

УДК 330 DOI: 10.14451/1.234.293

# Антиципация изменения стоимости реализации проекта сооружения промышленного предприятия с высоким уровнем выбросов парникового газа

© 2024 Мочалин Дмитрий Сергеевич

Кандидат технических наук, доцент департамента отраслевых рынков факультета экономики и бизнеса. Финансовый университет при Правительстве РФ, Москва.

E-mail: dmitriy.mochalin@mail.ru

**Ключевые слова:** парниковый газ, углекислый газ, стоимость реализации проекта, стоимость выбросов углекислого газа.

В научной статье рассмотрена антиципация изменения стоимости реализации проекта сооружения промышленного предприятия с высоким уровнем выбросов парникового газа. Для примера в статье принимаются три объекта, один объект полностью реализован и введен в эксплуатацию, второй объект реализуется, запущено 30%, третий объект находится в активной стадии реализации. Одним из инструментов управления стоимостью реализации проекта сооружения промышленного предприятия с высоким уровнем выбросов парникового газа авторам представляется антиципация ее изменения на период реализации проекта. При выполнении научной статьи применялись методы линейной алгебры, теоретические основы устойчивого развития предприятия, методы теории теплопроводности, методы статистического анализа, методы по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов.

## Введение

Текущие условия развития экономики Российской Федерации, которая в числе прочего основывается и на реализации крупных промышленных проектов, существенно затронули реализацию проектов сооружения промышленных предприятий с высоким уровнем выбросов парникового газа в тактическом, а особенно в стратегическом плане на период их сооружения – от 5 до 15 лет.

Одной из наиболее важных областей реали-

зации проектов промышленных предприятий, в дополнение к социально-экономическому развитию территорий, где расположены эти предприятия, включая снижение уровня выбросов парниковых газов в соответствии со Стратегией Правительства РФ, является область управления их стоимостью. Это необходимо для обеспечения конкурентоспособности и устойчивого экономического роста [7].

Данное заключение особенно актуально в связи с утверждением Правительством РФ перечня

из десяти мегапроектов технологического суверенитета России. В их числе – производство сжиженного и природного газа.

Исследования показывают, что выбросы парниковых газов могут иметь значительное влияние на социальную сферу и экономическую стабильность. Однако прогнозирование долгосрочных экономических последствий может быть сложным, так как информация о низкоуглеродных технологиях и их эффективности имеет ряд неопределенностей. Кроме того, существуют исследования о влиянии выбросов парниковых газов на социальную стоимость, также в ряде научных публикаций Авалиани С. [3, с. 3–6], Гераськин М. И. [2, с. 180–191], Амеланг С. [18], Клементино Э. [20, с. 379–397], Нордхаус В. [21, с. 1518–1523], Штерн Н. [22], Вагнер Г. [23] описывается сложность экономического прогноза на длительный период и в целом ограниченной информацией о перспективах развития низкоуглеродных и высокоэффективных технологий. При этом в научных статьях отсутствует более детальное изучение антиципации изменения стоимости выбросов парниковых газов в стоимости реализации проектов.

### **Материалы и методы**

В связи с изложенным одним из инструментов управления стоимостью реализации проекта сооружения промышленного предприятия с высоким уровнем выбросов парникового газа авторам представляется антиципация ее изменения на период реализации проекта. При выполнении научной статьи применялись методы линейной алгебры, теоретические основы устойчивого развития предприятия, методы теории теплопроводности, методы статистического анализа, методы по оценке экономической эффективности инвестиционных проектов.

Несмотря на то, что в разных научных сферах довольно хорошо описаны суть и механизмы антиципации, авторы считают необходимым уточнить ее определение в отношении реализации промышленных проектов с высоким уровнем выбросов парниковых газов. Таким образом, для целей данной статьи под антиципацией мы бу-

дем понимать влияние уровня парникового газа в результате реализации проекта сооружения промышленного предприятия на его конечную стоимость. Также в статье уделим основное внимание на процентное содержание выброса  $\text{CO}_2$  в конечной продукции производителей. До настоящего времени стоимость тонны  $\text{CO}_2$  в РФ еще не зафиксирована отдельной строчкой в содержании той или иной продукции, которая при выпуске поглощает достаточное количество углеводородоёмких технологических цепочек. При этом в ЕС в 2020 году стоимость одной тонны  $\text{CO}_2$  составляла от 2,5 до 100 евро, производители уже закладывают данную стоимость  $\text{CO}_2$  в свою линейку продукции.

Для реализации инструмента антиципации изменения стоимости реализации проекта промышленного предприятия с высоким выбросом парникового газа выполним исследование в одной из областей энергоемких производств. Расчет выбросов углекислого газа будем выполнять с учетом расхода энергоресурсов и дальнейшим научным исследованием количества выбросов парникового газа на объектах исследования для более детальной оценки процентной составляющей в доли планируемой выпускаемой продукции (конечной продукции).

### **Результаты**

В качестве объектов исследования проанализируем крупные промышленные проекты России, а именно: магистральный газопровод «Сила Сибири» (далее – МГ), Амурский газоперерабатывающий завод (далее – АГПЗ) и Амурский газохимический комбинат (далее – АГХК).

Для оценки зависимости между переменными – расходом природного топливного газа на рассматриваемом участке МГ «Сила Сибири», АГПЗ и АГХК, пропускной способностью магистрального газопровода, температурой газа на выходе из КС, температурой окружающей среды, плотности природного газа, в работе используется математическая статистика. Математическая статистика – это применение понятий, методов и результатов теории вероятностей к обработке экспериментальных данных. На основе исследо-

ваний и полученных данных делаются научно-обоснованные выводы. Также примем, что парниковые газы эквивалентны углекислому газу (далее – CO<sub>2</sub>) [9, с. 9].

При решении поставленных задач в максимальной степени используется MatLab 7.0. Выполнена обработка массивов данных для проверки правильности сбора исходных данных и научных исследований, проведены оценочные расчеты, данные сведены в прямоугольную таблицу.

После переменные форматируются в векторы-столбцы и рассортировываются в порядке возрастания в табличных формах, находятся минимальные и максимальные значения и также определяется количество данных. Для определения статистической зависимости параметров выполнено нахождение математического ожидания  $m_x^*$ , дисперсии  $D(M_x^*)$ , среднеквадратичного отклонения  $\sigma_x^*$ , асимметрии  $a_x^*$  и эксцесса  $e_x^*$ .

Далее рассмотрен процент содержания CO<sub>2</sub> в конечной продукции Амурского ГХК. Так проект Амурского ГХК предполагает строительство комплекса по производству базовых полимеров мощностью 2,7 млн тонн/год (2,3 млн тонн полиэтилена и 400 тыс. тонн полипропилена) из этана и сжиженного углеводородного газа. Сырье планируется поставлять из Амурского ГПЗ в объеме 3,5 млн тонн/год (информация взята из открытого источника РБК [14]).

Полимер – это высокомолекулярное соединение, вещество с большой молекулярной массой (от нескольких тысяч до нескольких миллионов), состоит из большого числа повторяющихся одинаковых или различных по строению атомных группировок – элементарных звеньев, соединенных между собой химическими или координационными связями в длинные макромолекулы. Большинство полимеров используемых в промышленных целях имеют степень полимеризации порядка  $10^2$ – $10^4$ .

После сбора данных о стоимости продукции, спросе и предложении на эту продукцию, задаем уравнение потребности и оцениваем его

параметры. В MatLab 7.0 есть множество статистических функций для оценки данных, включая инструменты из Curve Fitting Toolbox. Выполнена доработка формул, которые приведены в научной работе Business Economics and Finance with MATLAB, GIS, and Simulation Models Patrick L. Anderson [19, с. 99–101]. В формулы, которые приведены ниже по тексту научной статьи, добавлены составляющие стоимости углеводородных компонентов.

Преобразуем уравнение спроса, так как левая часть уравнения – это стоимость товара, включая стоимость углеводородного компонента. Оценим стоимость товара более детально, разбивая общую стоимость на две составляющие: стоимость товара на момент заключения контракта на бирже и стоимость углеводородного компонента (принимая данное значение const = 250 рублей):

$$p = p^t \cdot p^{CO_2},$$

где  $p$  – стоимость товара, другие условия – стоимость сделки (стоимость товара на бирже во время заключения контракта, не связанные с углеводородной составляющей) и стоимость, связанная с углеводородной составляющей.

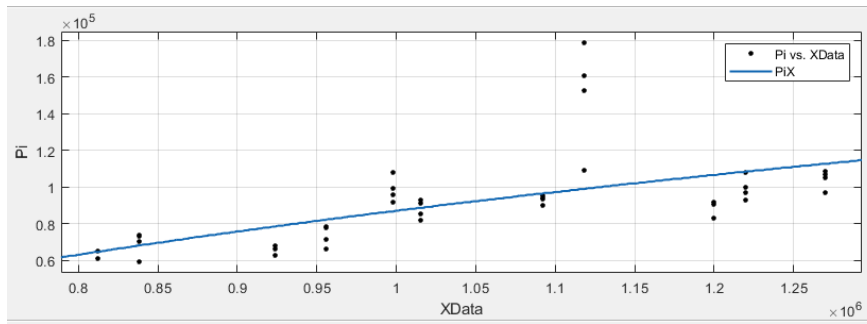
Перенесем вышеуказанную стоимость в общую функцию спроса:

$$x = f(y, p),$$

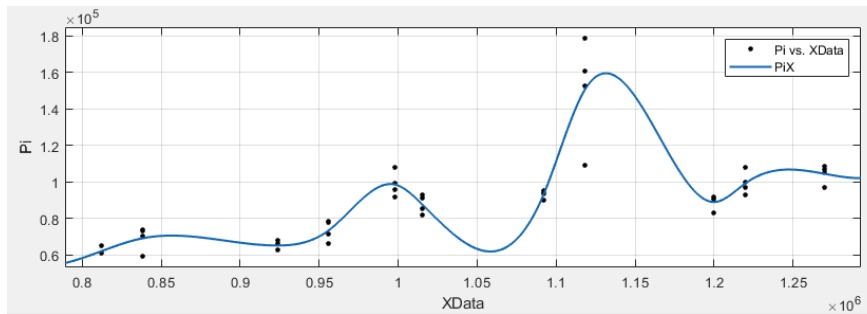
где  $y$  – доход, а  $p$  – относительная стоимость товара к другим товарам, если продифференцируем функцию спроса по отношению к цене, получаем следующую формулу:

$$dx = \frac{\partial x}{\partial y} dy + \frac{\partial x}{\partial p} dp, \quad (1)$$

Для упрощения формулы (1) сделаем некоторые предположения. Сначала предположим, что цена транзакции одинакова у розничных продавцов, присутствующих на бирже. Это будет правдой или почти правдой во многих случаях. Далее предположим, что доход не меняется в течение периода времени данных, предположение, ко-



**Рис. 1.** График зависимости стоимости продукции от спроса на данную продукцию. Источник: разработано автором по расчетным данным в MATLAB.



**Рис. 2.** График зависимости стоимости продукции от спроса на данную продукцию при сглаживании модели. Источник: разработано автором по расчетным данным в MATLAB.

торое снова будет соответствовать фактам во многих случаях. Допущения и результирующее уравнение спроса можно суммировать следующим образом:

$$\begin{aligned} dy &= 0, \\ dp &= dp^t + dp^{CO2}. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} dp^t &= 0 \\ dx &= \frac{\partial x}{\partial p} dp^{CO2}. \end{aligned}$$

Таким образом, при определенных допущениях, которые часто будут выполняться, уравнение потребности может быть преобразовано в уравнение углеводородной составляющей-продажи.

Пример анализа углеводородной составляющей и продаж. Приведем примеры уравнений спроса, в которых ценовой переменной является углеводородная составляющая.

Косвенная модель спроса – эта модель основана на косвенной функции полезности потребителей, в которой спрос товаров основан на функции относительной цены товаров и их доходов. Линейная формула модели, где  $\frac{x_i}{x_j}$  – относительный спрос на товары  $i$  и  $j$ , а  $\frac{p_i}{p_j}$  – относительная цена, выглядит следующим образом:

$$\ln\left(\frac{x_i}{x_j}\right) = a + b \ln(y) + c \ln\left(\frac{p_i}{p_j}\right),$$

Обнаружили, что коэффициенты  $a$ ,  $b$  и  $c$  в данном уравнении имеют конкретное значение в исходной функции. В данном научном исследовании подробно рассмотрим эти коэффициенты и разложим их на составляющие с учетом стоимости углеводородной составляющей.

Линейная модель спроса – это самая простая модель, которая имеет самую слабую теоретическую основу. Однако при определенных ограниченных условиях это наиболее практичная модель.

Наиболее базовая линейная модель имеет привычный вид:

$$x_i = a + bp_i,$$

В основном для расчета относительных цен и доходов используют формулу:

$$x_i = a + bp_i + c\left(\frac{p_i}{p_j}\right), \quad (2)$$

Приведем формулу (2) к следующему виду используя натуральные логарифмы:

$$\ln(x_i) = a + by + c\left(\frac{p_i}{p_j}\right),$$

По выполненным оценкам, а также на основе анализа рыночной стоимости полипропиленов на Российском рынке, смоделирован потреби-

тельский спрос на конкретный товар с учетом составляющей процентного содержания в стоимости выбросов парникового газа. Программный продукт MatLab 7.0 предоставляет ряд методов с учетом создания функций и уравнений.

Данные сведены в табличную форму (табл. 1).

С помощью MatLab 7.0 в функцию спроса запрограммировано решение и создание графиков спроса для полипропиленов при использовании пары (цена, количество) и дополнительного параметра (эластичности спроса). С помощью данной программы получили более быстрые решения по построению графиков.

При решении поставленной задачи используется линейная модель:

$$f(x) = a + b \cdot \log(x) + c \cdot (\log(p_i/p_j)).$$

**Таблица 1.** Стоимость полимеров на рынке [5].

п/п	год	Стоимость, рублей за тонну	Спрос (Потребление) тонн	Предложение (Производство) тонн
1	2011 1 кв.	60 983	812 050	628 000
2	2011 2 кв.	64 740	812 050	628 000
3	2011 3 кв.	61 133	812 050	628 000
4	2011 4 кв.	60 863	812 050	628 000
5	2012 1 кв.	59 063	838 000	661 200
6	2012 2 кв.	73 200	838 000	661 200
7	2012 3 кв.	73 547	838 000	661 200
8	2012 4 кв.	70 163	838 000	661 200
9	2013 1 кв.	68 143	924 000	872 800
10	2013 2 кв.	62 820	924 000	872 800
11	2013 3 кв.	62 923	924 000	872 800
12	2013 4 кв.	66 410	924 000	872 800
13	2014 1 кв.	66 073	956 000	983 000
14	2014 2 кв.	71 437	956 000	983 000
15	2014 3 кв.	77 900	956 000	983 000
16	2014 4 кв.	78 117	956 000	983 000
17	2015 1 кв.	81 900	1 015 000	1 300 000
18	2015 2 кв.	85 187	1 015 000	1 300 000
19	2015 3 кв.	90 860	1 015 000	1 300 000
20	2015 4 кв.	93 113	1 015 000	1 300 000

Продолжение на следующей странице

**Таблица 1.** Стоимость полимеров на рынке [5]. (Продолжение таблицы)

п/п	год	Стоимость, рублей за тонну	Спрос (Потребление) тонн	Предложение (Производство) тонн
21	2016 1 кв.	93 193	1 092 000	1 380 000
22	2016 2 кв.	89 953	1 092 000	1 380 000
23	2016 3 кв.	95 045	1 092 000	1 380 000
24	2016 4 кв.	93 823	1 092 000	1 380 000
25	2017 1 кв.	90 735	1 200 000	1 449 000
26	2017 2 кв.	90 667	1 200 000	1 449 000
27	2017 3 кв.	82 769	1 200 000	1 449 000
28	2017 4 кв.	91 406	1 200 000	1 449 000
29	2018 1 кв.	93 016	1 220 000	1 458 000
30	2018 2 кв.	96 808	1 220 000	1 458 000
31	2018 3 кв.	997 260	1 220 000	1 458 000
32	2018 4 кв.	1 077 15	1 220 000	1 458 000
33	2019 1 кв.	1 08 626	1 270 000	1 698 000
34	2019 2 кв.	1 07 008	1 270 000	1 698 000
35	2019 3 кв.	1 05 080	1 270 000	1 698 000
36	2019 4 кв.	96 751	1 270 000	1 698 000
37	2020 1 кв.	98 982	998 000	1 987 000
38	2020 2 кв.	91 399	998 000	1 987 000
39	2020 3 кв.	95 508	998 000	1 987 000
40	2020 4 кв.	1 08 103	998 000	1 987 000
41	2021 1 кв.	1 09 060	1 118 000	2 021 000
42	2021 2 кв.	178 822	1 118 000	2 021 000
43	2021 3 кв.	152 855	1 118 000	2 021 000
44	2021 4 кв.	160 533	1 118 000	2 021 000

Выполнили подбор коэффициентов для решения вышеуказанного уравнения в MATLAB, с коэффициентом приближения

Coefficients (with 95% confidence bounds):

-a = 3.487e+18 (-3.758e+19, 4.456e+19);

-b = 1.075e+05 (6.186e+04, 1.531e+05);

-c = -6.288e+17 (-8.035e+18, 6.778e+18).

Далее определили критерии пригодности после приближения данных, оценка качества приближения приведена графически с использованием критериев пригодности приближения: SSE (сумма квадратов ошибок), R-square (критерий R-квадрат), Adjusted R-square (уточненный R-квадрат), RSME (корень из среднего для квадра-

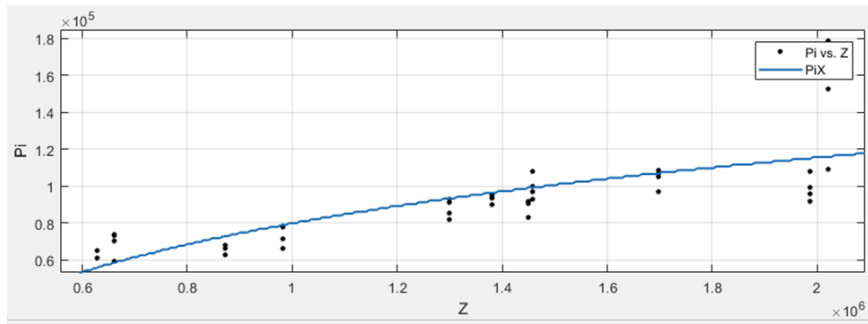
та ошибки).

Получены следующие данные: SSE: 1.75e+10; R-square: 0.3745; Adjusted R-square: 0.344; RMSE: 2.066e+04

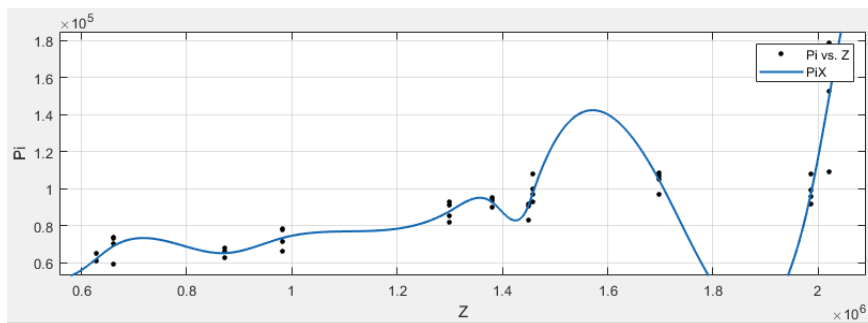
Выполнили сглаживание модели с помощью Smoothing spline:  $f(x) = \text{piecewise polynomial}$  computed from p. Получены следующие параметры сглаживания:  $p = 1.2964528e-08$ ; SSE: 3.391e+09; R-square: 0.8788; Adjusted R-square: 0.842; RMSE: 1.014e+04.

Также выполнили аналогичные исследования для пары стоимости продукции и предложения продукции на рынке.

При решении поставленной задачи использует-



**Рис. 3.** График зависимости стоимости продукции от предложения на данную продукцию на рынке. Источник: разработано автором по расчетным данным в MATLAB.



**Рис. 4.** График зависимости стоимости продукции от предложения на данную продукцию при сглаживании модели. Источник: разработано автором по расчетным данным в MATLAB.

ся линейная модель:

$$f(x) = a + b \cdot \log(x) + c \cdot (\log(p_i/p_j)).$$

Аналогично выполнили подбор коэффициентов для решения вышеуказанного уравнения с коэффициентом приближения

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$-a = -5.005e+18 \quad (-3.738e+19, 2.737e+19);$$

$$-b = 5.15e+04 \quad (3.83e+04, 6.471e+04);$$

$$-c = 9.027e+17 \quad (-4.935e+18, 6.741e+18).$$

Далее определили критерии пригодности после приближения данных, оценка качества приближения показана графически с использованием критериев пригодности приближения: SSE (сумма квадратов ошибок), R-square (критерий R-квадрат), Adjusted R-square (уточненный R-квадрат), RSME (корень из среднего для квадрата ошибки).

Получены следующие данные: SSE: 1.082e+10; R-square: 0.6131; Adjusted R-square: 0.5942; RMSE: 1.625e+04.

Выполнили сглаживание модели с помощью Smoothing spline:  $f(x) = \text{piecewise polynomial}$  computed from  $p$ . Получены следующие параметры сглаживания:  $p = 9.0693218e-13$ ; SSE: 3.411e+09; R-square: 0.8781; Adjusted R-square: 0.8427; RMSE: 1.011e+04.

### Заключение

Подводя итог рассмотренной проблемы, мы можем сделать вывод, что снижение потребления электроэнергии на компрессорных станциях и газоперерабатывающем заводе линейно влияет на выбросы  $\text{CO}_2$ , при выполнении всех необходимых мероприятий и инструментов по энергоэффективности в части АВО газа на объектах исследования – магистральном газопроводе, газоперерабатывающем заводе и применения сухой градирни на газохимическом комплексе.

Проведены исследования по процентной составляющей углеводородного следа в стоимости по-

липропилена с учетом магистрального плеча магистрального газопровода, АГПЗ и АГХК. Дополнительно выполнили проверку спроса и предложения с учетом стоимости углеводородной составляющей в стоимости продукции, применили данную составляющую в линейных моделях в парах стоимость полипропилена / спрос, стоимость пропилен / предложение.

Таким образом, в рамках данной статьи, результатом антиципации изменения стоимости

реализации проекта сооружения промышленного предприятия с высоким уровнем выбросов парникового газа является линейная тенденция снижения выбросов CO<sub>2</sub> в результате снижения потребления электроэнергии на объектах исследования и газоперерабатывающем заводе, что с учетом положений, изложенных в работе «Влияние выбросов парникового газа на стоимость реализации проекта сооружения промышленного предприятия» [7], приводит к изменению (снижению) конечной стоимости проекта.

### Библиографический список

1. «Климатическая доктрина РФ», утвержденная распоряжением Президента РФ от 17 декабря 2009 года № 861-рп.
2. Гераськин М. И. Моделирование и прогнозирование экономического роста предприятий нефтехимического и торгового секторов экономики РФ // Вестник Самарского государственного университета. Серия Экономика и управление. – 2015. – 9–2(131). – С. 180–191.
3. Дополнительные выгоды от снижения выбросов парниковых газов в России / С. Авалиани [и др.] ; Информационно-аналитический бюллетень «Жизнь в атмосфере парниковых газов». Институт консалтинга экологических проектов. – 2009.
4. Завалеев И., Куприянова М. Выбросы парниковых газов и их взаимосвязь с выработкой энергии // Журнал СОК. – 2019. – № 9. – С. 82–89.
5. Индекс цен на полимеры в России. – URL: <https://proplast.ru/poly-index>.
6. Лубская Е. В. Перспективы создания региональных цепочек добавленной стоимости в нефтехимической отрасли на территории ЕАЭС // Российское предпринимательство. – 2017. – Т. 18, № 6. – С. 1039–1048.
7. Мочалин Д. С., Ищенко М. М. Влияние выбросов парникового газа на стоимость реализации проекта сооружения промышленного предприятия // Экономика, предпринимательство и право. – 2023. – Т. 13, № 11. – DOI: 10.18334/epp.13.11.119717. – URL: <https://1economic.ru/journals/epp/archive/118932>.
8. Мочалин Д. С., Ищенко М. М. Трансформация подходов к ценообразованию по российским сметным нормам при реализации ЕРС-контрактов на европейском рынке (на примере Венгрии) // Известия СПбГЭУ. – 2023. – 8 (144).
9. Мочалин Д. С., Ищенко М. М., Смирнов С. В. Обработка данных, математическая статистика. Расчет парниковых газов от энергетической деятельности предприятий // Национальная ассоциация ученых (НАУ). Серия: технические науки. – Т. 1, № 87. – С. 32–40.
10. Мочалин Д. С., Ищенко М. М., Смирнов С. В. Применение сухой градирни (АВО) системы охлаждающей воды на газохимическом комплексе // Восточно Европейский научный журнал. – 2022. – 8 (84). – С. 29–33.
11. Пять способов уменьшить свой экологический след. – URL: <https://plus-one.ru/manual/2021/06/02/pyat-sposobov-umenshit-svoy-ekologicheskiy-sled> (дата обр. 01.04.2023).
12. Разрешения ЕС на выбросы углерода. – URL: <https://tradingeconomics.com/commodity/carbon>. (дата обр. 20.10.2023).
13. Распоряжение Правительства РФ от 29 октября 2021 г. № 3052-р «Об утверждении Стратегии социально-экономического развития РФ с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 г.» – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/402894476>.
14. РБК публикации по проектам. – URL: <https://www.rbc.ru> (дата обр. 01.10.2023).
15. Состояние и тенденции ценообразования на углерод 2023. – URL: <https://blogs.worldbank.org/climatechange/state-and-trends-carbon-pricing-2023>.
16. Статистические сборники «Россия в цифрах» / Федеральная служба государственной статистики. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/12993> (дата обр. 10.08.2023).
17. Федеральный закон от 2 июля 2021 года №296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов». (последняя редакция). – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_388992/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_388992/) (дата обр. 01.10.2023).
18. Amelang S., Wehrmann B. One Tonne of CO2 Causes 180 Euros Damages. RWE Europe's Worst Polluter / Germany's Federal Environment Agency (UBA). – 2018.
19. Anderson P. L. Business Economics and Finance with MATLAB, GIS, and Simulation Models.
20. Clementino E., Perkins R. How Do Companies Respond to Environmental, Social and Governance (ESG) Ratings. // Journal of Business Ethics. – 2021. – Vol. 171. – P. 379–397.



- 
21. *Nordhaus W.* Revisiting the Social Cost of Carbon // PNAS, National Academy of Sciences of the United States of America. – 2017. – P. 1518–1523.
  22. *Stern N.* Key Elements of a Global Deal on Climate Change / The London School of Economics, Political Science. – 2008.
  23. *Wagner G.* The True Price of Carbon / Project Syndicate. – 2020.