

УГЛЕРОДНАЯ НЕЙТРАЛЬНОСТЬ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ЛЕСНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ НА ПРИМЕРЕ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ

С. А. Шацкова¹, И. С. Недбаев^{2,3}

¹ Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

² Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

³ Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства (Санкт-Петербург, Российская Федерация)

Статья поступила в редакцию 10 марта 2025 г.

Для цитирования

Шацкова С. А., Недбаев И. С. Углеродная нейтральность при разработке лесных климатических проектов на примере Архангельской области // Арктика: экология и экономика. — 2025. — Т. 15, № 3. — С. 95—102. — DOI: 10.25283/2223-4594-2025-3-95-102.

Исследуется возможность достижения углеродной нейтральности в работе лесохозяйственного комплекса Архангельской области через реализацию лесных климатических проектов. Рассматриваются ключевые аспекты лесовосстановления и лесоразведения, их влияние на сокращение выбросов и поглощение парниковых газов. Проведен анализ сценариев: базового, умеренного и максимального поглощения углерода, включая расчеты на основе данных о состоянии лесного фонда региона. Результаты показывают, что полное нивелирование углеродного следа только за счет лесных проектов невозможно. Для достижения углеродной нейтральности требуется комплексный подход, включая внедрение технологий улавливания углерода и использование возобновляемых источников энергии. Результаты исследования позволяют разработать универсальные подходы к достижению углеродной нейтральности для северных регионов с учетом их природно-хозяйственных особенностей.

Ключевые слова: углеродная нейтральность, лесные климатические проекты, лесовосстановление, лесоразведение, диоксид углерода, Архангельская область.

Введение

Согласно отчетам Межправительственной группы экспертов по изменению климата (МГЭИК) за 2021 г., изменение климата и потепление затрагивают все континенты и в целом является более значительным на суше. В Арктике потепление происходит вдвое быстрее, чем в других регионах, эта тенденция сохранится и в долгосрочной перспективе [17]. В шестом оценочном докладе МГЭИК (2021 г.) говорится, что вероятность того, что антропогенный фактор является главной причиной потепления, которое наблюдается с середины прошлого века, превышает 95%. Корреляция между наблю-

даемыми и смоделированными изменениями в климатической системе показывает, что наблюдаемые климатические изменения вызваны главным образом увеличением содержания парниковых газов в атмосфере, которое происходит из-за деятельности человека [12]. Для минимизации антропогенного воздействия на климат было введено понятие «углеродная нейтральность».

Углеродной нейтральностью называют сведение к нулю выбросов парниковых газов, выделяемых при производстве товаров и услуг, или их компенсацию за счет экологических инициатив. В Арктике наиболее перспективными направлениями достижения углеродной нейтральности считаются переход к «зеленой» энергетике путем распространения

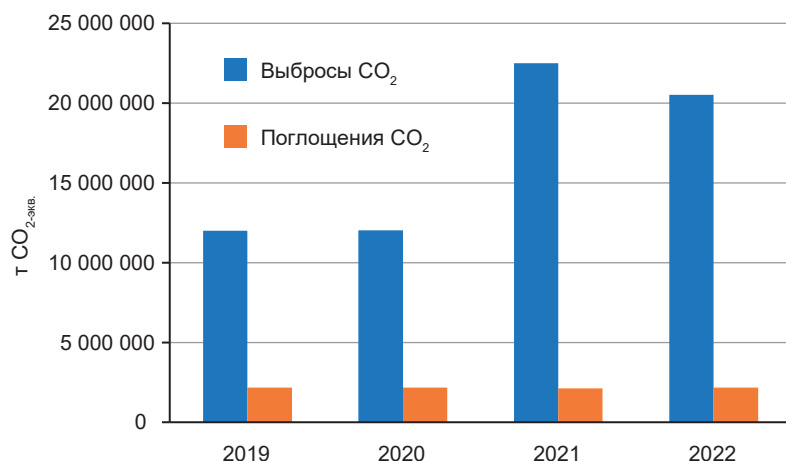


Рис. 1. Выбросы и поглощения диоксида углерода в 2019–2022 гг. в Архангельской области, т CO₂-экв.¹
Fig. 1. Carbon dioxide emission and absorption in 2019–2022 in the Arkhangelsk region, t CO₂-eq.

гибридных электростанций в отдаленных поселениях, строительство малых, в том числе плавучих, атомных станций, развитие ветроэнергетики; развитие СПГ-производства; создание карбоновых полигонов и ферм; применение наилучших доступных технологий, способствующих улавливанию парниковых газов, и реализация лесных климатических проектов [3].

К лесоклиматическим проектам относятся добровольные проекты по охране, защите и воспроизводству лесов, направленные на сокращение выбросов и увеличение поглощения парниковых газов. Лесные массивы накапливают углерод из атмосферы, переводя часть CO₂ из воздуха в биомассу и увеличивая содержание углерода в почве и растительности. Таким образом, деревья играют важную роль в регулировании климата, поглощая углекислый газ и снижая его влияние на глобальное потепление [7]. Основные типы климатических проектов для арктического региона, которые можно отнести к природоориентированным решениям (англ. Nature-based solution): восстановление и защита лесных, лесотундровых и тундровых экосистем от пожаров, внедрение устойчивых методов лесозаготовки и лесопользования, развитие биоэнергетики на основе местных ресурсов, сохранение и восстановление лесов [18]. В настоящей статье речь идет о результатах исследования по сохранению и восстановлению лесов — одного из составляющих перспективных лесоклиматических проектов в Архангельской области.

Архангельская область как часть Арктической зоны России сочетает развитую лесопромышленную отрасль (производство трети российской целлюлозы) и уникальные лесные экосистемы, способные выступать как источником (из-за пожаров и пере-

стойных лесов), так и поглотителем CO₂. Актуальность исследования обусловлена:

- недостаточной изученностью роли лесоклиматических проектов в арктических регионах;
- отсутствием в литературе анализа баланса углерода с учетом пожаров и породного состава;
- необходимостью адаптации международного опыта к российским нормативным условиям.

Рассматриваемые в статье механизмы углеродного баланса, влияние лесных пожаров и эффективность лесовосстановления актуальны для всех арктических регионов России и мира. Архангельская область, сочетающая таежные и лесотундровые экосистемы, служит моделью для из-

учения указанных процессов. Исследование затрагивает такие ключевые для Арктики проблемы, как ускоренное таяние вечной мерзлоты из-за снижения поглотительной способности лесов, рост частоты лесных пожаров (на 17% в Арктической зоне за 2010—2022 гг.) и конфликт между промышленным освоением и экологическими ограничениями [9].

Цель настоящего исследования — оценить возможность достижения углеродной нейтральности при разработке лесных климатических проектов в Архангельской области. Были поставлены следующие задачи:

- рассчитать потенциальные выбросы на территории Архангельской области в долгосрочной перспективе;
- оценить возможность достижения углеродной нейтральности в Архангельской области через лесные климатические проекты, включая борьбу с пожарами и адаптацию стратегий лесовосстановления для арктических условий;
- оценить максимально возможное поглощение парниковых газов в результате реализации климатических проектов в лесах.

Материалы и методы

Материалами для настоящей публикации послужили данные о выбросах в Архангельской области, данные об актуальном уровне поглощения парниковых газов и данные о состоянии лесного фонда региона [6; 7]. Данные о выбросах и поглощениях парниковых газов предоставлены Центром природопользования и охраны окружающей среды Архангельской области [2]. Динамика выбросов и поглощений за 2019—2022 гг. приведена на рис. 1.

Данные о состоянии лесного фонда Архангельской области содержатся в формах Государственного лесного реестра [7].

Лесоклиматические проекты оперируют прогнозными данными, т. е. составляются различные сцена-

¹ В 2019 и 2020 гг. инвентаризация выбросов CO₂ по категории «землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство» не оценивалась.

рии. В настоящей работе предложены три сценария поглощения парниковых газов лесными насаждениями области.

Базовый сценарий предполагает, что лесоклиматические проекты не реализуются, т. е. выбросы парниковых газов максимальны при условии, что сохраняется текущий уровень эмиссии.

Умеренный сценарий в рамках настоящей статьи рассматривается как деятельность по лесовосстановлению и лесоразведению за период около 50 лет (максимальный срок аренды лесного участка в России).

Сценарий максимального поглощения рассматривался как реализация проектов по лесовосстановлению и лесоразведению в сочетании с проектами по охране и защите леса. Более того, в сценарии максимального поглощения было решено взять 100-летний период.

Общая площадь лесов в Архангельской области составляет 29,4 млн га, но их поглотительная способность варьируется [11]:

- молодые леса (до 20 лет): 3—5 т $\text{CO}_2/\text{га}$ в год.
- зрелые леса (50—80 лет): 1—2 т $\text{CO}_2/\text{га}$.
- перестойные леса (100+ лет): 0,5—1 т $\text{CO}_2/\text{га}$ (часто становятся источниками CO_2 из-за разложения древесины).

Около 27% лесов (8 млн га) имеют нулевой или отрицательный баланс, что снижает эффективность климатических проектов. Несмотря на более высокую поглотительную способность лиственных пород (береза, осина), 70% лесовосстановления проводится хвойными (ель, сосна) из-за:

- экономической выгоды для лесной промышленности и строительства;
- нормативных требований Лесного кодекса;
- климатической устойчивости хвойных в Арктике.

Расчеты показывают, что замена 10% хвойных на лиственные может увеличить поглощение CO_2 на 15—20% за 50 лет [11].

В данной работе используется модель расчета для определения поглощения углерода, представленная в «Методике количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов» (приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 27 мая 2022 г. № 371) [4]. В Архангельской области преобладают хвойные породы деревьев — сосна европейская *Pinus sylvestris* L. и ель европейская *Picea abies* (L.) H. Karst. Согласно данным Федерального агентства лесного хозяйства, преобладающей породой по площади насаждений в 2022 г. можно назвать ель (56% — 10 614,9 тыс. га). Общая площадь земель, предназначенных для лесовосстановления в 2022 г. в Архангельской области, составила 459,2 тыс. га [7].

Для определения поглощения лесными насаждениями за 50 лет было рассчитано поглощение одним стандартным деревом (елью европейской *Picea abies* (L.) H. Karst.) за рассматриваемый период (1). Дополнительные данные для расчета (диаметр и высота) были взяты из «Таблицы хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии» [8]. Для расчетов запаса углерода в лесных насаждениях $C_{\text{биомасса}}$ (т CO_2) использована формула [4]

$$C_{\text{биомасса}} = 0,5 \sum \left(a \left(d_i^2 h_i \right)^b \right), \quad (1)$$

где a , b — аллометрические коэффициенты; d — диаметр ствола на высоте 1,3 м, см; h — высота дерева, м.

Результаты и обсуждения

Базовый сценарий

В табл. 1 указаны выбросы парниковых газов по категориям источников и стоков в Архангельской области в 2022 г.

В 2022 г. суммарное количество выбросов CO_2 составило 20 508,71 тыс. т. $\text{CO}_{2-\text{экв.}}$ за год. На энерге-

Таблица 1. Выбросы парниковых газов по категориям источников и стоков в Архангельской области (2022 г.)
Table 1. Greenhouse gas emission by source and sink categories in the Arkhangelsk region (2022)

Категория источников и стоков парниковых газов	Выбросы, тыс. т $\text{CO}_{2-\text{экв.}}$
Энергетические отрасли	9 883,52
Промышленность и строительство	2 164,25
Транспорт	1 313,77
Другие сектора	96,29
Химическая промышленность	0,68
Неэнергетическое использование топлива и растворителей	1,53
Использование заменителей озоноразрушающих веществ	148,20
Производство и использование другой продукции	3,41
Внутренняя ферментация	87,98

Окончание табл. 1

Категория источников и стоков парниковых газов	Выбросы, тыс. т CO _{2-экв.}
Сбор и хранение навоза и помета	16,38
Сельскохозяйственные земли	137,58
Лесные земли	5 223,29
Захоронение твердых отходов	1 342,28
Очистка и сброс сточных вод	89,54
Итого	20 508,71

Таблица 2. Данные для расчета поглощения парниковых газов лесами Архангельской области при реализации климатических проектов по лесоразведению и лесовосстановлению

Table 2. Data for calculating the absorption of greenhouse gases by forests of the Arkhangelsk region in the implementation of climate projects on afforestation and reforestation

Основная лесообразующая порода	Ель европейская <i>Picea abies</i> H. Karst
Методика расчета	Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 27 мая 2022 г. № 371
Возраст	50 лет
Коэффициент:	Значение:
средний диаметр d_i	15,3 м
средняя высота h_i	14,2 м
коэффициент a в уравнении (1)	0,0533
коэффициент b в уравнении (1)	0,8955

тические отрасли приходится 9 883,52 тыс. т CO_{2-экв.}. Лесные земли выбрасывают 5 223,29 тыс. т CO_{2-экв.}. Значительный объем выбросов лесными землями обусловлен возможным выбросом парниковых газов в результате рубок, разложения порубочных остатков и повреждения почвенного покрова [6]. Выбросы от энергетики в промышленности и строительстве составили 2 164,25 тыс. т CO_{2-экв.}.

Наиболее крупный вклад в выбросы вносит Архангельский целлюлозно-бумажный комбинат (ЦБК) — 3 888 780 т. Второе предприятие по величине выбросов — АО «Группа «Илим», 1 577 273 т CO_{2-экв.}. Также значительный вклад вносят теплоэлектростанции: Северодвинская ТЭЦ-1 (1 019 588 т CO_{2-экв.}), Северодвинская ТЭЦ-2 (896 897 т CO_{2-экв.}) и Архангельская ТЭЦ (1 391 663 т CO_{2-экв.}).

Среднее количество поглощений парниковых газов в Архангельской области составляет 2 млн т CO_{2-экв.} за год (см. рис. 1). Соответственно при сохранении текущего уровня поглощения за 50 лет поглотится 100 млн т CO_{2-экв.}, а за 100 лет — 200 млн т CO_{2-экв.}. При этом выбросы за 50 лет составят 1000 млн т CO_{2-экв.}, а за 100 лет —

2000 млн т CO_{2-экв.}. Иначе говоря, поглощения выбросов парниковых газов составят всего 10% общего объема эмиссии. Причем ежегодный разрыв между поглощением и эмиссиями в абсолютном выражении будет только увеличиваться, поскольку выбросы прошлых лет не будут компенсированы [5].

Умеренный сценарий

Согласно Лесному плану Архангельской области [7] наиболее распространенная порода в Архангельской области — ель. Было решено взять ель европейскую как модельную породу для расчета поглощений парниковых газов. Таким образом, необходимо было рассчитать запас углерода в одной ели 50-летнего возраста на территории в се-

веро- и среднетаежных экорегионах Европейской части России. Исходные данные для расчета представлены в табл. 2.

Согласно формуле (1) запас углерода в 1 га еловых 50-летних насаждений в Архангельской области составляет 66 тыс. CO_{2-экв.}/год. Максимально возможная площадь для лесовосстановления составляет 459,2 тыс. га (рис. 2). Таким образом, весь фонд лесовосстановления при реализации лесных климатических проектов на всей площади за 50 лет поглотит 80,1 млн т CO_{2-экв.}. Максимально возможная площадь для лесоразведения составляет 5,5 тыс. га. Поглощения при реализации лесоразведения на территории 5,5 тыс. га через 50 лет составят 960 тыс. т CO_{2-экв.}.

Таким образом, для поглощения CO₂ посредством реализации лесоклиматических проектов необходимо примерно 18 млн т CO_{2-экв.}, которые можно реализовать на 459,2 тыс. га по лесовосстановлению и 5,5 тыс. га по лесоразведению. Из них 2 млн т CO_{2-экв.} поглощаются ежегодно, соответственно необходимо поглощать примерно 16 млн т CO_{2-экв.} ежегодно. Суммарное поглощение через 50 лет

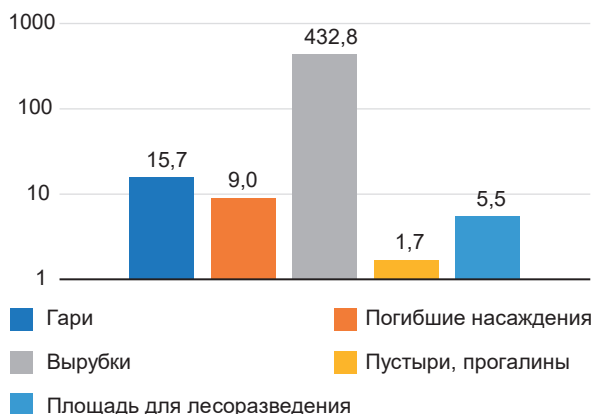


Рис. 2. Площади, доступные для лесоразведения и лесовосстановления в Архангельской области (2022 г.)

Fig. 2. Areas available for afforestation and reforestation in the Arkhangelsk region (2022)

при реализации лесоклиматических проектов в Архангельской области составит 81,2 млн т CO_2 -экв. С учетом базового сценария поглощение составит 181,2 млн т CO_2 -экв.

Сценарий максимального поглощения

Сценарий максимального поглощения в рамках настоящего исследования — это расчет гипотетической возможности поглотить лесами Архангельской области максимальное количество парниковых газов. От умеренного сценария он отличается дополнительными лесоклиматическими проектами по охране и защите леса и большей продолжительностью (100 лет). В данном исследовании был произведен расчет сценария максимального поглощения по двум различным методикам.

Согласно методике The UK Department for Environment, Food and Rural Affairs можно увеличить поглотительную способность лесов в полтора раза, если реализовывать проекты по охране и защите леса [14]. Таким образом, с введением новых лесоклиматических проектов объем поглощения, рассчитанный в умеренном сценарии, возрастет в полтора раза. Расчет запаса углерода в 100-летних насаждениях тоже приводит к значительному поглощению парниковых газов лесами.

Запас углерода в 1 га еловых 100-летних насаждений в Архангельской области составляет 7,6 млн т CO_2 -экв./год. За 100 лет среднее максимальное количество выбросов CO_2 равно 2000 млн т CO_2 -экв. При максимальной площади лесовосстановления 459,2 га тыс. поглощения через 100 лет составят 221,7 млн т CO_2 -экв., при лесоразведении на площади 5,5 тыс. га составят 639,7 тыс. т CO_2 -экв. Суммарное поглощение углекислого газа через 100 лет при сценарии максимального поглощения будет равно 433,7 млн т CO_2 -экв.

Другой подход к расчету максимального поглощения заключается в сохранении углерода в лесах, которые подвержены негативным факторам (предотвращение углеродных утечек). Данные о гибели

Таблица 3. Площадь погибших лесных насаждений от пожаров в Архангельской области за 2013—2022 гг.

Table 3. The area of dead forest plantations from fires in the Arkhangelsk region for the period 2013—2022

Год	Площадь погибших лесных насаждений, га
2013	1377,04
2014	953,5
2015	209,84
2016	51,7
2017	0,0
2018	142,6
2019	72,2
2020	0,0
2021	500,6
2022	70,7

лесов в 2022 г. представлены на рис. 2. Основные причины, от которых гибнут леса в Архангельской области, — это лесные пожары (70,7 га) и антропогенные выбросы (2,6 га).

Данный подход заключается в подсчете сохраненного углерода в лесных экосистемах Архангельской области при недопущении гибели лесов. Исходя из представленных причин гибели лесов, возможно сохранить леса только при реализации мер по противопожарному обустройству лесов, а также по оперативному мониторингу и тушению пожаров, что позволит ежегодно сохранять площади лесов, являющиеся дополнительными поглотителями парниковых газов. По статистическим данным с 2013 по 2022 гг., средняя ежегодная площадь погибших лесов от пожаров составляет 337,818 га (табл. 3). Сохранение ежегодно обозначенной площади лесов приведет к дополнительному сохранению около 120 млн т CO_2 -экв. за 100 лет.

Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что масса поглощаемого CO_2 за 50 и 100 лет будет недостаточна для полного поглощения массы углекислого газа, выделяемой в Архангельской области, ни при умеренном сценарии, ни при сценарии максимального поглощения (рис. 3). Однако данного количества поглощаемого CO_2 хватит, чтобы поглотить выбросы от Архангельского ЦБК, которые составят 90 млн CO_2 -экв. за 50 лет и 180 млн CO_2 -экв. за 100 лет. Но в данном случае это возможно только при условии, что Архангельский ЦБК полностью возьмет на себя ответственность за реализацию всех лесоклиматических проектов на территории области.

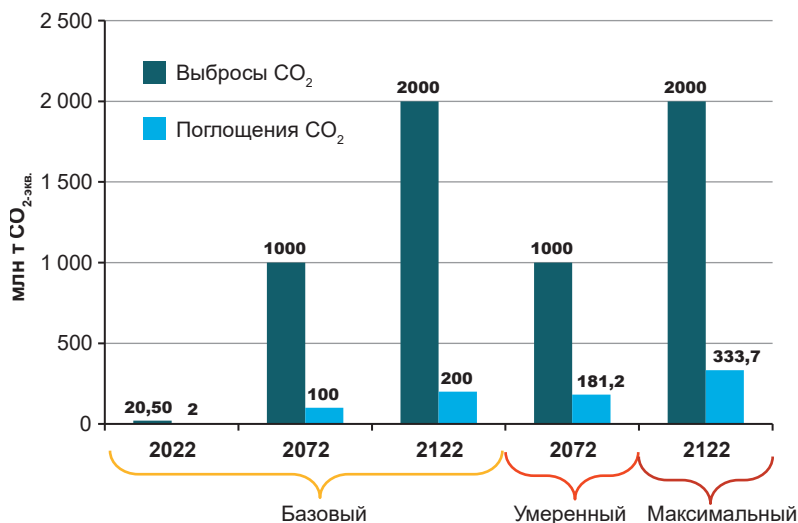


Рис. 3. Выбросы и поглощения CO₂ в Архангельской области, 2022–2122 гг., млн т CO₂-экв.
Fig. 3. CO₂ emissions and absorption in the Arkhangelsk region, 2022–2122, million tons of CO₂-eq.

Динамика лесных пожаров и их влияние на углеродный баланс

В Архангельской области лесные пожары являются одним из ключевых факторов, нарушающих углеродный баланс. По данным Рослесхоза (2023 г.), в пиковые годы (например, в 2013 и 2021 гг.) площадь возгораний достигала 1,3 тыс. га, что привело к выбросам до 30 млн т CO₂ (расчет по методике МГЭИК, 2021 г.), что сопоставимо с годовыми выбросами промышленного сектора (табл. 4). Проекты по противопожарному обустройству лесов и мониторингу могут сохранить до 120 млн т CO₂-экв. за 100 лет.

Таблица 4. Выбросы CO₂ от лесных пожаров в Архангельской области (2013–2022 гг.)

Table 4. CO₂ emissions from forest fires in the Arkhangelsk region (2013–2022)

Год	Площадь пожаров, га	Выбросы CO ₂ , млн т
2013	1377	28,9
2021	500	10,5
2022	70	1,5

При этом поглотительная способность лесов области крайне неравномерна:

- молодые леса (до 20 лет): 3–5 т CO₂/га в год;
- зрелые леса (50–80 лет): 1–2 т CO₂/га в год;
- перестойные леса (100+ лет): 0,5–1 т CO₂/га в год (часто становятся источниками CO₂ из-за разложения древесины).

Общая площадь лесов с нулевым или отрицательным балансом (перестойных, поврежденных вредителями) составляет примерно 8 млн га (27% общей

площади), что снижает эффективность климатических проектов [7].

В Архангельской области, несмотря на более высокую поглотительную способность лиственных пород, 70% лесовосстановления проводится хвойными (ель, сосна). Причины:

- экономическая выгода: хвойные ценятся в лесопромышленном комплексе (ЦБК, строительство);
- нормативные требования: Лесной кодекс РФ исторически ориентирован на хвойные породы;
- климатическая устойчивость: береза и осина более чувствительны к ветровалам и вредителям в условиях Арктики.

Однако расчеты показывают, что замена даже 10% хвойных насаждений на лиственные (береза, осина) может увеличить поглощение CO₂ на 15–20% за 50 лет [11].

Лесовосстановление и лесоразведение не всегда являются «зеленым» решением:

- эмиссия от техники: затраты на посадку и уход за лесами (топливо, удобрения) могут достигать 5–7 т CO₂ на 1 га за первые 10 лет [11];
- медленный эффект: молодые леса начинают активно поглощать CO₂ только через 15–20 лет;
- риск пожаров: искусственные монокультурные насаждения (например, чистые ельники) более уязвимы к пожарам [12; 15].

В итоге, чтобы поглотить весь выделяемый CO₂, необходимо заниматься не только лесоклиматическими проектами, но и развивать новые технологии улавливания и хранения углерода (carbon capture and storage — CCS), чтобы удалять CO₂ из промышленных выбросов; использовать возобновляемые источники энергии, такие как солнце, ветер и вода, вместо ископаемых видов топлива, которые выделяют CO₂ при сгорании; улучшать энергоэффективность зданий и транспорта, чтобы уменьшить количество энергии, необходимой для их работы; поддерживать развитие и использование биоэнергетики — биодизель и биогаз производят меньше CO₂, чем традиционные виды топлива; повышать осведомленность общественности о проблеме изменения климата и стимулировать принятие мер по снижению выбросов CO₂ [10; 12; 17].

Заключение

1. При сохранении существующих тенденций по объемам выбросов парниковых газов в Архангельской области за последующие 50 лет среднее суммарное количество выбросов CO₂ составит 1 млрд т CO₂-экв., из них поглотится при существующих тенденциях 100 млн т CO₂-экв. В результате целевым показателем углеродной нейтральности на перспек-

титу 50 лет является дополнительное поглощение 900 млн т CO_{2-эqv.}.

2. При реализации проектов по лесовосстановлению и лесоразведению на всех доступных для этого территориях в Архангельской области удастся поглотить 181,2 млн т CO_{2-эqv.}.

3. При максимально возможном поглощении, включающем охрану и защиту леса на территории всей области в течение 100 лет (сведение к нулевым потерям гибели лесных насаждений от лесных пожаров, болезней и вредителей леса), поглощение составит 433,7 млн т CO_{2-эqv.}.

4. Оценка возможности достижения углеродной нейтральности при разработке лесных климатических проектов в Архангельской области показала, что полностью нивелировать выбросы от предприятий региона реализацией только климатических проектов (даже при максимально возможном уровне их реализации), к сожалению, невозможно. Для достижения углеродной нейтральности необходимо реализовывать иные типы климатических проектов, направленные не только на увеличение поглощения, но и на снижение выбросов.

5. Значительный вклад в углеродную нейтральность могли бы внести проекты по снижению выбросов от пожаров (300—900 случаев в год, площадь до 1 млн га). Для Арктики ключевым становится комплексный подход: сочетание лесовосстановления, охраны лесов и технологий CCS, адаптация международного опыта к северным условиям, развитие межрегиональных программ с учетом специфики арктических экосистем.

6. Полученные результаты создают методологическую основу для разработки межрегиональных программ по углеродной нейтральности, формирования единого стандарта учета лесных климатических проектов в Арктике, создания карбоновых полигонов с учетом северной специфики.

Литература/References

1. Алексеев Г. В. и др. Второй оценочный доклад Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. — М.: Росгидромет, 2014.
- Alekseev G. V. et al. The second assessment report of Roshydromet on climate change and its consequences in the territory of the Russian Federation. Moscow, Roshydromet, 2014.
2. БД парниковых газов / Гос. бюджет. учреждение Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды». — URL: <https://eco29.ru/informatsionnye-resursy-/vozdukh/bd-parnikovykh-gazov/>. Greenhouse Gas Database. State Budgetary Institution of the Arkhangelsk Region "Center for Environmental Management and Protection". Available at: <https://eco29.ru/informatsionnye-resursy-/vozdukh/bd-parnikovykh-gazov/>. (In Russian).
3. Кондратов Н. А. Арктическая климатическая политика: вызовы и решения. — М.: РАН, 2023.

Kondratov N. A. Arctic Climate Policy: Challenges and Solutions. Moscow, RAS, 2023. (In Russian).

4. Лесные регионы: Архангельская область. — URL: <https://forestcomplex.ru/forestry/lesnyie-regionyi-arhangel'skaya-oblast/>.

Forest regions: Arkhangelsk region. Available at: <https://forestcomplex.ru/forestry/lesnyie-regionyi-arhangel'skaya-oblast/>. (In Russian).

5. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ «Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов» от 27 мая 2022 г. № 371.

Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation dated 05/27/2022 No. 371 "On approval of methods for quantifying greenhouse gas emissions and greenhouse gas absorption". (In Russian).

6. Перхурова О. В. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области на 2022 год / ГБУ Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды». — Архангельск: САФУ, 2023. — 529 p.

Perkhurova O. V. State and environmental protection of the Arkhangelsk region for 2022. State Budgetary Institution of the Arkhangelsk Region "Center for Nature Management and Environmental Protection". Arkhangelsk, NArFU, 2023, 529 p. (In Russian).

7. Птичкинов А. В., Шварц Е. А. Стратегии лесоклиматических проектов в России. — [Б. м.], 2023.

Ptichnikov A. V., Schwartz E. A. Strategies of Forest Climate Projects in Russia. [S. l.], 2023. (In Russian).

8. Романовская А. А., Коротков В. Н. Барьеры внедрения углеродных проектов. — [Б. м.], 2022.

Romanovskaya A. A., Korotkov V. N. Challenges in Deploying Carbon Projects. [S. l.], 2022. (In Russian).

9. Отчет о лесных пожарах в Арктической зоне РФ / Рослесхоз. — [Б. м.], 2023.

Report on Forest Fires in the Arctic Zone of the Russian Federation. Federal Forestry Agency (Rosleskhoz). [S. l.], 2023. (In Russian).

10. Шанин В. Н. Технологии улавливания CO₂ в арктических лесах. — [Б. м.], 2024.

Shanin V. N. CO₂ Capture Technologies in Arctic Forests. [S. l.], 2024. (In Russian).

11. Швиденко А. З. и др. Таблицы и модели роста и продуктивности лесов основных лесообразующих пород Северной Евразии (нормативные и справочные материалы). — [Б. м.], 2008.

Shvidenko A. Z. et al. Tables and models of growth and productivity of forests of major forest forming species of Northern Eurasia (standard and reference materials). [S. l.], 2008. (In Russian).

12. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, UK and New York, NY, USA, Cambridge Univ. Press, 2022, 3056 p. DOI: 10.1017/9781009325844.

13. California ARB. Compliance Offset Protocol U.S. Forest Projects. [S. l.], 2022.

14. Climate change 2014: mitigation of climate change. Vol. 3. [S. I.], Cambridge Univ. Press, 2015.
15. Hashimoto K. Global temperature and atmospheric carbon dioxide concentration. Global carbon dioxide recycling: for global sustainable development by renewable energy. [S. I.], 2019, pp. 5—17.
16. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. IPCC. [S. I.], 2021.
17. Masson-Delmotte V. et al. Climate change 2021: the physical science basis. Contribution of working group I to the sixth assessment report of the inter-governmental panel on climate change, 2021, vol. 2, no. 1, p. 2391.
18. Smith P. et al. Boreal forest carbon management. Nature Climate Change, 2022.

Информация об авторах

Шацкова Светлана Алексеевна, специалист отдела внешних связей, Арктический и антарктический научно-исследовательский институт (199397, Россия, Санкт-Петербург, ул. Беринга, д. 38, литера А), e-mail: sashackova@aari.ru.

Недбаев Иван Сергеевич, кандидат географических наук, старший преподаватель, Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле (199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7—9); научный сотрудник, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт лесного хозяйства (194021, Санкт-Петербург, Институтский просп., д. 21), e-mail: i.nedbaev@spbu.ru.

CARBON NEUTRALITY IN THE DEVELOPMENT OF FOREST CLIMATE PROJECT ON THE EXAMPLE OF ARKHANGELSK REGION

Shatskova, S. A.¹, Nedbaev, I. S.^{2,3}

¹ Arctic and Antarctic research institute (Saint Petersburg, Russian Federation)

² Saint Petersburg state university (Saint Petersburg, Russian Federation)

³ Saint Petersburg Forestry Research Institute (Saint Petersburg, Russian Federation)

For citing

Shatskova S. A., Nedbaev I. S. Carbon neutrality in the development of forest climate project on the example of Arkhangelsk region. Arctic: Ecology and Economy, 2025, vol. 15, no. 3, pp. 95—102. DOI: 10.25283/2223-4594-2025-3-95-102. (In Russian).

The article was received on March 10, 2025

Abstract

The article examines the possibility of achieving carbon neutrality in the Arkhangelsk region through the implementation of forest climate projects. Key aspects of reforestation and afforestation and their impact on reducing emissions and increasing greenhouse gas absorption are considered. The authors analyze scenarios of baseline, moderate, and maximum carbon absorption, incorporating data on the region's forest resources. The results indicate that complete neutralization of the carbon trail only through forest projects is impossible. A comprehensive approach is required to achieve carbon neutrality, including the introduction of carbon capture technologies and the use of renewable energy sources.

Keywords: carbon neutrality, forest climate projects, afforestation, reforestation, carbon dioxide, Arkhangelsk region.

Information about the authors

Shatskova, Svetlana Alekseevna, Specialist for international relations and science cooperation, Arctic and Antarctic research institute (38A, Bereng St., Saint Petersburg, Russia, 199397), e-mail: sashackova@aari.ru.

Nedbaev, Ivan Sergeevich, PhD of Geography, Senior Lecturer, Saint Petersburg State University, Institute of Earth Science (7/9, Universitetskaya Emb., Saint Petersburg, Russia, 199034); Research officer, Saint Petersburg Forestry Research Institute (21, Institutsky Av., Saint Petersburg, Russia, 194021), e-mail: i.nedbaev@spbu.ru.

© Shatskova S. A., Nedbaev I. S., 2025