

Арктика и Север. 2024. № 56. С. 112–127.

Научная статья

УДК [336.5:504.7](571.1)(045)

DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2024.56.112>

Низкоуглеродное развитие севера Западной Сибири: климатические проекты на основе природных решений

Болдырева Наталья Брониславовна¹, доктор экономических наук, доцент

Решетникова Людмила Геннадьевна²✉, кандидат экономических наук, доцент

Жеребятъева Наталья Владимировна³, кандидат географических наук, доцент

Девятков Антон Павлович⁴, кандидат физико-математических наук, доцент

Овечкин Данила Владимирович⁵, кандидат экономических наук

^{1, 2, 3, 4, 5} Тюменский государственный университет, ул. Володарского, 6, Тюмень, Россия

¹ n.b.boldyreva@utmn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1610-6075>

² reshetnikova-l@yandex.ru ✉, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9208-6005>

³ n.v.zerebyatieva@utmn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9492-1377>

⁴ a.p.devyatkov@utmn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4887-3797>

⁵ d.v.ovechkin@utmn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9356-6254>

Аннотация. Активная антропогенная деятельность является одной из главных причин серьёзных экологических проблем, препятствующих развитию арктической зоны Западной Сибири — важнейшего ресурсного потенциала страны. Одно из направлений экологически ориентированного роста экономики связано с реализацией климатических проектов на основе природных решений. Формирование и развитие секвестрационного бизнеса возможно при наличии условий, обеспечивающих его экономическую эффективность. В статье оцениваются затраты на поглощение 1 т парниковых газов при реализации климатических проектов в условиях северной тайги Западной Сибири. Для достижения цели рассчитаны прогнозные значения депонированного из атмосферы углерода для разных проектных сценариев. Измерен CO₂-эффект и проанализированы затраты на секвестрацию углерода древесно-кустарниковыми сообществами ивы, ольхи и сосны. Наибольшие объёмы поглощения CO₂ и самые низкие затраты на углеродную единицу по модели дисконтирования углерода связаны с монокультурами ольхи. Анализ CO₂-дюрации показывает чувствительность затрат на углеродную единицу климатического проекта на основе монокультур ольхи к изменению ставки дисконтирования. Обоснована безубыточная цена углеродной единицы, что позволяет сравнивать её с рыночной ценой и делать выводы об экономической эффективности климатического проекта по секвестрации углерода. Результаты исследования включают практические рекомендации для принятия решений об инвестировании в климатические проекты, основанные на природе, в целях низкоуглеродного развития севера Западной Сибири. Методические подходы, раскрытые в статье, могут быть использованы в других регионах России.

Ключевые слова: парниковые газы, север Западной Сибири, климатический проект, устойчивое развитие, охрана окружающей среды

* © Болдырева Н.Б., Решетникова Л.Г., Жеребятъева Н.В., Девятков А.П., Овечкин Д.В., 2024

Для цитирования: Болдырева Н.Б., Решетникова Л.Г., Жеребятъева Н.В., Девятков А.П., Овечкин Д.В. Низкоуглеродное развитие севера Западной Сибири: климатические проекты на основе природных решений // Арктика и Север. 2024. № 56. С. 112–127. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2024.56.112>

For citation: Boldyreva N.B., Reshetnikova L.G., Zherebyatyeva N.V., Devyatkov A.P., Ovechkin D.V. Low-Carbon Development of the North of Western Siberia: Climate Projects Based on Natural Solutions. *Arktika i Sever* [Arctic and North], 2024, no. 56, pp. 112–127. DOI: <https://doi.org/10.37482/issn2221-2698.2024.56.112>



Статья опубликована в открытом доступе и распространяется на условиях лицензии [CC BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Благодарности и финансирование

Статья подготовлена при финансовой поддержке Российского научного фонда. Грант № 22-28-02032 «Национальный рынок углеродных единиц в России: организационно-институциональные условия, механизмы и модели ценообразования».

Low-Carbon Development of the North of Western Siberia: Climate Projects Based on Natural Solutions

Natalia B. Boldyreva¹, Dr. Sci. (Econ.), Professor

Ludmila G. Reshetnikova² ✉, Cand. Sci. (Econ.), Associate Professor

Natalia V. Zherebyatyeva³, Cand. Sci. (Geogr.), Associate Professor

Anton P. Devyatkov⁴, Cand. Sci. (Phys.-Math.), Associate Professor

Danila V. Ovechkin⁵, Cand. Sci. (Econ.)

^{1, 2, 3, 4, 5} University of Tyumen, ul. Volodarskogo, 6, Tyumen, Russia

¹ n.b.boldyreva@utmn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1610-6075>

² reshetnikova-l@yandex.ru ✉, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9208-6005>

³ n.v.zerebyatieva@utmn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9492-1377>

⁴ a.p.devyatkov@utmn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4887-3797>

⁵ d.v.ovechkin@utmn.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9356-6254>

Abstract. Active anthropogenic activity is one of the main causes of serious environmental problems that hinder the development of the Arctic zone of Western Siberia — the most important resource potential of the country. The implementation of climate projects based on natural solutions is one of the areas of environmentally oriented economic growth. The formation and development of sequestration business is possible if there are conditions ensuring its economic efficiency. The article estimates the costs of absorbing of 1 ton of greenhouse gases during the implementation of climate projects in the northern taiga of Western Siberia. To achieve the goal, the predicted values of carbon sequestered from the atmosphere were calculated for different project scenarios. The CO₂ effect was measured and the costs of carbon sequestration by tree and shrub communities of willow, alder and pine were analyzed. Alder monocultures showed the largest volumes of CO₂ uptake and the lowest costs per carbon unit according to the carbon discounting model. CO₂ duration analysis shows the sensitivity of the cost per carbon unit of a climate project based on alder monocultures to changes in the discount rate. The break-even price of a carbon unit is substantiated, which allows comparing it with the market price and drawing conclusions about the economic efficiency of the climate project on carbon sequestration. The study results provide practical recommendations for making decisions about investing in nature-based climate projects for low-carbon development in northern Western Siberia. The methodological approaches disclosed in the article can be used in other regions of Russia.

Keywords: *greenhouse gases, north of Western Siberia, climate project, sustainable development, environmental protection*

Введение

Социально-экономическое развитие Российской Федерации напрямую связано с разведкой и разработкой богатейших запасов природных ресурсов арктической зоны страны. Активная антропогенная деятельность является одной из главных причин серьёзных экологических проблем, препятствующих развитию региона¹.

Одной из особенностей арктической зоны Западной Сибири является совместное существование промышленного освоения природных ресурсов и традиционной деятельно-

¹ Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2020 году». URL: <https://2020.ecology-gosdoklad.ru/> (дата обращения: 04.09.2023).

сти коренного населения Крайнего Севера. Производственно-хозяйственная деятельность человека наносит серьёзный ущерб северной природе, в том числе загрязняя атмосферный воздух выбросами парниковых газов, что оказывает влияние на состояние окружающей среды и условия жизни коренных народов Крайнего Севера. Территории с антропогенно изменёнными ландшафтами требуют осуществления мероприятий не только по сохранению экосистем, но и по восстановлению их природного состояния, что предполагает комплекс соответствующих инвестиционных мероприятий². Федеральная научно-техническая программа в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021–2030 годы³ предусматривает в том числе разработку и апробацию методики научно обоснованного определения эффективных технологий поглощения парниковых газов. В этих условиях экосистема севера Западной Сибири представляет большой интерес с точки зрения исследования эффективности деятельности по секвестрации углерода с целью устойчивого развития экономики при снижении выбросов парниковых газов и охраны окружающей среды в целом.

Федеральные законы⁴ заложили основы для формирования в России нового секвестрационного бизнеса и рынка углеродных единиц. В основе бизнеса по секвестрации углерода лежит климатический проект (далее — КП). Согласно ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов», климатический проект представляет собой «комплекс мероприятий, обеспечивающих сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов (далее — ПГ) или увеличение их поглощения». При этом КП должен отвечать совокупности критериев⁵. Одним из критериев выступает дополнительность. Учёт данного критерия позволяет определить КП как совокупность специальных, дополнительных мероприятий, выполнение которых приводит к сокращению выбросов или увеличению поглощения ПГ в результате изменения условий базового сценария (базовой линии). Россия имеет высокий потенциал реализации климатических проектов в области решений, основанных на природе, в том числе по

² «Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу» (утв. Президентом РФ 18.09.2008 № Пр-1969). Компьютерная справочная правовая система КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_119442/ (дата обращения: 04.09.2023).

³ Постановление Правительства РФ от 08.02.2022 № 133 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы в области экологического развития Российской Федерации и климатических изменений на 2021 — 2030 годы». Компьютерная справочная правовая система КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_409370/ (дата обращения: 04.09.2023).

⁴ Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» от 02.07.2021 № 296-ФЗ. Компьютерная справочная правовая система КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/ (дата обращения: 04.09.2023); Федеральный закон «О проведении эксперимента по ограничению выбросов парниковых газов в отдельных субъектах Российской Федерации» от 06.03.2022 № 34-ФЗ. Компьютерная справочная правовая система КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_411051/ (дата обращения: 04.09.2023).

⁵ Приказ Минэкономразвития России от 11.05.2022 г. № 248 «Об утверждении критериев и порядка отнесения проектов, реализуемых юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями или физическими лицами, к климатическим проектам, формы и порядка представления отчета о реализации климатического проекта (Зарегистрировано в Минюсте России 30.05.2022 № 68642). Компьютерная справочная правовая система КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_418257/ (дата обращения: 04.09.2023).

лесоразведению и лесовосстановлению [1, Битва за климат...]. В центре нашего внимания КП по секвестрации углерода древесно-кустарниковыми сообществами в условиях северной тайги Западной Сибири.

Формирование и развитие секвестрационного бизнеса возможно при наличии условий, обеспечивающих его экономическую эффективность. Активный интерес к экономике секвестрации углерода зарубежные исследователи проявили ещё в конце XX в. Зарубежными авторами опубликовано множество исследований поглощающей способности различных экосистем, в том числе арктических. Так, Fisher J. B. et al [2] отмечают, что арктические территории (Арктическая Аляска) отличаются повышенной неопределённостью углеродного цикла. Вполне вероятно, что это может затруднить экономическую оценку секвестрации углерода. Большое количество зарубежных исследований, в том числе имеющих обзорный характер, посвящено экономике лесопользования для депонирования углерода [3, Richards K.R., Stokes C.; 4, Boyland M.; 5, Rubin E.S., Davison J.E., Herzog H.J.; 6, Baker E.D., Khatami S.N.; 7, Friedmann S.J., Zhiyuan F., Zachary B.; 8, Lehtveer M., Emanuelsson A.; 9 Mei B., Clutter M.L. и др.]. Некоторые авторы исследовали транзакционные издержки проектов связывания углерода [10, McCann L., Colby B., Easter K.W.; 11, Antinori C., Sathaye J.; 12, Ruseva T.B.].

В целом в основе оценки экономической эффективности секвестрации углерода на основе природных решений лежат классические подходы, принятые в инвестиционном анализе. Применение данных подходов требует учёта специфики климатического проекта, основанного на природе (предмета КП), что осуществляется авторами по-разному. Обзор литературы по экономике секвестрации углерода на основе природных решений показал неоднозначность результатов. Сопоставимость результатов исследований осложнена терминологической неопределённостью, географическим охватом, системой допущений, уровнем детализации затрат и выгод и др. В исследованиях для оценки потока связанного углерода использовались разные компоненты экосистемы, разные уровни и формы выхода углерода.

В последнее время наблюдается растущий интерес к таким исследованиям в приложении к экосистемам России [13, Морковина С.С., Панявина Е.А., Зиновьева И.С.; 14, Назаренко А.Е., Красноярова Б.А.; 15, Крук М.Н., Корельский Д.С.; 16, Коротков В.Н.; 17, Фоменко М.А., Лошадкин К.А., Климов Е.В. и др.]. Однако экономические аспекты секвестрации углерода природными экосистемами России исследованы недостаточно.

Главный вопрос при реализации КП по секвестрации углерода связан с оценкой затрат на депонирование (связывание и накопление) 1 т CO₂, что соответствует безубыточной цене углеродной единицы (далее — УЕ). В статье оцениваются затраты на поглощение 1 т CO₂ при реализации КП в условиях северной тайги — южной границы арктической экосистемы Западной Сибири. Мы берём за основу общепринятый подход к определению затрат на депонирование 1 т CO₂ как отношения общих затрат на секвестрацию к количеству депонированного ПГ. Для достижения цели мы решаем следующие задачи:

- оцениваем депонированный из атмосферы углерод, сравнивая проектные сценарии для разных видов насаждений — ивы, ольхи и сосны;
- определяем поток затрат на депонирование ПГ древесно-кустарниковыми сообществами в условиях северной тайги;
- оцениваем затраты на одну УЕ и их чувствительность к изменению ставки дисконтирования.

Материалы и методы

Для оценки депонированного из атмосферы углерода в результате реализации КП по созданию древесно-кустарниковых плантаций на песчаных сухоройных карьерах в северной тайге Западной Сибири первоначально были рассчитаны прогнозные данные о динамике составляющих углеродного баланса, формируемого древесно-кустарниковыми насаждениями, характерными для северной тайги и отличающимися наиболее быстрым ростом, — ивой, ольхой и сосной.

Согласно исследованиям по структуре наземной фитомассы тундровой и лесотундровой зон Западной Сибири, наибольший запас фитомассы характерен для ольховых кустарниковых тундр $5\ 583\ \text{г/м}^2$. Высота кустарников может достигать 2–2,5 м, плотность насаждений не способствует развитию напочвенного покрова. Второе место по распространению и запасам фитомассы занимают сообщества ивовой формации — до $4\ 635\ \text{г/м}^2$ [18, Сорочинская Д.А., Леонова Н.Б.]. Сосна оценивается исследователями как наиболее продуктивная порода на песчаных почвах таёжной зоны. Это позволяет выделить три КП для одной природной зоны — северная тайга Западной Сибири, но с различными древесно-кустарниковыми насаждениями. Опубликованные данные хода роста и динамики биологической продуктивности древостоев разного возраста [19, Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г., Нельсон С.] показывают, что в среднем продуктивность данных пород начинает снижаться в разном возрасте: ивы — на 15–20-й год, ольхи — на 20–25-й год и сосны — на 45–50-й год, что должно отразиться и на интенсивности поглощения углерода фитомассой растений. Это определило период прогнозирования, составивший 20 лет для ивы, 25 лет для ольхи, 50 лет для сосны с условного момента высадки древесно-кустарниковых насаждений.

Для выявления наиболее эффективного по секвестрационному потенциалу породного состава с помощью прогнозных моделей для расчёта поглощения углерода древесно-кустарниковыми насаждениями, создаваемыми в результате проектной деятельности по созданию древесно-кустарниковых плантаций [20, Замолотчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н.], были рассчитаны данные по поглощению углерода (показатели способности различных насаждений поглощать атмосферный углерод) с шагом в один год для ивы, ольхи и сосны в условиях северной тайги. Все данные подбирались по таблицам для зоны редколесий и разреженных древостоев Западной Сибири самого северного экорегиона, для которого опубли-

кованы таблицы⁶. При выборе таблиц для внесения данных в модель учитывались преобладающий бонитет лесонасаждений, тип почв и преобладающая полнота древостоя на территории предполагаемого КП по созданию древесно-кустарниковых плантаций. При прогнозировании углеродного баланса приняты во внимание также дыхание почвы, выбросы ПГ в процессе работы машин и оборудования. Базовая линия была построена на основании данных экосистемного баланса чистых песков на песчаных раздувах в районе г. Надыма 2022 г. по фондовым материалам НИИ экологии и рационального использования природных ресурсов ТюмГУ.

Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» определяет результат КП как увеличение поглощения ПГ в результате его реализации. Для оценки результата мы рассчитываем углеродный баланс «с проектом» (CB_t) и углеродный баланс «без проекта» (базовая линия) (CB_0). Оценка КП по секвестрации углерода древесно-кустарниковыми сообществами производится сопоставлением ситуаций «с проектом» и «без проекта».

Мы вводим понятие «CO₂-эффект». CO₂-эффект за t -й год, достигнутый благодаря реализации проекта (т/га), (Y_t) рассчитывается по следующей формуле:

$$Y_t = CB_t - CB_0 \quad (1)$$

Депонированный CO₂ переводится в УЕ по правилу: 1 тонна CO₂ = 1 УЕ. При этом углеродные единицы образуются при условии положительного значения CO₂-эффекта, т. е. формально:

$$Y_t = \max(Y_t; 0) \quad (2)$$

Затраты на реализацию КП по созданию лесных плантаций для депонирования углерода зависят от конкретных условий [13, Морковина С.С., Панявина Е.А., Зиновьева И.С.]: срок эксплуатации, основная древесная порода, технология создания. С точки зрения цели исследования принципиальное значение имеет перечень статей единовременных затрат и текущих расходов на осуществление деятельности углеродной плантации. К единовременным затратам относят приобретение лабораторного и испытательного оборудования, проведение работ по обустройству плантации и лесохозяйственных работ по созданию углеродной плантации с учётом породного состава. Текущие расходы на осуществление деятельности углеродной плантации включают затраты на сырьё и материалы, оплату труда персонала, начисления на оплату труда, расходы на содержание и эксплуатацию оборудования. *Отличительной особенностью рассматриваемых в статье КП по созданию древесно-кустарниковых плантаций на песчаных сухоройных карьерах в северной тайге Западной Сибири является обязательное наличие затрат на рекультивацию (техническую и биологическую) земель, которые носят единовременный характер. С КП связаны также тран-*

⁶ Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н. Расчет поглощения углерода лесными насаждениями, создаваемыми в результате проектной деятельности по облесению и лесовосстановлению. Программное обеспечение. Версия 1.0, ЦЭПЛ РАН, 2009.

сакционные затраты, формируемые заинтересованными сторонами [21, Болдырева Н.Б., Решетникова Л.Г.].

Наиболее распространёнными моделями оценки затрат на УЕ, рассматриваемыми в литературе, являются модель суммирования потоков и модель дисконтирования углерода [22, Pearson T.R.H., Brown S., Sohngen B. et al.]. Обе модели предполагают деление дисконтированных затрат на общее количество УЕ. Принципиальное отличие моделей связано со знаменателем. Суммирование потоков — простейший метод оценки затрат на УЕ — делит дисконтированные затраты на общее количество УЕ:

$$CC_s = \frac{DC}{\sum_{t=0}^n Y_t} \quad (3)$$

где CC_s — затраты на УЕ методом суммирования потоков; DC — дисконтированные затраты; Y_t — количество тонн CO_2 , поглощённых за t -й год; n — планируемый период секвестрации CO_2 .

Модель дисконтирования углерода делит дисконтированные затраты на приведенную сумму углеродных единиц:

$$CC_d = \frac{DC}{DY} = \frac{DC}{\sum_{t=0}^n \frac{Y_t}{(1+r)^t}} \quad (4)$$

где CC_d — затраты на УЕ методом дисконтирования углерода; DY — дисконтированный углерод; r — ставка дисконтирования.

Существует два аргумента для обоснования концепции дисконтирования углерода:

1) сегодняшний поглощённый CO_2 ценнее будущего поглощённого CO_2 . При одинаковой ценности сегодняшнего и будущего депонированного углерода экономически целесообразно отложить действие на неопределённый срок, чтобы избежать затрат на реализацию КП;

2) с точки зрения бизнеса ценность имеет не сам поглощённый углерод, а возможность его монетизации через трансформацию депонированного CO_2 в УЕ. Если CO_2 продаётся в виде УЕ по мере поглощения, то в расчётах он участвует в денежном эквиваленте.

В целом оценка приведённой величины затрат на УЕ в условиях разных КП позволяет сравнивать их между собой и выбирать наиболее экономичный вариант. Для экономического анализа тонны поглощённого CO_2 (углеродные единицы) дисконтируются, также как дисконтируются денежные платежи. Мы рассматриваем одинаковые ставки дисконтирования как для затрат, так и для углерода. Оценка затрат на УЕ для конкретного КП по модели (3) всегда будет давать меньший результат, чем оценка по модели (4) при прочих равных условиях. Разница в результатах оценки зависит от ставки дисконтирования. При нулевом значении ставки дисконтирования модель дисконтирования углерода трансформируется в модель суммирования потоков.

Существуют различные подходы к обоснованию ставки дисконтирования: на основе альтернативных затрат, инвестиционный, на основе стоимости капитала, социальный и др. При инвестиционном подходе ставка дисконтирования представляет собой норму прибыли

на инвестиции, требуемую инвестором [23, Arrow K., Cropper M., Gollier C. et al.; 24, Камнев И.М.].

Отличительной особенностью КП является длительный жизненный цикл. Поэтому мы предполагаем, что в моделях (3) и (4) затраты будут расти ежегодно с постоянным темпом прироста. Дисконтирование ежегодных затрат производится по номинальной ставке (включающей инфляционную премию):

$$DC = \sum_{t=0}^n \frac{C_t \cdot (1+\tau)^t}{(1+r)^t}, \quad (5)$$

где C_t — затраты на реализацию КП в t -том году;

τ — годовой темп прироста затрат.

Для моделирования влияния ставки дисконтирования на затраты на УЕ мы используем дюрацию (от англ. duration — продолжительность), которая представляет собой средний срок приведённого потока платежей [25, Macaulay F.R.]. Это период времени до момента полного возврата инвестиций, а также мера процентного риска. В приложении к цели исследования мы используем термин «СО2-дюрация», который представляет собой средний срок достижения безубыточной цены УЕ и позволяет оценить степень зависимости затрат на УЕ от изменения ставки дисконтирования. Чем больше дюрация, тем значительнее изменения затрат на УЕ при изменении процентной ставки, то есть тем выше процентный риск. В целом, СО2-дюрация характеризует:

- чувствительность затрат на УЕ к изменению ставки дисконтирования;
- риски, связанные с секвестрацией углерода. Чем меньше СО2-дюрация, тем быстрее достигается безубыточная цена УЕ, и тем меньше риск неполучения доходов от КП.

Для моделирования влияния ставки дисконтирования на затраты на УЕ, рассчитанные по моделям (3) и (4), найдем модифицированную СО2-дюрацию для моделей (3) и (4):

$$\frac{dCC_d/CC_d}{dr} = \frac{d \ln CC_d}{dr} = -\frac{1}{DC} \sum_{t=0}^n \frac{t \cdot C_t}{(1+r)^{t+1}} + \frac{1}{DY} \sum_{t=0}^n \frac{t \cdot Y_t}{(1+r)^{t+1}} \quad (6)$$

$$\frac{dCC_s/CC_s}{dr} = \frac{d \ln CC_s}{dr} = -\frac{1}{DC} \sum_{t=0}^n \frac{t \cdot C_t}{(1+r)^{t+1}} \quad (7)$$

Мы также моделируем влияние ставки дисконтирования на отношение (λ) затрат на УЕ по модели (3) к затратам на УЕ по модели (4):

$$\lambda = \frac{CC_d}{CC_s} = \frac{\sum_{t=0}^n Y_t}{\sum_{t=0}^n \frac{Y_t}{(1+r)^t}} \quad (8)$$

$$\frac{d\lambda/\lambda}{dr} = \frac{d \ln \frac{CC_d}{CC_s}}{dr} = \frac{d \ln CC_d}{dr} - \frac{d \ln CC_s}{dr} = \frac{1}{DY} \sum_{t=0}^n \frac{t \cdot Y_t}{(1+r)^{t+1}} \quad (9)$$

В целом формулы (6) и (7) показывают чувствительность затрат на УЕ к изменению ставки дисконтирования на 1% при использовании моделей (3) и (4) соответственно. Форму-

ла (9) позволяет оценить, во сколько раз изменятся затраты на УЕ по модели (4) по сравнению с изменением затрат на УЕ по модели (3) при изменении ставки дисконтирования на 1%.

Результаты исследований

Смоделированы КП в условиях северной тайги Западной Сибири. Рассматриваются три проектных сценария:

1. КП поглощения CO₂ монокультурами ивы;
2. КП поглощения CO₂ монокультурами ольхи;
3. КП поглощения CO₂ монокультурами сосны.

Во всех сценариях уровень поглощения CO₂ оценивается за вычетом выбросов ПГ от использованных машин и механизмов, а также эмиссии углерода почвой. Расчёты оценочных показателей выполнены для разных периодов в зависимости от видов насаждений — 20 лет для ивы, 25 лет для ольхи, 50 лет для сосны. Ставка дисконтирования равна 15% — норма прибыли, требуемая инвестором. Вторичные выгоды не учитываются.

CO₂-эффект при различных проектных сценариях представлен на рис. 1.

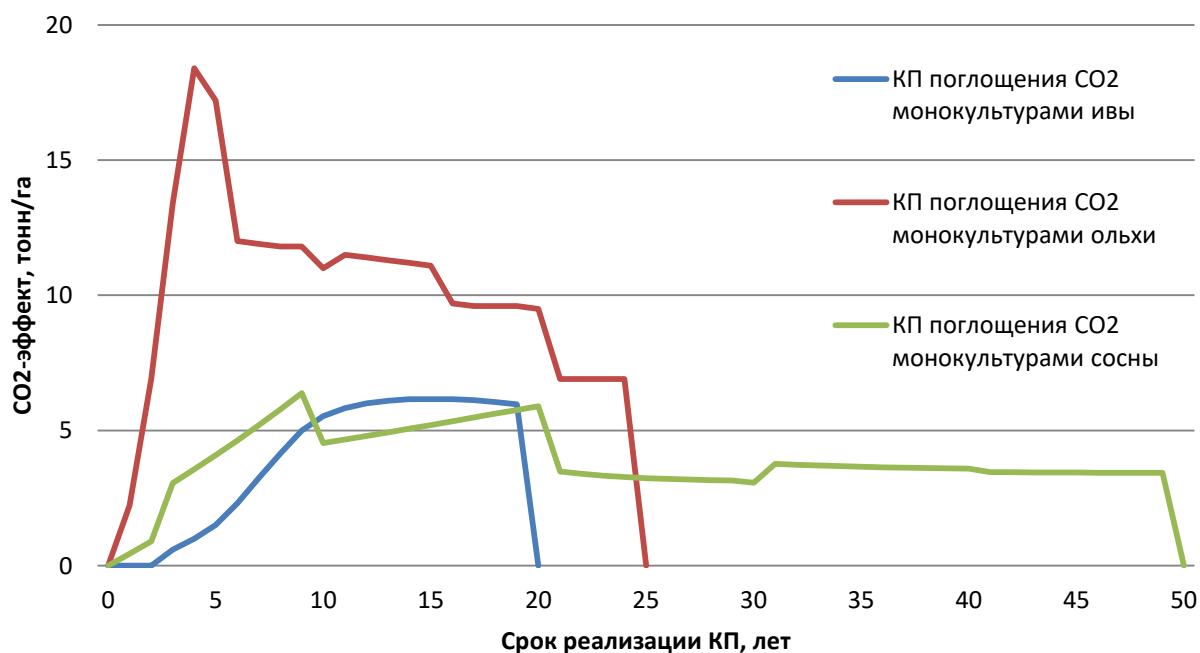


Рис. 1. CO₂-эффект при разных сценариях КП по созданию древесно-кустарниковой плантации в условиях северной тайги ⁷.

На рис. 1 видно, что CO₂-эффекты в условиях северной тайги различны для разных насаждений. Наибольшие объёмы поглощения демонстрируют монокультуры ольхи.

Для оценки КП учитываются только предстоящие затраты. Исходя из особенностей КП и длительного срока его реализации, имеет значение разделение затрат на единовремен-

⁷ Источник: расчёты авторов.

ные и текущие. Единовременные затраты на реализацию КП в начале его жизненного цикла предполагают затраты на техническую рекультивацию земли и биологическую рекультивацию. Для технической рекультивации земли предусматриваются затраты на машины и механизмы, а также оплату труда при планировке откосов и полотна и при планировке площадей механизированным способом. Для биологической рекультивации предусматриваются затраты на дискование целинных и залежных земель на лёгких и средних почвах, культивацию почвы с одновременным боронованием, внесением с механизированной загрузкой и разбрасыванием органических и минеральных удобрений, высадку соответствующих культур (ольха, ива, сосна), посев многолетних трав и прикатывание посевов. Затраты на материалы включают приобретение органических и минеральных удобрений, посадочного материала соответствующих культур и смесей семян газонных трав, а также затраты на их доставку.

Текущие ежегодные затраты на обслуживание (мониторинг) плантации, включающие замеры CO₂, посадку саженцев при избыточном изреживании и подсев многолетних трав, осуществляются на протяжении первых 15 лет жизненного цикла КП. Мы предполагаем, что текущие затраты растут с постоянным темпом прироста 4% в год (таргет Банка России по инфляции). Транзакционные затраты и налоги не принимаются во внимание. Мы прогнозируем затраты, связанные с реализацией КП, используя оценки экспертов в данной области (табл. 1).

Таблица 1

Затраты на реализацию КП по созданию древесно-кустарниковой плантации в условиях северной тайги при разных проектных сценариях, тыс. руб./га

Год	Культуры ивы		Культуры ольхи		Культуры сосны	
	Единовременные затраты	Текущие затраты	Единовременные затраты	Текущие затраты	Единовременные затраты	Текущие затраты
0	233 282	-	233 282	-	155 345	-
1	-	6 398	-	6 398	-	7 094
2	-	6 654	-	6 654	-	7 378
3	-	6 920	-	6 920	-	7 673
4	-	7 197	-	7 197	-	7 980
5	-	7 485	-	7 485	-	8 299
6	-	7 784	-	7 784	-	8 631
7	-	8 096	-	8 096	-	8 976
8	-	8 419	-	8 419	-	9 335
9	-	8 756	-	8 756	-	9 708
10	-	9 106	-	9 106	-	10 097
11	-	9 471	-	9 471	-	10 501
12	-	9 850	-	9 850	-	10 921
13	-	10 244	-	10 244	-	11 357
14	-	10 653	-	10 653	-	11 812
15	-	11 079	-	11 079	-	12 284

Затраты на реализацию КП зависят от проектного сценария. При реализации КП поглощения CO₂ монокультурами сосны единовременные затраты меньше на треть, тогда как текущие затраты больше на 10% по сравнению с КП поглощения CO₂ монокультурами ольхи или ивы. Единовременные и текущие затраты на реализацию КП поглощения CO₂ монокультурами ольхи и ивы находятся на одном уровне.

Результаты оценки затрат на УЕ при ставке дисконтирования 15% годовых представлены в табл. 2.

Таблица 2

Затраты на УЕ при реализации КП по созданию древесно-кустарниковых плантаций в условиях северной тайги

Модель оценки затрат	Приведённая стоимость всех затрат, тыс. руб./га	Количество УЕ	Дисконтированное количество УЕ	Затраты на УЕ, тыс. руб.
Монокультуры ивы				
Модель суммирования потоков (3)	278,573	77,90	-	3,576
Модель дисконтирования углерода (4)	278,573	-	15,21	18,315
Монокультуры ольхи				
Модель суммирования потоков (3)	278,573	248,76	-	1,120
Модель дисконтирования углерода (4)	278,573	-	69,21	4,025
Монокультуры сосны				
Модель суммирования потоков (3)	205,561	193,95	-	1,060
Модель дисконтирования углерода (4)	205,561	-	23,64	8,695

Из табл. 2 видно, что затраты на УЕ по модели дисконтирования углерода (4) превышают затраты на УЕ по модели суммирования потоков (3) от 3,6 до 8,2 раз в зависимости от культуры. Самые низкие затраты на УЕ по модели суммирования потоков получаем при реализации КП поглощения CO₂ монокультурами сосны — 1,060 тыс. руб. Затраты на УЕ при реализации КП поглощения CO₂ монокультурами ольхи незначительно (на 60 руб.) превышают этот показатель. Одновременно монокультуры ольхи показывают самые низкие затраты на УЕ по модели дисконтирования углерода — 4,025 тыс. руб. Затраты на УЕ при поглощении CO₂ монокультурами сосны по модели дисконтирования углерода в 2,2 раза превышают затраты для монокультур ольхи. Самые высокие затраты на УЕ получаем при реализации КП поглощения CO₂ монокультурами ивы 3,576 и 18,315 тыс. руб. в зависимости от модели оценки затрат.

Влияние увеличения ставки дисконтирования с 15% до 16% на затраты на УЕ, рассчитанные по рассмотренным моделям, показано в табл. 3.

Таблица 3

Изменение затрат на УЕ при увеличении ставки дисконтирования на 1% при использовании разных моделей оценки, тыс. руб.

Модель оценки затрат	Монокультуры ивы	Монокультуры ольхи	Монокультуры сосны
Модель суммирования	-0,875	-1,999	-1,315

ния потоков			
Модель дисконтирования углерода	+8,256	+7,305	+6,931

Из табл. 3 следует, что монокультуры ольхи имеют наибольшую чувствительность затрат на УЕ, рассчитанных по модели суммирования потоков, к изменению ставки дисконтирования, а монокультуры ивы — наименьшую. Наибольшую чувствительность затрат на УЕ, рассчитанных по модели дисконтирования углерода, к изменению ставки дисконтирования демонстрируют монокультуры ивы, а наименьшую — монокультуры сосны. КП на основе монокультур ольхи занимает промежуточное положение по чувствительности затрат на УЕ, рассчитанных по модели дисконтирования углерода, к изменению ставки дисконтирования в сравнении с КП с альтернативными монокультурами.

На рис. 2 показано влияние ставки дисконтирования на затраты на УЕ, рассчитанные по рассмотренным моделям, для монокультур ольхи.

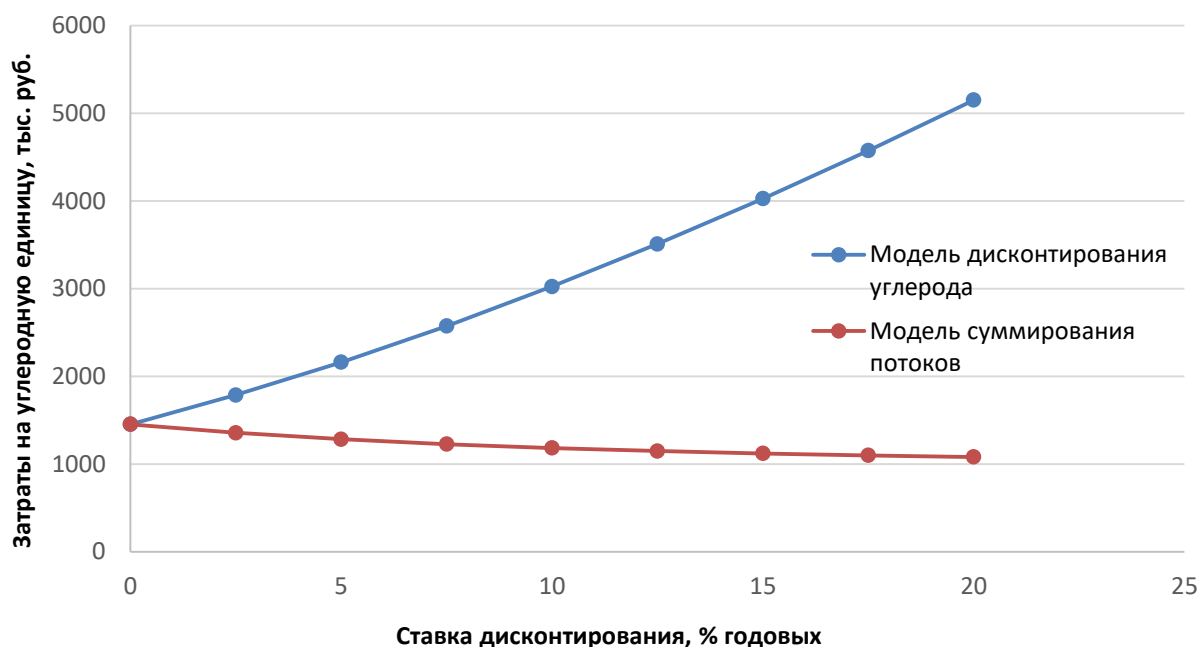


Рис. 2. Влияние ставки дисконтирования на затраты на УЕ для монокультур ольхи по моделям дисконтирования углерода и суммирования потоков, тыс. руб.⁸

Рис. 2 показывает, что с увеличением ставки дисконтирования затраты на УЕ по модели дисконтирования углерода растут, а по модели суммирования потоков снижаются. Другими словами, увеличение нормы прибыли на инвестиции, требуемой инвестором, приводит к снижению затрат на УЕ по модели суммирования потоков, что лишено экономического смысла.

Заключение

Территории с антропогенно изменёнными ландшафтами требуют осуществления мероприятий не только по сохранению экосистем, но и по восстановлению их природного со-

⁸ Источник: расчёты авторов.

стояния, что предполагает проведение соответствующих инвестиционных мероприятий. Такие мероприятия связаны с реализацией климатических проектов. Важным этапом реализации климатического проекта выступает оценка его экономической эффективности. Главный вопрос при реализации КП по секвестрации углерода связан с оценкой затрат на депонирование 1 т CO₂, что соответствует безубыточной цене углеродной единицы. В статье оценены затраты на поглощение 1 т CO₂ при реализации КП в условиях северной тайги Западной Сибири. На величину затрат на УЕ влияют различные факторы. Первооснова связана с динамикой секвестрации углерода (реализацией углерод-депонирующей функции лесными экосистемами северной тайги). В результате проведённого исследования установлено, что в условиях северной тайги Западной Сибири монокультуры ольхи показывают лучшие результаты по поглощению CO₂.

Выбор модели оценки затрат на УЕ также оказывает влияние на результаты расчетов, которые при прочих равных условиях зависят от принятой ставки дисконтирования. Модель дисконтирования углерода приводит к удорожанию проекта. По нашему мнению, принимая во внимание длительный срок реализации КП, эта модель отражает реальное положение дел более адекватно. Затраты на УЕ по модели дисконтирования углерода для монокультур ольхи составили 4,025 тыс. руб., что более чем в 2–4 раза меньше аналогичного показателя для альтернативных монокультур. Этот результат показывает безубыточную цену УЕ, позволяет сравнивать её с рыночной ценой УЕ и делать выводы об экономической эффективности климатического проекта по *созданию древесно-кустарниковых плантаций*. Анализ чувствительности затрат на УЕ к изменению ставки дисконтирования на основе CO₂-дюрации показывает чувствительность экономической эффективности КП на основе монокультур ольхи к процентному риску. КП на основе монокультур ольхи занимает промежуточное положение по чувствительности затрат на УЕ, рассчитанных по модели дисконтирования углерода, к изменению ставки дисконтирования в сравнении с альтернативными КП.

В целом результаты исследования дают практические рекомендации для принятия решений об инвестировании в климатические проекты, основанные на природе, в целях низкоуглеродного развития севера Западной Сибири. Методические подходы, раскрытые в статье, могут быть использованы в других регионах России.

Список источников

1. Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России: экспертный доклад / Под ред. А.Ю. Иванова, Н.Д. Дурманова. Москва: Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Тюменский государственный университет, 2021. 120 с.
2. Fisher J.B., Sikka M., Oechel W.C. et al. Carbon cycle uncertainty in the Alaskan Arctic // *Biogeosciences*. 2014. Vol. 11 (15). Pp. 4271–4288. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-11-4271-2014>
3. Richards K.R., Stokes C. A Review of Forest Carbon Sequestration Cost Studies: A Dozen Years of Research // *Climatic Change*. 2004. Vol. 63 (1). Pp. 1–48. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:CLIM.0000018503.10080.89>
4. Boyland M. The economics of using forests to increase carbon storage // *Canadian Journal of Forest Research*. 2006. Vol. 36 (9). Pp. 2223–2234. DOI: <https://doi.org/10.1139/x06-094>

5. Rubin E.S., Davison J.E., Herzog H.J. The cost of CO₂ capture and storage. *International // Journal of Greenhouse Gas Control*. 2015. Vol. 40. Pp. 378–400. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.05.018>
6. Baker E.D., Khatami S.N. The levelized cost of carbon: a practical, if imperfect, method to compare CO₂ abatement projects // *Climate Policy*. 2019. Vol. 19 (9). Pp. 1132–1143. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1634508>
7. Friedmann S.J., Fan Z., Byrum Z., Ochu E., Bhardwaj A., Sheerazi H. Levelized cost of carbon abatement: an improved cost-assessment methodology for a net-zero emissions world. New York: Columbia University CGEP, 2020. 98 p.
8. Lehtveer M., Emanuelsson A. BECCS and DACCS as negative emission providers in an intermittent electricity system: why levelized cost of carbon may be a misleading measure for policy decisions // *Frontiers in Climate*. 2021. Vol. 3. Pp. 647276. DOI: <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.647276>
9. Mei B., Clutter M.L. Benefit-cost analysis of forest carbon for landowners: An illustration based on a southern pine plantation // *Frontiers in Forests and Global Change*. 2022. Vol. 5. Pp. 931504. DOI: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.931504>
10. McCann L., Colby B., Easter K.W., Kasterine A., Kuperan K. Transaction cost measurement for evaluating environmental policies // *Ecological Economics*. 2005. Vol. 52. Pp. 527–542. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.08.002>
11. Antinori C., Sathaye J. Assessing transaction costs of project-based greenhouse gas emissions trading. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2007. 134 p.
12. Ruseva T.B. The governance of forest carbon in a subnational climate mitigation system: insights from a network of action situations approach // *Sustainability Science*. 2023. Vol. 18 (1). Pp. 59–78. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01262-4>
13. Морковина С.С., Панявина Е.А., Зиновьева И.С. Управление реализацией лесоклиматических проектов в РФ: перспективы и риски // *Международный журнал. Естественно-гуманитарные исследования*. 2022. № 40 (2). С. 198–203.
14. Назаренко А.Е., Красноярова Б.А. Стоимостная оценка экосистемных услуг по депонированию углерода экосистемами Алтайского края как составляющая перехода к устойчивому развитию // *Геополитика и экогеодинамика регионов*. 2018. № 4 (14). Вып. 3. С. 89–99.
15. Крук М.Н., Корельский Д.С. Критерии оценки и выбора природоохранных проектов секвестрации // *Российский экономический интернет-журнал*. 2019. № 4. 83 с.
16. Коротков В.Н. Лесные климатические проекты в России: ограничения и возможности // *Russian Journal of Ecosystem Ecology*. 2022. № 7 (4). С. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2022-4-3>
17. Фоменко М.А., Лошадкин К.А., Климов Е.В. и др. Лесные климатические проекты: возможности и проблемы реализации ESG-подхода. Часть 1. С. 91–106. DOI: <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2022-2-91-106>
18. Сорочинская Д.А., Леонова Н.Б. Структура и распределение надземной фитомассы тундровых сообществ Западной Сибири // *Экосистемы: экология и динамика*. 2020. Т. 4. № 3. С. 5–33. DOI: <https://doi.org/10.24411/2542-2006-2020-10063>
19. Швиденко А.З., Щепаченко Д.Г., Нельсон С., Булуйс Ю.И. Таблицы и модели хода роста и продуктивности насаждений основных лесобразующих пород Северной Евразии. Нормативно-справочные материалы. Москва, 2008. 883 с.
20. Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Краев Г.Н. Региональная оценка бюджета углерода лесов (РОБУЛ). Версия 1.1. Москва: ЦЭПЛ РАН, 2011.
21. Болдырева Н.Б., Решетникова Л.Г. Климатический проект по секвестрации углерода: заинтересованные стороны и риски. Роль управления рисками и страхования в обеспечении устойчивости общества и экономики: сборник трудов XXIV Международной научно-практической конференции (г. Москва, 1 июня 2023 г.). Москва: Издательство Московского университета, 2023. С. 158–163.
22. Pearson T.R.H., Brown S., Sohngen B. et al. Transaction costs for carbon sequestration projects in the tropical forest sector // *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 2013. Vol. 19. Pp. 1209–1222. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9469-8>

23. Arrow K., Cropper M., Gollier C. et al. Determining Benefits and Costs for Future Generations // *Science*. 2013. Vol. 341 (6144). Pp. 349–350. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1235665>
24. Камнев И.М. Концептуальные подходы к обоснованию ставки дисконтирования // *Финансовая аналитика: проблемы и решения*. 2012. № 20. С. 8–16.
25. Macaulay F.R. *Some Theoretical Problems Suggested by the Movements of Interest Rates, Bond Yields and Stock Prices in the United States since 1856*. New York: National Bureau of Economic Research, 1938. 591 p.

References

1. Ivanov A.Yu., Durmanov N.D. *Bitva za klimat: karbonovoe zemledelie kak stavka Rossii: ekspertnyy doklad* [The Battle for Climate: Carbon Farming as Russia's Stake: Expert Report]. Moscow, HSE University Publ., UTMN Publ., 2021, 120 p. (In Russ.)
2. Fisher J.B., Sikka M., Oechel W.C., et al. Carbon Cycle Uncertainty in the Alaskan Arctic. *Biogeosciences*, 2014, vol. 11 (15), pp. 4271–4288. DOI: <https://doi.org/10.5194/bg-11-4271-2014>
3. Richards K.R., Stokes C. A Review of Forest Carbon Sequestration Cost Studies: A Dozen Years of Research. *Climatic Change*, 2004, vol. 63 (1), pp. 1–48. DOI: <https://doi.org/10.1023/B:CLIM.0000018503.10080.89>
4. Boyland M. The Economics of Using Forests to Increase Carbon Storage. *Canadian Journal of Forest Research*, 2006, vol. 36 (9), pp. 2223–2234. DOI: <https://doi.org/10.1139/x06-094>
5. Rubin E.S., Davison J.E., Herzog H.J. The Cost of CO₂ Capture and Storage. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 2015, vol. 40, pp. 378–400. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijggc.2015.05.018>
6. Baker E.D., Khatami S.N. The Levelized Cost of Carbon: A Practical, if Imperfect, Method to Compare CO₂ Abatement Projects. *Climate Policy*, 2019, vol. 19 (9), pp. 1132–1143. DOI: <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1634508>
7. Friedmann S.J., Fan Z., Byrum Z., Ochu E., Bhardwaj A., Sheerazi H. *Levelized Cost of Carbon Abatement: An Improved Cost-Assessment Methodology for a Net-Zero Emissions World*. New York, Columbia University CGEP, 2020, 98 p.
8. Lehtveer M., Emanuelsson A. BECCS and DACCS as Negative Emission Providers in an Intermittent Electricity System: Why Levelized Cost of Carbon May be a Misleading Measure for Policy Decisions. *Frontiers in Climate*, 2021, vol. 3, pp. 647276. DOI: <https://doi.org/10.3389/fclim.2021.647276>
9. Mei B., Clutter M.L. Benefit-Cost Analysis of Forest Carbon for Landowners: An Illustration Based on a Southern Pine Plantation. *Frontiers in Forests and Global Change*, 2022, vol. 5, pp. 931504. DOI: <https://doi.org/10.3389/ffgc.2022.931504>
10. McCann L., Colby B., Easter K.W., Kasterine A., Kuperan K. Transaction Cost Measurement for Evaluating Environmental Policies. *Ecological Economics*, 2005, vol. 52, pp. 527–542. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.08.002>
11. Antinori C., Sathaye J. *Assessing Transaction Costs of Project-Based Greenhouse Gas Emissions Trading*. Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, 2007, 134 p.
12. Ruseva T.B. The Governance of Forest Carbon in a Subnational Climate Mitigation System: Insights from a Network of Action Situations Approach. *Sustainability Science*, 2023, vol. 18 (1), pp. 59–78. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11625-022-01262-4>
13. Morkovina S.S., Panyavina E.A., Zinovyeva I.S. Management of the Implementation of Forest-Climate Projects in the Russian Federation: Prospects and Risks. *Natural-Humanitarian Studies*, 2022, no. 40 (2), pp. 198–203.
14. Nazarenko A.E., Krasnoyarova B.A. Cost Evaluation of Ecosystem Services for Carbon Sequestration by Altai Krai Ecosystems as a Component of Transition to Sustainable Development. *Geopolitics and Ecogeodynamics of Regions*, 2018, no. 4 (14), iss. 3, pp. 89–99.
15. Kruk M.N., Korelskiy D.S. Criteria for the Evaluation and Selection of Environmental Sequestration Projects. *Russian Economic Online Journal*, 2019, no. 4, 83 p.
16. Korotkov V.N. Forest Climate Projects in Russia: Limitations and Opportunities. *Russian Journal of Ecosystem Ecology*, 2022, no. 7 (4), pp. 1–7. DOI: <https://doi.org/10.21685/2500-0578-2022-4-3>

17. Fomenko M.A., Loshadkin K.A., Klimov E.V. et al. Forest Carbon Projects: Opportunities and Problems of Implementing the ESG Principles. Part 1. *Regional Environmental Issues*, 2022, no. 2, pp. 91–106. DOI: <https://doi.org/10.24412/1728-323X-2022-2-91-106>
18. Sorochinskaya D.A., Leonova N.B. Structure and Distribution of Above-Ground Phytomass of the Tundra Communities of Western Siberia. *Ecology: Ecosystems and Dynamics*, 2020, vol. 4, no. 3, pp. 5–33. DOI: <https://doi.org/10.24411/2542-2006-2020-10063>
19. Shvidenko A.Z., Shchepashchenko D.G., Nel'son S., Buluys Yu.I. *Tablitsy i modeli khoda rosta i produktivnosti nasazhdeniy osnovnykh lesoobrazuyushchikh porod Severnoy Evrazii. Normativno-spravochnye materialy: monografiya* [Tables and Models of Growth and Productivity of Forests of Major Forest Forming Species of Northern Eurasia. Reference Materials]. Moscow, 2008, 883 p. (In Russ.)
20. Zamolodchikov D.G., Grabovskiy V.I., Kraev G.N. *Regional'naya otsenka byudzheta ugleroda lesov (ROBUL). Versiya 1.1* [Regional Forest Carbon Budget Assessment (RFCA). Version 1.1.]. Moscow, CEPL RAS Publ., 2011. (In Russ.)
21. Boldyreva N.B., Reshetnikova L.G. Klimaticheskiy proekt po sekvestratsii ugleroda: zainteresovannye storony i riski. Rol' upravleniya riskami i strakhovaniya v obespechenii ustoychivosti obshchestva i ekonomiki [The Carbon Sequestration Climate Project: Stakeholders and Risks. The Role of Risk Management and Insurance in Ensuring the Sustainability of Society and the Economy]. In: *Sbornik trudov XXIV Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii (g. Moskva, 1 iyunya 2023 g.)* [Proceedings of the 24th International Scientific and Practical Conference]. Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo universiteta Publ., 2023, pp. 158–163. (In Russ.)
22. Pearson T.R.H., Brown S., Sohngen B., et al. Transaction Costs for Carbon Sequestration Projects in the Tropical Forest Sector. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 2013, vol. 19, pp. 1209–1222. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11027-013-9469-8>
23. Arrow K., Cropper M., Gollier C., et al. Determining Benefits and Costs for Future Generations. *Science*, 2013, vol. 341 (6144), pp. 349–350. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1235665>
24. Kamnev I.M. Conceptual Approaches to Justification of a Rate of Discounting. *Financial Analytics: Science and Experience*, 2012, no. 20, pp. 8–16.
25. Macaulay F.R. *Some Theoretical Problems Suggested by the Movements of Interest Rates, Bond Yields and Stock Prices in the United States since 1856*. New York, National Bureau of Economic Research, 1938, 591 p.

Статья поступила в редакцию 09.09.2023; одобрена после рецензирования 12.09.2023;
принята к публикации 13.09.2023

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов