраты. Исчезновение некоторых экосистем (как резервуаров накопления углерода) является сигналом ограничения поглощения углерода, что влияет на нарушение газового и теплового баланса на планете [1].

Проблема рыночного регулирования и управления экоресурсами для субъектов Дальнего Востока особо актуальна поскольку при наличии огромных по площади и по разнообразию типов экосистем, отсутствует систематизированная информация о способности экосистем поглощать углерод, накапливать его и выделять. Эта информация важна как результат, который должен учитываться управленцами для оценки качества и стоимости оказываемых экосистемами услуг в условиях рыночной среды, когда экотенциал территорий рассматривается наряду с другими ресурсами как фактор производства и имеет рыночную стоимость. Вовлеченные экосистемы в хозяйственный оборот, как и иные ресурсы, необходимо учитывать в учетной политике экономических структур и территориальных административных образований.

Количественные стоимостные оценки бюджета углерода экосистем необходимы для разработки новых подходов к эффективному управлению экосистемами, для компенсации ущербов, нанесенных в ходе их нерационального использования, предотвращения рисков, связанных с потеплением температурных ус-

ловий, для сохранения экологически чистой среды проживания населения, так необходимой для сохранения его здоровья. Кроме того, использование услуг экосистем по законам рынка оправдывает возможность пополнения инвестициями региональных бюджетов для реализации социальных программ по улучшению условий и созданию благоприятной среды проживания, для исполнения региональных планов по охране окружающей среды в рамках федеральных президентских программ по этой тематике.

Цель исследования – выявление объемов бюджета углерода экосистем с использованием методик его расчетов и последующей оценки (стоимости) рыночных услуг экоресурсов для принятия решений по трансформации структуры и перехода к низкоуглеродной экономике в регионах.

Информационной базой разработки проблемы явились материалы Росстата, Государственного лесного реестра (ГЛР), доклады Центра по проблемам экологии и продуктивности лесов при Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН), Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации (ВНИИЛМ), материалы Минприроды Российской Федерации (РФ), документы Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК), источники научной литературы, интернет-ресурсы, база данных ЦЭПЛ.

Материал и методы исследования

Использованы следующие основные методы исследования: контент-анализ, количественный, сравнительный, статистический.

Услуги экологических систем и запасы природного капитала, которые их производят, имеют большое значение для жизнеобеспечения каждого региона. Они способствуют благосостоянию населения как прямо, так и косвенно, и поэтому представляют часть общего экономического потенциала региона. В различных исследованиях проводились оценки экономической ценности экосистемных услуг, к примеру, для всей биосферы их стоимость оценивается в диапазоне от 16 до 54 трлн долл. США в год, в среднем 33 трлн долл. США в год [2].

По оценкам Института географии РАН стоимость услуг экосистем в расчете на 1 га в год варьируется от 900 до 6000 руб, а суммарная стоимость российских федеральных ООПТ оценена в 199 млрд руб. Предварительные исследовательские оценки могут

стать аргументом при выборе схемы использования экотенциала территории и выявления размера компенсации за причинение вреда окружающей среде.

В России нет рабочей группы на федеральном уровне, которая занимается стоимостной оценкой экотенциала. При этом по многим параметрам Россия является «экологическим донором планеты» и органы управления в субъектах Российской Федерации (РФ) должны быть заинтересованы в адекватной стоимостной оценке прежде всего в целях защиты национальных интересов.

Экосистемные услуги выполняют естественные функции: услуги по снабжению: обеспечивают продуктами питания, водой, волокнами, древесиной и топливом; услуги по поддержке: предоставление жизненных сред для растений и животных, обеспечению разнообразия видов и поддержания генетического разнообразия; услуги культурного характера заключаются в туризме, активном отдыхе населения и т. п.; результатом услуг по регулированию являются регулирование качества воздуха и плодородия почв, контроль паводков и заболеваний или процесса опыления сельскохозяйственных культур. Получателями выгод от их использования являются: мировое сообщество, сельское хозяйство, расположенные вниз по течению поселения и экономические объекты, сообщества разных уровней, добывающий, перерабатывающий, медицинский сектора товаров и услуг, в основном локальные сообщества [3].

Одна из важнейших функций экосистем – поглощение или накопление диоксида углерода – основного компонента парниковых газов, накопление которых приводит к повышению температуры атмосферы и изменению климатического режима с отягчающими последствиями во всех регионах планеты, в том числе и в субъектах РФ Дальневосточного федерального округа, в частности в Приморском крае.

Экосистемы Приморского края являются одними из самых больших по разнообразию видов в России из-за сочетания на его территории нескольких природных зон, близости влияния океана, неоднородного рельефа и других естественных факторов. Масштабные экосистемы имеют планетарное значение во влиянии на смягчение изменений климата и их последствий, оказывают разнообразные экологические услуги, но до сих пор не оценены в рыночных ценах, осо-

бенно тех, что используются сейчас или могут быть вовлеченными в хозяйственный оборот в перспективной экономике региона.

Учеными разработаны разные подходы к учету бюджета углерода для однородных крупномасштабных по площадям и локального уровня экосистемам, отличающиеся друг от друга своими видами, свойствами, функциями в экологическом сообществе.

Первый этап исследования был связан с поиском ответа на вопрос: какие из существующего разнообразия методик расчета бюджета углерода могут быть приемлемы для масштабных по площади лесных ресурсов, экосистем сельскохозяйственных земель и водно-болотных угодий, распространенных в районах Дальнего Востока? Ответ на это вопрос получен в ходе контент-анализа научных методик расчета бюджета углерода, размещенных в табл. 1.

В табл. 1 включены рассмотренные методики российских научных центров (ФБУ ВНИИЛМ, ЦЭПЛ РАН, ИФХБП РАН) и вузов (МГУЛ, СФУ, МСХА имени К.А. Тимирязева), занимающихся проблемами леса с неоднозначными подходами, методами измерения баланса углерода с разными особенностями разработанных методик. Кроме российских методик с отличительными особенностями известны зарубежные методики: МГЭИК (Швейцария), ИЗИС PASA (Австрия), СВМ-CFS3 (Лесная служба Канады), FORCARB2 (Лесная служба США) [4].

Методика ВНИИЛМ построена на исследованиях Австрии USUC-ILASA в соответствии требованиям ООН, выполнена с применением математических моделей. По мнению ее разработчиков, Россия как эмитент углерода, сможет успешно выполнять озвученные обязательства по снижению выбросов парниковых газов, принятых Стратегией снижения выбросов к 2035 г. до 75 % к уровню 1990 г.

Свою методику союзное государство Беларусь адаптировала под методику международной комиссии экспертов по изменению климата (МГЭИК), скорректировав показатели Государственного учета лесного фонда и Лесного кадастра страны так, что в составе лесов выделяются только две группы: лиственные и хвойные [5].

Исследования поглощения углерода лесами в России и их влияния на изменение климата в середине XX века проводились Институтом глобального климата и экологии (ИГКЭ) в составе Федеральной службы

Таблица 1

Сравнение методик расчета бюджета углерода экосистем

Система; организация; разработчики	Описание	Положительные стороны	Отрицательные стороны
Межправительственная группа экспертов по изменению климата (МГЭИК); г. Женева, Швейцария; Берт Болин.	Организация, созданная для оценки риска глобального изменения климата, вызванного техногенными факторами.	Является основоположником большинства рассматриваемых методик.	Обобщение экосистем, не рассматриваются индивидуальные различия.
MOD+ROMUL; Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения (ИФХБП РАН); г. Пушкино, Россия; А.С. Комаров, О.Г. Чертов.	Научно-исследовательский институт, основными направлениями исследований являются: физико-химические и биологические процессы почвообразования, пространственно-временная организация почв.	Адаптируется в сценарии лесопользования по изменению баланса углерода на локальном уровне.	Малопригодна для обобщенных региональных оценок баланса углерода.
ФБУ Всероссийский научно-исследовательский институт лесоводства и механизации лесного хозяйства (ФБУ ВНИИЛМ); г. Пушкино, Россия	ВНИИЛМ – крупный научный центр, выполняющий научное обеспечение деятельности в области лесных отношений по полномочиям, связанным с разработкой государственной лесной политики, нормативно-правовым регулированием в области использования, охраны, защиты и воспроизводства лесов.	Методика построена на последних исследованиях, проводимых в Австрии USUC-ILASA в соответствии требованиям ООН, и методикам стран «большой семерки».	Методика ВНИИЛМ составлена на основе использования данных только хвойно-широколиственных (т. е. смешанных лесов Европейско-Уральской части России).
РОБУЛ; Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов (ЦЭПЛ РАН); Россия; Д.Г. Замолодчиков.	РОБУЛ используется для расчета углеродного бюджета регионального (субъекты РФ) и национального уровня, с её помощью Росгидрометр формирует кадастр стоков и источников парниковых газов по лесам.	Для сокращения трудоемкости разработана электронная программа расчета, облегчающая процедуру операций расчета бюджета углерода.	РОБУЛ занижает поглощающую способность лесов; методика создана только для расчета бюджета углерода для лесных экосистем.
Минприрода России; г. Москва, Россия	Федеральный орган исполнительной власти РФ, осуществляющий государственное управление в сфере природопользования, охраны окружающей среды и обеспечения экологической безопасности.	Методика применима для учета поглощения углерода для экосистем сельскохозяйственных земель, водно-болотных	–
FORRUS Московский государственный университет леса (МГУЛ); г. Мытищи, Россия; С.И. Чумаченко	Имитационная модель, на региональном уровне описывает динамику характеристик древостоя во времени и может быть использована для оценки углеродного баланса.	–	Рассматриваются различные сценарии лесопользования применительно к показателям – видового состава и продуктивности древостоев, а не к подсчетам баланса углерода.

России по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Параллельно такую же работу осуществлял Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов при Российской академии наук (ЦЭПЛ РАН) и группой ученых во главе с Д.Г. Замолодчиковым из МГУ им. М.В. Ломоносова.

Итогом совместной деятельности стала разработка методической системы региональной оценки бюджета углерода лесов в России (РОБУЛ), базирующаяся на подходах канадской научной школы с ориентацией

на балансовый метод, при котором рассчитывается разность поглощения углеродных пулов в растущих насаждениях лесов и потерь при их нарушениях (пожары, рубки и т. д.).

По РОБУЛ ведется учет поглощений углерода бореальными лесами, произрастающими в холодном, умеренно-холодном и умеренном климате в Канаде, США, Норвегии, Швеции, Финляндии и России, на которую приходится 3/4 бореальных лесов Земли. Сущность методики изложена в статьях Замолодчикова Д.Г. и группой соавторов [6].

РОБУЛ адаптирована к требованиям МГЭИК и весьма удачно подходит для расчетов бюджета лесов Дальнего Востока, где рубки леса занимают значительную долю в лесном хозяйстве, а пожары ежегодно распространяются на тысячи квадратных километров.

Расчеты углеродного бюджета экосистем на территории Приморского края были проведены на лесных, сельскохозяйственных и водно-болотных экосистемах. Проанализировав различные методики в табл. 1, выявлено, что для расчета бюджета углерода сельскохозяйственных и водно-болотных экосистем более приемлемы Методические указания Минприроды России по количественному определению объема поглощения парниковых газов [7], а для лесных – система региональной оценки бюджета углерода лесов (РОБУЛ) [6].

Методика РОБУЛ учитывает природно-климатическое расположение лесов, для которых проводится расчет бюджета углерода, потому что территория России охватывает различные природные зоны и углеродные параметры лесов существенно варьируют в зональном отношении: северная зона (северные редколесья и северная тайга), средняя зона (средняя тайга) и южная зона (южная тайга, смешанные, широколиственные леса и лесостепь). Разделение территории страны на макрорегионы и широтные полосы проявляется при выборе параметров расчета: конверсионных коэффициентов, эталонных средних значений.

Методика ЦЭПЛ РАН РОБУЛ верифицирована (проверена) экспертами МГЭИК не требует никаких изменений, имеет недостатки:

1) учитывает поглощение углерода в масштабах только управляемых лесов (75 % площади лесов РФ);

2) не затрагивает неуправляемые леса, сады заросли кустарников (на 18 млн «заброшенных» сельскохозяйственных землях), лесотундру, торфяные болота, степи, луга, земельные участки в соответствии с руководящими указаниями МГЭИК, что приводит к искусственному ограничению учёта поглощения лесов на 23–24 %, то есть на 100–300 МтСО₂/год, не создавая подушку безопасности в случае нарушения условий использования энергосберегающих технологий [8].

Специалисты Всероссийского научно-исследовательского института лесоводства и механизации лесного хозяйства (ВНИ-

ИЛМ), Сибирского федерального университета (СФУ) и Международного института прикладного системного анализа и Института леса им. В.Н. Сукачева СО РАН считают, что отчетные данные Росгидромета по (РКИК), подготовленные по модели РОБУЛ, «занижают углеродный потенциал лесов России» в 4–5 раз.

Очевидно, что методика РОБУЛ косвенно через применение балансового подхода «по разности запасов» накопленного углерода лесными экосистемами подчеркивает такой важный коэффициент в расчетах, как «неопределенность», рекомендованный МГЭИК.

Анализ источников по эффективности рассмотренных методик позволил заключить следующее: применение разнообразных методик приводит к определению разных величин бюджета как по каждой экосистеме, так и к разной величине бюджета углерода всего экотенциала страны. Только в лесах России разница в величине стока, т. е. абсорбции (перевод с английского – поглощение) углерода колеблется от 100 до 600 Мт/С год [6].

Расхождения в оценках объясняют не только особенностями методик измерений бюджета экосистем, но и:

а) современным уровнем научного знания, не позволяющим точно определить стоки экосистем на больших и средних по площади территориях;

б) недостаточной изученностью адаптационных способностей экосистем на уровне субъектов Российской Федерации (РФ) в целом и в дальневосточных, в частности [4];

в) несовершенными способами инвентаризации отдельных экосистем, а также способами измерения объемов поглощения СО₂, его выделения и накопления;

г) отсутствием полной информации об экосистемах на масштабных пространствах, к примеру Дальний Восток имеет более 1/3 площади России.

В силу указанных причин не представляется возможным применить однотипные варианты расчета объемов поглощения (абсорбции), эмиссии (выделения) и накопления углерода разными экосистемами, и, наоборот, – использовать преимущества некоторых методик в комплексе друг с другом, чтобы охватить все экосистемы на исследуемых территориях. Тем более, что методики ориентированы на применение математического моделирования с выборкой специфических

подходов, показателей с учетом особенностей инвентаризации лесов для каждой страны. Важно, что они сохраняют основные требования положений Рамочной Конвенции об изменении климата (РКИК ООН) и рекомендации Программы по национальным кадастрам парниковых газов (МГЭИК) [8].

Результаты исследования бюджета углерода для упрощения пользования методикой РОБУЛ расчеты произведены по 16 шагам, объединенных в четыре этапа исследования. Исходными сведениями для расчетов поглощения углерода стал Государственный лесной реестр (ГЛР): в форме 4-ДЛР – показатели по площадям лесов, их запасов древесины в разрезе породного и возрастного состава и в форме 2-ДЛР – показатели характеристик лесов по целевому назначению.

Расчеты проведены по каждому территориальному объекту, коим является каждый субъект ДФО, где инвентаризацию лесов ведут лесхозы, информация от которых сводится в единый Государственный лесной реестр (ГЛР). С учетом рекомендаций МГЭИК информационно-аналитическая оценка запасов и бюджета углерода осуществлялась по следующим позициям (пулам):

- 1) фитомасса древостоя (древесного яруса);
- 2) мертвая древесина (сухостой и валяжник);
- 3) подстилка;
- 4) органическое вещество почвы.

Рассчитанная динамика бюджета углерода в лесах Приморского края за период четырех лет представлена в табл. 2.

В таблице показано, что за период с 2003 по 2018 гг. бюджет углерода лесных экосистем уменьшился на 21,1%, причем в основном за счет увеличения количества потерь углерода на 20,7%, к причинам которой относят пожары, масштабные вырубки, болезни леса и т. п. Поскольку поглощение углерода лесами характеризуется относительной стабильностью, то тенденции изменения бюджета углерода лесных экосистем определяется динамикой потерь углерода. Нельзя не учитывать влияние хозяйственной деятельности на баланс углерода в лесах: чрезмерная эксплуатация и сведение лесов приводят к поступлению в атмосферу колоссального количества углерода. Поэтому ключевая роль органов управления лесами должна проявляться при рассмотрении углеродного баланса лесов. В табл. 3 отражены результаты расчетов бюджета углерода сельскохозяйственных экосистем Приморского края за 2015–2016 гг.

В таблице зафиксированы результаты расчета, отражающего сокращение всего за один год бюджет углерода сельскохозяйственных экосистем на 1%, что могло быть вызвано увеличением общей площади посевных сельскохозяйственных культур, а именно технических культур на 19% [9].

Таблица 2

Результаты расчетов углеродного бюджета лесных экосистем Приморского края за период 2003-2018 гг. по методике РОБУЛ, млн тонн CO₂-экв.

Показатель	2003	2016	2017	2018
Поглощение	5,412	5,273	5,213	5,236
Потери	2,312	2,341	2,547	2,791
Бюджет углерода, в т. ч.	3,100	2,932	2,666	2,445
Биомасса древостоя	3,099	2,928	2,726	2,565
Мертвая древесина	0,157	0,184	0,159	0,141
Подстилка	-0,015	-0,019	-0,023	-0,028
Почва (0–30 см)	-0,141	-0,161	-0,195	-0,232

Таблица 3

Результаты расчетов углеродного бюджета сельскохозяйственных экосистем Приморского края за период 2015–2016 гг. по методическим указаниям Минприроды от 30.06.2017 г. тонн CO₂-экв

Показатель	Запасы углерода	Выброс углерода	Бюджет углерода
2015	71581,7	1577205	-1505623
2016	71687,6	1577588	-1505900

Отрицательный углеродный бюджет сельскохозяйственных экосистем означает, что экосистема выбрасывают больше углерода, чем поглощает. Причина заключается в том, что углерод хранится в почве примерно в 240 раз больше количества оксида углерода, который формируется в процессе сжигания ископаемого топлива в год. Почва пахотных земель хранит в органических веществах (навозе, корнях, опавших листьях и в других частях разлагающихся растений) атмосферный углерод, который выбрасывается обратно в атмосферу в виде газа в ходе сельскохозяйственных процессов. Известно, что на почву приходится 37% мировых выбросов парниковых газов в сельском хозяйстве, поэтому органам управления и распоряжения земельными ресурсами следует ограничивать выделение земель под те культуры, что более всего выбрасывают углерод в атмосферу [10].

Для расчета объема поглощений парниковых газов землями сельскохозяйственного назначения и далее землями водно-болотных угодий использовались Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов» от 30 июня 2017 г. как официального документа Минприроды России от 30.06.2017 г.

Главная особенность «Методических указаний...» состоит в том, что они применимы для учета поглощения углерода экосистемами на всех землях лесного фонда и на переведенных заброшенных сельскохозяйственных площадях в земли лесного фонда, на землях сельскохозяйственного назначения, на водно-болотные угодьях, особо охраняемых территориях и даже на землях населенных пунктов, в состав которых включены экосистемы на землях промышленности, инфраструктуры, безопасности и земли иного специального назначения. Указания отличаются уникальностью, научностью, междисциплинарностью, широтой охвата экосистем, простотой в пользовании при реализации различных проектов, (по воспроизводству лесов, выращиванию кормовых трав, воспроизводству пастбищ т. д.).

В Методических указаниях подобно РО-БУЛу объем поглощения парниковых газов рассматривается как баланс между их выбросами из источников и абсорбцией поглотителями окружающей среды в результате природных и антропогенных процессов. Для сельскохозяйственных угодий источником исходных для расчета данных стала Федеральная служба статистики «Росстат».

Результаты расчета бюджета углерода водно-болотных экосистем представлены в табл. 8, показывающей превышение выбросов углерода над его поглощением из-за более частого использования осушенных водно-болотных угодий в земледелии, что приводит к мощным выбросам углекислого газа в атмосферу.

К сожалению, методика РОБУЛ не учитывает объем поглощения осушенными водно-болотными угодьями, в то время как обводненные водно-болотные угодья, наоборот, поглощают углерода больше, чем выбрасывают, табл. 4.

Формулы для расчета результатов в табл. 4 были упрощены и для осушенных водно-болотных угодий, исходя из перечня видов почв для региона и рассчитанных площадей данных почв для торфяно-болотных низинных и торфяно-болотных, поскольку Методические указания... Минприроды рассматривают водно-болотные угодья в двух случаях: осушенные болота и обводненные,

Исследование для трех видов экосистем поглотительного потенциала экосистем позволяет проводить оценки услуг экоресурсов для изменения экономических отношений в сфере их использования и трансформации структуры экономики, усиливая эффективность системы управления и регулирования использованием экоресурсного потенциала в регионах.

Несмотря на то, что рекомендации рассмотренных методик по расчету бюджета углерода неоднородны, имеют свои преимущества и недостатки, их применение не помешало составить сводную таблицу бюджета углерода по субъектам РФ в ДФО по трем экосистемам, представленной на рис. 1.

Таблица 4

Результаты расчетов углеродного бюджета водно-болотных экосистем Приморского края за 2016 г., тонн CO₂-экв

Показатель	Выбросы/поглощение водно-болотных угодий		Бюджет углерода
	Осушенных	Обводненных	
2016	-134428,78	99747,38	34681,4

Год	Экосистема	Республика Саха	Камчатский край	Приморский край	Хабаровский край	Амурская область	Магаданская область	Сахалинская область	ЕАО	ЧАО
2003	Лесная	0	0	3 099 975	0	0	0	0	0	0
2016	Лесная	0	9 839 870	2 932 354	1 161 366	299 541	-340 429	0	535 394	0
2017	Лесная	0	0	2 666 330	0	0	0	0	0	0
2018	Лесная	0	0	0	0	0	0	0	489 510	0
	ВБУ	13 348 571	9 087 052	398 990	227 590	244 916	1 997 401	16 758	303 809	2 767 703
2015	Сх угодья	360 987	47 535	1 505 900	376 182	594 533	46 217	103 206	157 714	0
2016	Сх угодья	360 987	47 534	1 505 623	376 339	594 507	46 217	103 112	157 712	0
Бюджет CO ₂ (2016)		13 709 558	18 974 456	4 836 967	1 765 294	1 138 964	1 703 188	119 870	996915.66	2767702.9
Выбросы CO ₂ (2016)		126 100	9 500	36 300	23 400	49 000	10 000	28 000	6300	7200

Рис. 1. Бюджет углерода лесных, водно-болотных и сельскохозяйственных экосистем в дифференциации по годам и субъектам, тонн С/га/год

Причинно-следственные факторы снижения поглотительной способности (бюджета углерода) экосистем сложны и разнообразны, среды которых выделяются два фактора, именуемые экономическими стимулами, которые в совокупности составляют большую часть потери бюджета углерода. Первый из них – финансовые стимулы, предоставляемые правительствами субъектов РФ для преобразования лесных земель: формы субсидий, явных и скрытых, которыми поощряются неэффективные лесозаготовки и сельскохозяйственная колонизация. Второй фактор снижения бюджета экосистем – не учитывается в экономической политике управленческих структур необходимость признания самих экосистем как фактора производства, вследствие чего экосистемы не включаются в рыночный оборот, и отсутствует организации рынка услуг экосистем. Тем самым создается иллюзия нулевой цены и нулевой их экономической ценности. В отсутствие рынков углерода, которые стимулируют сокращения диоксида углерода, например, углерод, хранящийся в лесах, имеет нулевую цену. Но его экономическая ценность существенна, потому что повторно арендованный как CO₂-экв., он наносит значительный экономический ущерб в результате воздействия на изменение климата.

Внедрение углеродных рынков требует учета стоимости экоуслуг, оказываемых экосистемами, а экосистемы, в свою очередь, в форме бюджета углерода определяют максимальное количество углерода, которое может быть выброшено и компенсировано для сохранения баланса углерода в атмосфере.

На основе изучения работ отечественных авторов (М.А. Юлкин, В.А. Дьячков, Л.В. Вильданова, И.А. Макаров,) и зарубежных (Klaas van Alphen, Marko P. Hekkert, A. Kollmuss, H. Zink, С. Polycarp, Slater, H.), а также публикаций-обзоров международных организаций, таких как: Всемирный Банк, International Carbon Action Partnership (ICAP) и других источников выявлена среднерыноч-

ная цена углерода за тонну С/га/год на углеродных рынках стран АТР, где государственные органы власти и регионального уровня также создают или завершили организацию национальных систем по торговле квотами на выбросы парниковых газов (СТВ). Зарубежный опыт показал, что идея «углеродной нейтральности» приобретает все большее значение, что должно учитываться российскими бизнес-сообществами, органами государственной власти в субъектах РФ.

По среднерыночной цене тонны углерода проведена экономическая оценка экологического потенциала ДФО, рис. 2.

Полученный гипотетический суммарный доход, представленный на рис. 2, отражает экономическую оценку экологического потенциала субъектов РФ в ДФО, которая заключается в получении примерного суммарного дохода (гипотетического дохода), если бы квоты на выбросы были разрешены на весь его объем продаж квот на выбросы через аукционы или биржи. Суммарный доход был получен для двух вариантов экологического потенциала: с учетом и без учета выбросов углерода стационарными источниками.

Из рис. 2 показано, что большую часть дохода мог бы получить Камчатский край и Республика Саха Якутия по причине наибольшего там по площадям совокупного экологического потенциала. Учетный на территории Приморского края углеродный бюджет лесов, сельскохозяйственных земель и водно-болотных угодий с учетом предполагаемого поглощения выбросов углерода занимает третью строку рисунка и исчисляется суммой около 19 млн евро, не учитываемой в формировании доходов и расходов бюджета как нулевая величина. Однако, результаты проведенных исследований по возможности организации в структуре Приморском края добровольного рынка углерода показали эффективность нескольких его сценариев в регулировании выбросов углерода. По расчетам предложенные варианты

	Бюджет CO ₂ , т	Выбросы CO ₂ , т	Очищенный бюджет CO ₂ , т	Средняя цена за т. С/га/год	Оборот, тыс. евро	Оборот очищ. тыс. евро
Республика Саха	13 709 558	126 100	13 583 458	€ 6.00	€ 81 500.75	€ 81 500.75
Камчатский край	18 974 456	9 500	18 964 956		€ 113 789.74	€ 113 789.74
Приморский край	4 836 967	36 300	4 800 667		€ 28 804.00	€ 28 804.00
Хабаровский край	1 765 294	23 400	1 741 894		€ 10 451.37	€ 10 451.37
Амурская область	1 138 964	49 000	1 089 964		€ 6 539.78	€ 6 539.78
Магаданская область	1 703 188	10 000	1 693 188		€ 10 159.13	€ 10 159.13
Сахалинская область	119 870	28 000	91 870		€ 551.22	€ 551.22
ЕАО	996 916	6 300	990 616		€ 5 943.69	€ 5 943.69
ЧАО	2 767 703	7 200	2 760 503		€ 16 563.02	€ 16 563.02

Рис. 2. Экономическая оценка экологического потенциала ДФО в 2016 г.

добровольного углеродного рынка, во-первых, стимулируют сокращение от 2% до 31% выбросов в Приморском крае. Во-вторых, внедрение этой структуры, реализующей платность услуг экосистем, привлекло бы ежегодно от 2,6 млн до 20,7 млн руб. дополнительных средств, для направления на улучшение экологической обстановки в регионе [10].

Рынок разрешениями на выбросы при наличии квот может быть источником финансовых средств для проведения мер по изменению структуры экономики в сторону низкоуглеродных производств и адаптации к изменениям климата. Эксперты из «WWF России», Минэкономики, Минприроды, Росгидромета, Минтранса, Минэнерго, Минсельхоза, касаясь мер адаптации к изменениям климата по стране, обращают серьезное внимание на региональный аспект, где масштабы экосистем играют большую роль в поглощении углерода, что позволяет здесь организовывать добровольные рынки экоуслуг [11].

При изменении сознания и понимания обществом, что экоресурсы – это часть природного капитала, использование которого должно учитывать законы рынка, ускорило бы трансформацию структуры экономики в пользу ее «зеленых» сфер для рационального использования этих ресурсов, для поддержания экологически чистой среды проживания, повысило бы культуру поведения населения в окружающей среде и экологическую ответственность у представителей бизнеса.

Выводы

Проблема учета углеродного бюджета экосистем как одного из условий трансформации управления и перехода к низкоуглеродной экономике в регионах потребовала междисциплинарного подхода к исследованию ввиду слож-

ных эколого-экономических отношений между пользователями ограниченных экологических ресурсов и органами управления этими ресурсами, не признающих рыночную стоимость услуг экосистем, испытывающих нагрузку от хозяйственной деятельности и сокращение поглотительного потенциала углерода.

Контент-анализ методик расчета поглотительного потенциала (бюджета углерода) экосистем показал особенности разнообразных методик, подчеркнул, что нет единой методики, позволяющей оценить поглотительную способность экосистем территории любой масштабности в целом. Частично эта проблема решается объединением нескольких методологических подходов, учитываемых при расчете бюджета углерода по каждому виду экосистем на территориях субъектов РФ ДФО. Апробирование методик РОБУЛ и Методических указаний... Минприроды позволили рассчитать бюджет углерода для трех экосистем в отдельности: лесных, сельскохозяйственных и водно-болотных в субъектах РФ ДФО.

Сравнение объемов бюджета углерода среди субъектов РФ показало наибольшие объемы в Камчатском крае и Саха Якутии за счет масштабов экотенциалов их территорий. Приморский край, где более 3/4 его площади покрыто лесами, обладающими большим углеродо-поглотительным потенциалом, имеет по расчетам значительный объем бюджета углерода. Но неэффективная система управления лесной отраслью привела за период с 2003 по 2018 гг. к уменьшению его объема у лесных экосистем края на 21,1% за счет увеличения количества потерь углерода на 20,7% из-за масштабных лесорубок, пожаров, болезней леса и прочих причин, что увеличило и экологические, и экономические потери.

Экопотенциал Приморского края используется в экономической деятельности не эффективно и постепенно утрачивается. Его сокращение проявляется как в физическом состоянии (сокращение лесов, ухудшение качества и продуктивности и т. п.), так и в нематериальном плане, проявляющемся через сокращение бюджета углерода (способности поглощать). Бюджет углерода является критерием функционирования экосистем и косвенно экономической деятельности, но из-за отсутствия его оценки и признания стоимости услуг экосистем, позволяющей создавать новые структуры в экономике, к примеру, рынка углерода по продаже квот на выбросы, что является прерогативой региональных органов управления. Субъектам хозяйствования использовать этот критерий проблематично. Внедрение в практику учета бюджета углерода повысило бы стимулирование экономических субъектов к сокращению выбросов в атмосферу, к переходу на низкоуглеродные технологии производства, изменению структуры хозяйства в регионе, и подняло, с одной стороны, его имидж, с другой, – обеспечивало переход к устойчивому социально-эколого-экономическому развитию.

Исследование экосистемного потенциала, расчет объемов бюджета экосистем и экономической оценки важны в определении стоимости услуг, оказываемых экосистемами. Экономический ущерб, который вызывается отсутствием такой оценки, определяется как любая потеря для экономики, для охраны экопотенциала и экологически чистой среды, и в целом для благосостояния человека сейчас или в будущем.

Результаты исследования бюджета углерода показали взаимосвязь социальной, экологической и экономической составляющих в развитии региона. Бюджет как критерий состояния экопотенциала рекомендуется региональным исполнительным органам власти при разработке природоохранных программ, планов и т. п., поскольку напрямую является ориентиром в принятии решений при распоряжении прав владения экоресурсами, особенно при учете назначения использованием ресурсами. Экономическая оценка бюджета углерода в рыночной среде становится стимулом к сокращению выбросов углерода и формированию благоприятной среды проживания для жизнедеятельности людей за счет рыночной сущности бюджета наиболее экономически эффективным способом.

Библиографический список

1. Федоров Б.Г., Моисеев Б.Н., Синяк Ю.В. Поглощающая способность лесов России и выбросы углекислого газа энергетическими объектами // Проблемы прогнозирования. 2011. № 3. С. 127-142.
2. Hamrick K., Peters-Stanley M., Developing Dimension: State of the Voluntary Carbon Markets 2012 // Ecosystem Marketplace, 2012. 110 p.
3. Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Т. 1. Услуги наземных экосистем / Е.Н. Букварева, Д.Г. Замолотчиков. М: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2016. 148 с.
4. Малышева Н.В., Моисеев Б.Н., Филипчук А.Н., Золина Т.А. Методы оценки баланса углерода в лесных экосистемах и возможности их использования для расчета годичного депонирования углерода // ISSN 2542-1468. Лесной вестник Forestry Bulletin. 2017. Т. 21. №1. С. 4-13. МГТУ им. Н.Э. Баумана, 17. DOI:10.18698/2542-1468-2017-1-4.
5. Рожков Л.Н. Методические подходы расчета углеродных пулов в лесах Беларуси // Труды БГЕУ. 2011. № 1. Лесное хозяйство ISSN 1683-0377/ С. 62-71.
6. Замолотчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н. Региональная оценка бюджета углерода лесов (РОБУЛ). Версия 1.1. М., 2011 [Электронный ресурс]. URL: www.cepl.rssi.ru/regional.htm (дата обращения: 14.11.2022 г.)
7. Методические указания по количественному определению объема поглощения парниковых газов [Электронный ресурс] : Распоряжение Минприроды России от 30.06.2017 г. № 20-р. – [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_219634/d96408c0_61f6d5c504e8cc33ec1a463aеcc88b14/ (дата обращения: 02.11.2022 г.)
8. Руководящие указания по эффективной практике для землепользования, изменений в землепользовании и лесного хозяйства. Программа МГЭИК по национальным кадастрам парниковых газов. МГЭИК, 2003 [Электронный ресурс]. URL: http://downloads.igce.ru/journals/FAC/FAC_2019/FAC_2019_2/Gitarskiy_M_L_FAC_2019_2.pdf (дата обращения: 06.11.2022 г.)
9. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]. URL: <http://cbsd.gks.ru/> (дата обращения: 01.11.2022 г.)
10. Соколенко В.В., Чимитова С.Ж. Исследование возможности применения добровольного углеродного рынка для цели регулирования выбросов углерода транспортной сферой в регионах // Международный журнал Гуманитарных и естественных наук. 2020. № 1-2 (44). С. 139-144.
11. Романовская А.А., Федеричи С. Квота на выбросы и роль лесного сектора в национальных обязательствах Российской Федерации в новом климатическом соглашении // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства № 1, 2015. Лесное хозяйство. С. 20-38.