

DOI: 10.58168/TBiEc2025_259-265

УДК 630

**РАСЧЕТ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИНВЕСТИЦИОННЫХ ЗАТРАТ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ
ЛЕСНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ПРОЕКТОВ В РЕГИОНАХ ЦЕНТРАЛЬНОЙ
ЛЕСОСТЕПИ ЕВРОПЕЙСКОЙ ЧАСТИ РФ**

CALCULATION OF THE EFFICIENCY OF INVESTMENT COSTS IN THE
IMPLEMENTATION OF FOREST CLIMATE PROJECTS IN THE REGIONS OF THE
CENTRAL FOREST-STEPPE OF THE EUROPEAN PART OF THE RUSSIAN FEDERATION

Писарева С.В., к.ф.-м.н., доцент ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Pisareva S.V., candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

Писарев А.Е., аспирант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Pisarev A.E., postgraduate student FGBOU VO «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russia.

Аннотация: в работе представлен расчет эффективности инвестиционных затрат при реализации лесных климатических проектов на землях лесного фонда в регионах центральной лесостепи Европейской части РФ. Введено понятие коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат, приведена общая формула для его расчета. Рассмотрены варианты его расчета для лесовосстановления на вырубках, лесовосстановления на гарях и лесоразведения на безлесных землях лесного фонда, а также на территориях сельхозназначения.

Abstract: the paper presents a calculation of the efficiency of investment costs in the implementation of forest climate projects on forest fund lands in the central forest-steppe regions of the European part of the Russian Federation. The concept of the coefficient of carbon intensity of investment costs is introduced, and a general formula for its calculation is given. Options for its calculation for reforestation in clear-cut areas, reforestation in burnt areas and afforestation on treeless lands of the forest fund, as well as on agricultural territories are considered.

Ключевые слова: лесовосстановление, лесоразведение, агролесоводство, климатические проекты, секвестрационный потенциал, экономика природопользования.

Keywords: reforestation, afforestation, agroforestry, climate projects, sequestration potential, economics of natural resource management.

Современная повестка развития человечества уже достаточно давно включает вопрос о том, что объектом рассмотрения и управления в обществе должны стать социально-

экологические системы, включающие равноправным образом как природный, так и экономический компонент [1]. Ни один из этих компонентов не может быть принесен в жертву другому, так как это неизбежно с течением времени приведет к деградации всей системы. Высокий уровень жизни зачастую достигается путем ухудшения обстановки и условий обитания в окружающей среде, что ограничивает время существования человеческого сообщества на данной территории [2].

Вопросы секвестра атмосферной углекислоты все чаще становятся предметом классического экономического анализа. Более того, направления исследований режимов управления лесными системами последних лет отражают стремление учесть не только производство лесами традиционного продукта – древесины, но и других продуктов, таких как поглощение углерода, производство кислорода, водных ресурсов и защита от эрозии [3].

При осуществлении экологических оценок углеродопоглощающей способности лесов одним из центральных вопросов является цена за единицу поглощенной углекислоты/углерода.

Из регионального анализа результатов Зонгена и Седжо [4] следует, что в рамках одной географически протяженной страны (такой, как Россия) могут иметь место значительные региональные отличия, обусловленные как географическими, так и историческими причинами. Как отмечают Зонген и Седжо, в долгосрочной перспективе на секвестр углерода сильное влияние оказывает фактор наличия и доступности земли для конверсии под лесонасаждения. Очевидно, что оценки этого фактора будут сильно отличаться для разных регионов России. В связи с этим, можно утверждать, что региональные исследования, направленные на разработку географически конкретных эколого-экономических моделей управления секвестром углерода, представляют собой актуальное научное направление.

В начале 2000-х годов Ричардс и Стоукс [5] провели анализ публикаций, в которых исследователи тем или иным способом пытались оценить стоимость секвестра углерода посредством лесохозяйственных практик. Все рассмотренные ими исследования имеют приблизительно одинаковую смысловую структуру. Во-первых, исследования всегда привязаны к какому-то конкретному географическому региону. Во-вторых, эти работы ориентируются на конкретную лесохозяйственную практику, которая нацеливается на усиление стоковых характеристик лесного покрова.

После выбора лесохозяйственной практики исследования ориентируются на определенную (гипотетическую) программу, в рамках которой эти практики будут применяться. Наконец, исследования экономической эффективности секвестра всегда опираются на оценки некоторого базового уровня, т. е. определения того, что будет происходить в отсутствии выбранной программы.

Три ключевых переменных служат входной информацией для расчета последующих результатов:

1. размер территории (в га), пригодной для реализации какой-то конкретной практики;

2. технологические затраты и стоимость земли для рассматриваемой практики (например, фиксированные платежи в год на га) относительно базового уровня;

3. ежегодный углеродный результат для данной практики в данном географическом регионе (тонн углерода на га) относительно базового уровня.

С формальной точки зрения, мера эффективности секвестра для заданного типа земель i и заданной лесохозяйственной практики j задается следующим выражением

$$C_{ij} = \frac{Q_{ij}}{Y_{ij}}, \quad (1)$$

где C_{ij} – рубль за тонну секвестрованного углерода, Q_{ij} – чистые затраты (в рублях на га), Y_{ij} – выход углерода для заданной лесохозяйственной практики.

Уравнение (1) в выходной величине отражает идею о том, что исследования эффективности секвестра углерода должны отвечать на вопросы: 1) сколько углерода будет поглощено, 2) в течение какого времени и 3) сколько это будет стоить. В частности, необходимы оценки физического влияния проекта на запасы и потоки углерода и суммарного выражения влияния всех проектов.

Центрально-Черноземный регион, географически располагаясь на границе лесной и степной зоны, оказывается наиболее уязвим к климатическим изменениям, и, следовательно, нуждается в мерах адаптации экосистем, в том числе посредством сохранения и разведения лесов. Основным мероприятием по снижению парникового эффекта является создание искусственных зеленых насаждений на нелесных территориях и на лесных землях, на которых не происходит естественного лесовосстановления.

По информации Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», в России могут быть реализованы лесоклиматические проекты трех типов, предусматривающие добровольное сохранение лесов арендаторами, лесопользование, направленное на повышение поглотительной способности лесных экосистем, включая охрану лесов от пожаров, а также защитное лесоразведение. Проекты могут быть реализованы на безлесных землях лесного фонда, а также на территориях сельхозназначения [6]. В данном случае необходимо будет формировать устойчивые к изменениям климата леса и восстанавливать исходные лесные экосистемы. Всего в мире на сегодняшний день реализовано и сертифицировано более 250 лесоклиматических проектов с лесной площадью свыше 50 млн га. Однако российские инвесторы не спешат вкладываться в лесные климатические проекты. Причин несколько, но ключевой, на наш взгляд, является неопределенность в части оценки: сколько нужно инвестировать в проект, чтобы обеспечить углеродную нейтральность деятельности. При первом приближении требуется ответить на вопрос об инвестициях необходимых и достаточных для получения одной карбоновой единицы, которую возможно принять в зачет выбросов на карбоновых биржах. Примечательно, что до настоящего времени такой инструментарий в лесном хозяйстве страны отсутствует, что существенно снижает инвестиционную привлекательность лесных климатических проектов [7].

От решения вопросов: сколько требуется инвестировать, какой объем карбоновых единиц будет зачтен и какой срок необходим для реализации климатического проекта, зависит не только инвестиционная привлекательность отрасли, но и решение стратегической задачи государственного уровня — низкоуглеродное развитие отраслей экономики

В результате проведенных исследований на территориях Воронежской, Липецкой, Белгородской, Курской, Тамбовской и Орловской областей на безлесных землях лесного фонда было выделены земельные участки которые подходят под обустройство карбоновых ферм. Все выделенные участки относятся к пяти типам лесорастительных условий: Бор сухой А1; Бор свежий А2; Суборь свежая В2; Судубрава свежая С2; Дубрава свежая Д2.

Для обустройства ферм методом экспертных оценок были выбраны основные лесные древесные породы, которые наилучшим образом отвечают условиям произрастания, экосистемным и социально-экономическим целям климатических проектов, и определены лесохозяйственные мероприятия. Таким образом, мера эффективности секвестра зависит только от заданного типа земель i и уравнение (1) приобретает вид

$$C_i = \frac{Q_i}{Y_i}.$$

Федеральный закон «Об ограничении выбросов парниковых газов» определяет результат климатического проекта как комплекс мероприятий, обеспечивающих сокращение (предотвращение) выбросов парниковых газов или увеличение поглощения парниковых газов в результате его реализации. Для оценки результата рассчитывается углеродный баланс «с проектом» (CB_p) и углеродный баланс «без проекта» (базовая линия) (CB_0). Оценка климатического проекта по секвестрации углерода древеснокустарниковыми сообществами производится сопоставлением ситуаций «с проектом» и «без проекта». CO_2 -эффект за t -й год, достигнутый благодаря реализации климатического проекта (т/га), (Y_{it}) рассчитывается по следующей формуле:

$$Y_{it} = CB_p - CB_0$$

Депонированный CO_2 переводится в УЕ по правилу: 1 тонна CO_2 = 1 УЕ. При этом углеродные единицы образуются при условии положительного значения CO_2 -эффекта, т. е. формально

$$Y_i = \max(Y_i; 0).$$

Наиболее простой, как указывают Ричардс и Стоук, подход к оценке эффективности затрат по секвестру углерода предоставляет метод «суммирования потока». Формула этого метода задается выражением

$$C_i = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{Q_{it}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \bar{Y}_{it}}, \quad (2)$$

где Q_{it} — чистые затраты в год t (в долларах на га), $\bar{Y}_{it}$ — выход углерода для заданной лесохозяйственной практики в год, T — временной горизонт планирования, r — ставка социального дисконтирования.

Все справочники по депонирование углерода содержат вычисления с накопительным эффектом. Для упрощения расчетов введем формулу (4),

$$C_i = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{Q_{it}}{(1+r)^t}}{Y_{i0} + \sum_{t=1}^T \frac{Y_{it} - Y_{i(t-1)}}{(1+r)^t}} \quad (3)$$

где Y_{it} – накопленный углерод для заданной лесохозяйственной практики к году t .

Для задач нашего проекта введем понятие коэффициента углеродоемкости инвестиционных затрат

$$K_i = \frac{Y_i}{Q_i} = \frac{Y_{i0} + \sum_{t=1}^T \frac{Y_{it} - Y_{i(t-1)}}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{Q_{it}}{(1+r)^t}}. \quad (4)$$

В предполагаемых нами проектах мы рассматриваем варианты лесовосстановления на вырубках (В), лесовосстановления на гарях (Г) и лесоразведения (Л) на безлесных землях лесного фонда, а также на территориях сельхозназначения [6].

Учет пулов углерода в проектах, направленных на лесовосстановление, лесоразведение и рекультивацию земель, осуществляется в соответствии с методикой, указанной в [8].

В зеленой политике развитых государств отмечается, что в значительной степени экологические факторы влияют на производительность не только лесных, но и в большей степени на урожайность аграрных систем, что в свою очередь влияет на доходность соответствующих объектов. Одним из способов улучшения этих двух показателей является интеграция лесов в сельское хозяйство путём создания лесных насаждений, для защиты от негативных природных и антропогенных факторов. Способ такой интеграции – агролесоводство.

Развитие систем агролесоводства на неиспользуемых землях сельскохозяйственного назначения имеет значительный потенциал для секвестрации углерода, и играет важную роль в смягчении последствий изменения климата. Интеграция лесоводства с растениеводством или выпасом сельскохозяйственных животных может не только компенсировать выбросы парниковых газов в аграрном секторе экономики, увеличить запасы углерода в почве и древесных растениях, но и способствовать внедрению устойчивых методов управления земельными ресурсами

В работе [9] определен фонд земель, подходящих для климатических проектов в форме агролесоводства, и дана оценка инвестиционной привлекательности таких проектных решений. Коэффициент углеродоемкости инвестиционных затрат на реализацию необходимых практик по агролесоводству можно определить по формуле, аналогичной формуле (4):

$$K_i = \frac{Y_i}{Q_i}, \quad (5)$$

где Q_i – чистые затраты (в рублях на га), Y_i – выход углерода для заданной агролесоводческой практики.

Продвижение и расширение систем агролесоводства может внести значительный вклад в глобальные усилия по смягчению последствий изменения климата. Потенциал агролесоводства для секвестрации углерода в сочетании с его многочисленными

экологическими и социально-экономическими преимуществами делает его убедительным решением для достижения более устойчивого и низкоуглеродного будущего.

Список литературы

1. Букварева Е. Н., Алещенко Г. М. Задача оптимизации взаимодействия человека и живой природы и стратегия сохранения биоразнообразия // Успехи современной биологии. — 1994. — Т. 114, № 2. — С. 133–143.
2. Пегов С. А. Экологические аспекты геополитики // Общественные науки и современность. — 1996. — № 1. — С. 131–137.
3. Quantifying the effects of forest management strategies on the production of forest values: timber, carbon, oxygen, water, and soil / EminZekiBa,skent, SedatKele,s, Ali`IhsanKadio`gulları, OzkanBing`ol // Environmental Mod-eling& Assessment. — 2011. — Vol. 16, no. 2. — P. 145–152.
4. Sohngen B., Sedjo R. Carbon sequestration costs in global forests // Energy Journal. — 2006. — no. Special Issue 3. — P. 109–126.
5. Richards K. R., Stokes C. A review of forest carbon sequestration cost studies: a dozen years of research // Climatic change. — 2004. — Vol. 63, no. 1-2. — P. 1–48.
6. Экономические аспекты организации карбоновых ферм на лесных землях / С. С. Морковина, Е. А. Панявина, И. И. Шанин, И. А. Авдеева // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. — 2021. — № 1 (52). — Т. 9. — С. 17–25.
7. Морковина, С. С., Иванова, А. В., Нетребская, О. А. Климатические инициативы в лесном хозяйстве России как инструмент нейтрализации рисков безопасности и устойчивого развития отраслей // Проблемы устойчивости развития социально-экономических систем : материалы междунар. науч.-практ. конф. — Тамбов, 2021. — С. 331–338.
8. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации от 27 мая 2022 г. N 371 Об утверждении методик количественного определения объемов выбросов парниковых газов и поглощений парниковых газов

References

1. Bukvareva E. N., Aleshchenko G. M. The problem of optimizing the interaction between man and wildlife and the strategy for preserving biodiversity // Advances in modern biology. - 1994. - V. 114, No. 2. - P. 133-143.
2. Pegov S. A. Ecological aspects of geopolitics // Social sciences and modernity. - 1996. - No. 1. - P. 131-137.
3. Quantifying the effects of forest management strategies on the production of forest values: timber, carbon, oxygen, water, and soil / EminZekiBa,skent, SedatKele,s, Ali

İhsanKadıoğulları, OzkanBingöl // Environmental Mod- elling& Assessment. — 2011. — Vol. 16, no. 2. — P. 145–152.

4. Sohngen B., Sedjo R. Carbon sequestration costs in global forests // Energy Journal. — 2006. — no. Special Issue 3. — P. 109–126.

5. Richards K. R., Stokes C. A review of forest carbon sequestration cost studies: a dozen years of research // Climatic change. — 2004. — Vol. 63, no. 1-2. — P. 1–48.

6. Economic aspects of organizing carbon farms on forest lands / S. S. Morkovina, E. A. Panyavina, I. I. Shanin, I. A. Avdeeva // Current areas of scientific research in the 21st century: theory and practice. - 2021. - No. 1 (52). - Vol. 9. - P. 17-25.

7. Morkovina, S. S., Ivanova, A. V., Netrebskaya, O. A. Climate initiatives in forestry in Russia as a tool for neutralizing security risks and sustainable development of industries // Problems of sustainability of development of socio-economic systems: materials of the international. scientific and practical. conf. - Tambov, 2021. - Pp. 331-338.

8, Order of the Ministry of Natural Resources and Environment of the Russian Federation dated May 27, 2022 N 371 On approval of methods for quantitative determination of greenhouse gas emissions and greenhouse gas absorption