

# Нейросетевое прогнозирование цены нефти Brent на основе чисел Вольфа

## Neural network forecasting of Brent oil prices based on Wolf numbers

Ранее – Начальник Лаборатории Математического Моделирования АО «Гнц РФ-Фэи», Д. Ф.-М. Н.  
E-Mail: Obsm47@mail.ru

Sergei OBRAZTSOV  
Last position – Head of the mathematical modeling laboratory IPPE JSC, Doctor of Physical and Mathematical Sciences  
E-mail: obsm47@mail.ru

Восточное месторождение. Технологическая линия установки подготовки нефти и газа

Источник:  
«Газпром нефть»



Аннотация. На основе чисел Вольфа – одного из показателей солнечной активности, разработана прогнозирующая модель и рассчитана ежемесячная цена нефти марки Brent на период август – декабрь 2023 г. Для расчетов использовались метод экспоненциального сглаживания Хольта-Винтерса и искусственная нейронная сеть.

Ключевые слова: прогнозирование, числа Вольфа, стоимость нефти Brent, искусственная нейронная сеть.

Abstract. Based on the Wolf numbers, one of the indicators of solar activity, a predictive model has been developed and the monthly price of Brent crude oil for the period August – December 2023 has been calculated. The Holt-Winters exponential smoothing method and an artificial neural network were used for calculations.

Keywords: forecasting, Wolf numbers, Brent oil price, artificial neural network.



**С практической точки зрения важно заранее предусмотреть появление события, дестабилизирующего мировые экономические отношения**

### Введение

Цена экспортируемых энергоносителей влияет на стабильность бюджетной системы России [1]. Так, регрессионная модель зависимости индекса реального ВВП России от экспортной цены на российскую нефть, индекса тарифов на электроэнергию и индекса инвестиций в основной капитал адекватно аппроксимирует имеющиеся данные [2].

Точность прогноза цены нефти зависит от факторов, которые можно разделить на две большие группы: фундаментальные и финансовые. Каждый из классов содержит характеристики, структура которых подробно рассмотрена в [1]. Однако значимость технических, политических, финансово-экономических параметров изменяется во времени и определение наиболее важных из них является трудной задачей.



Визуализация нейросети  
Источник: Uriel SC / unsplash.com

Можно предсказать динамику того или иного признака, но предположить возникновение нового фактора, приводящего к значительному падению мировой экономики, например, пандемии COVID-19 практически невозможно. В последнее время часто упоминаемыми факторами являются: ограничение цен на российскую нефть, негативные прогнозы глобальной мировой экономики, вероятность кризиса в банковском секторе, высокая инфляция, решения ОПЕК+ об ограничении объема добычи, сложности роста китайской и индийской экономик и т. п. Множество вариантов эволюции глобальной экономики приводит к большой неопределенности экспертных оценок цены нефти марки Brent на 2023 г. – от 60 до 100 долл./барр. Разброс прогнозных значений вынуждает



Фондовый рынок в Нью-Йорке, США

Источник: [sp.weforum.org](http://sp.weforum.org)

управляющие органы проводить корректировку финансовых планов с учетом прогноза цены на нефть марки Brent [3].

В работе [4] на основе данных о цене сырой нефти исследуется влияние пандемии COVID-19 и специальной военной операции на Украине на точность прогноза. Для анализа авторы привлекают разнообразные методы анализа данных: машина опорных векторов, линейная регрессия, особое внимание уделяется искусственным нейронным сетям с различным типом слоев. В результате сделан вывод об ухудшении точности прогноза в условиях неожиданных глобальных катастроф [4].

**Принимая числа Вольфа в качестве основного фактора влияния на цену нефти, будем иметь в виду, что субъективные интересы государств непредсказуемо возмущают развитие экономических процессов**

С практической точки зрения важно заранее предусмотреть появление события, дестабилизирующего мировые экономические отношения. В работе [5] приведен прогноз среднегодовой цены нефти марки Brent на период 2017–2022 гг., рассчитанный при помощи нелинейной регрессии, циклических полиномов, искусственной нейронной сети. Анализ точности этого прогноза за 5 лет, проведенный в начале 2022 г., показывает, что средняя ошибка в период 2017–2021 гг. равна 20% [6]. Предсказанное значение стоимости нефти на 2020 (пандемийный) г. составляет 35 долл./барр., фактическая цена за этот год равна 42 долл./барр. [6]. Сегодня к анализу точности можно добавить, что прогноз на 2022 г. оказался существенно ниже фактической цены нефти за этот год.

Таким образом, использование времени в качестве фактора и методов компьютерного анализа данных позволило предсказать кризис на нефтяном рынке, вызванный пандемией COVID-19, но модель оказалась неточной на год начала военной операции. Известно, что мировая экономика и распространение эпидемий подчиняются циклическому воздействию солнечной активности [7, 8]. В статье [9] цена нефти рассчитывается на основе группировки данных по годам солнечных

циклов. В работе [6] рассчитаны нейросетевые аппроксимации среднегодовой цены нефти марки Brent в зависимости от чисел Вольфа, характеризующих количество пятен на Солнце. Расчеты показали устойчивую статистическую связь между числами Вольфа и стоимостью нефти при различных конфигурациях нейронной сети. Интерес представляет исследование влияния чисел Вольфа на ежемесячную цену нефти с целью разработки прогнозирующего алгоритма.

### Постановка задачи

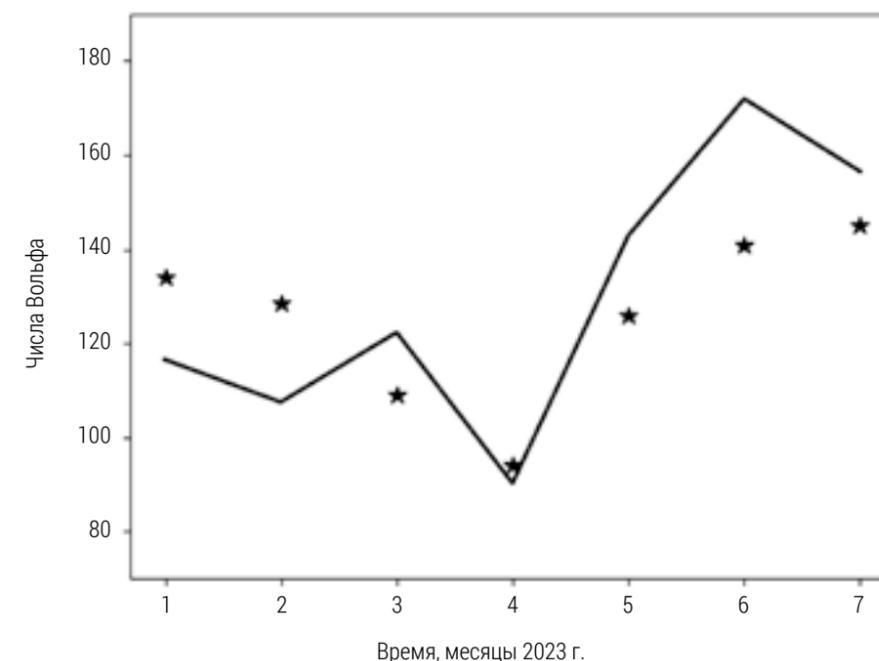
Принимая числа Вольфа в качестве основного фактора влияния на цену нефти, будем иметь в виду, что субъективные интересы государств, особенно в военно-политической области, непредсказуемо возмущают развитие экономических процессов. Иначе говоря, строго детерминированной связи между ценой нефти и солнечной активностью не существует.

Целью работы является исследование зависимости стоимости нефти Brent от чисел Вольфа и построения краткосрочного ежемесячного прогноза на ав-

**Согласно исследованию с применением чисел Вольфа, среднегодовая цена Brent в 2023 г. составит 86,13 долл./барр. Показательно, что Минэнерго США прогнозирует цену в 82,62 долл./барр.**

густ – декабрь 2023 г. Предлагаемый алгоритм состоит из двух частей: модель прогнозирования чисел Вольфа и модель расчета прогноза стоимости нефти. Для отладки моделей использовались числа Вольфа с 1823 по 2022 гг. и цена нефти в период 1969–2022 гг. Контрольные выборки содержат числа Вольфа и цену нефти за январь – июль 2023 г. На втором этапе расчетов обучающие выборки дополнялись данными за первые 7 месяцев 2023 г. для прогнозирования чисел Вольфа и цены нефти на период август – декабрь 2023 г.

Рис. 1. Тестовые и расчетные числа Вольфа на период январь – июль 2023 г.: кривая – расчет, маркеры – контрольные данные



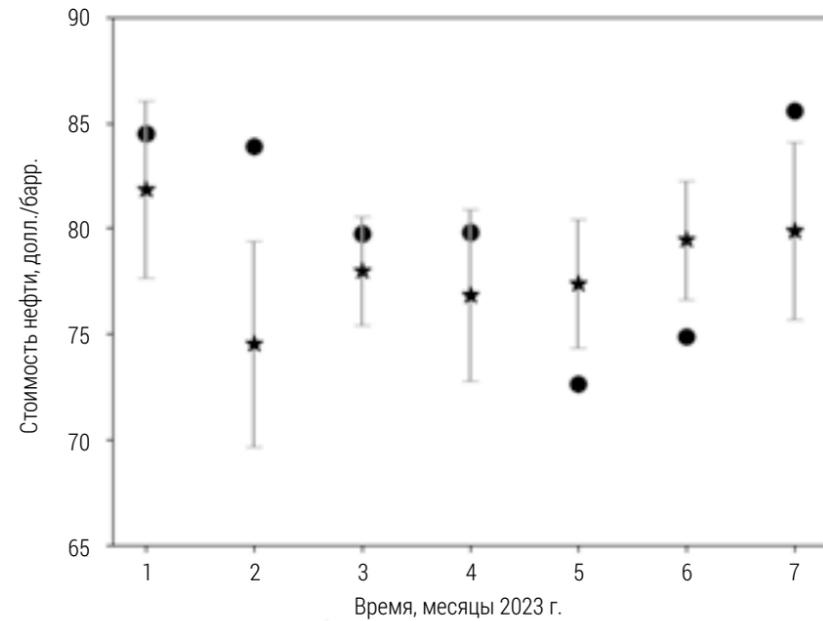


Рис. 2. Контрольная и расчетная цена нефти на январь – июль 2023 г.

Примечание: ★ – прогноз, ● – факт, вертикальные отрезки соответствуют средним квадратичным отклонениям

### Разработка модели

Для подбора настроечных параметров в методе экспоненциального сглаживания Хольта-Винтерса использовались тестовые числа Вольфа. На рис. 1 представлены тестовые и расчетные числа Вольфа за период январь – июль 2023 г.

Из рис. 1 видно, что характер изменения расчетных и фактических значений чисел Вольфа в основном совпадают, средняя относительная ошибка равна 13%.

Прогнозные числа Вольфа 60 раз подавались на вход 4-хслойной искусственной нейронной сети с различным числом узлов в скрытых слоях для расчета цены нефти на январь – июль 2023 г. Тестовая выборка не участвовала в подгонке гиперпараметров искусственной нейронной сети. Фиксировались те распределения нейронов по слоям, которые обеспечивали среднюю относительную ошибку на контрольной выборке не более 10%. На рис. 2 показаны средние значения результатов расчета

с разбросом, соответствующим средним квадратичным отклонениям, и контрольные значения стоимости нефти марки Brent. Средняя относительная ошибка на тестовых данных составляет 6%.

В результате предварительных расчетов получены необходимые настроечные параметры расчетных методов для прогнозирования цены нефти на август – декабрь 2023 г. Из рис. 2 видно, что солнечная активность существенно влияет на цену нефти.

### Прогнозирование цены нефти на август – декабрь 2023 г.

Данные по числам Вольфа и цене нефти за январь – июль 2023 г. были добавлены в соответствующие выборки. По расширенным данным и оцененным настроечным параметрам были спрогнозированы числа Вольфа на август – декабрь 2023 г. Они 40 раз подавались на вход нейронной сети с числом узлов из выбранных ранее диапазонов. Средние значения прогнозной

Таблица 1. Прогнозные значения и СКО цены нефти марки BRENT

Месяц	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
Цена нефти, долл./барр.	97.32	96.85	94.93	90.12	93.26
СКО, долл./барр.	4.76	4.76	4.38	3.46	4.15

## Алгоритм может применяться для долгосрочного прогнозирования цены на нефть, в том числе для формирования бюджета РФ. В этом случае нужно использовать обучающие выборки с шагом в один год

цены нефти по месяцам 2023 г. и среднеквадратичные отклонения (СКО) представлены в таблице 1.

С учетом прогнозной цены нефти, представленной в таблице 1, среднегодовая цена нефти на 2023 г. составит 86,13 долл./барр. Показательно, что Минэнерго США прогнозирует цену нефти сорта Brent на 2023 г. в 82,62 долл./барр. [10], близкую к прогнозному значению.

### Практическое применение

Предлагаемый алгоритм может быть применен для долгосрочного прогнозирования цены на нефть, что важно с точки зрения адекватного формирования бюджета России. В этом случае целесообразно использовать обучающие выборки с шагом в один год для разработки макроэкономических ориентиров. Как показывает опыт, такая процедура может быть успешной, по крайней мере, на 5 лет [5]. С другой сто-

роны, прогнозирование цены нефти с шагом в месяц будет интересно фирмам, занимающимся торговлей фьючерсами на бирже.

В работе использовался ограниченный набор методов прогнозирования временных рядов и его расширение может повысить точность прогнозов. Например, в нейронной сети использовались только плотные слои, и не рассматривались слои типа LSTM.

Внимание было сконцентрировано на исследовании зависимости стоимости нефти от солнечной активности, что оставило за рамками этой работы выбор вычислительной стратегии. В дальнейшем этим очень важным вопросам будет уделено особое внимание.

### Заключение

Подготовлены массивы данных о числах Вольфа и цене нефти марки Brent. Разработан двухуровневый алгоритм прогнозирования цены нефти в зависимости от солнечной активности. На первом этапе прогнозируются числа Вольфа при помощи метода экспоненциального сглаживания Хольта-Винтерса, на втором уровне осуществляется нейросетевое прогнозирование стоимости нефти.

Проведены расчеты, позволившие подобрать по контрольным выборкам настроечные параметры расчетных методов. Можно сделать вывод о значительном влиянии чисел Вольфа на среднемесячную цену нефти.

Спрогнозирована среднемесячная цена нефти на август – декабрь 2023 г. и рассчитаны среднеквадратичные отклонения прогнозных значений.

### Использованные источники

- Бушуев В.В., Конопляник А.А., Миркин Н.М. Цены на нефть: анализ, тенденции, прогноз. М. ИД «Энергия». 2013.
- Минэкономразвития прогнозирует цену на нефть Brent в 2023 г. в 80,7 долл./барр. – URL: <https://www.interfax.ru/business/896041>
- Бродский Б.Е. Анализ влияния цен природного газа и тарифов на электроэнергию на макроэкономические показатели в России на основе дезагрегированной модели // Модернизация экономики и государство. ГУ-ВШЭ, 2007. Т.2.
- Jahanshahi, H.; Uzun, S.; Kaçar, S.; Yao, Q.; Alassafi, M.O. Artificial Intelligence-Based Prediction of Crude Oil Prices Using Multiple Features under the Effect of Russia-Ukraine War and COVID-19 Pandemic. *Mathematics* 2022, 10, 4361. <https://doi.org/10.3390/math10224361>
- Образцов С.М. Нейросетевое прогнозирование цен на нефть и золото // Декабрь 2016. – URL: <http://mbureau.ru/articles/neyrosetevoe-prognozirovanie-cen-na-neft-i-zoloto>
- Образцов С.М. Нейронная сеть: цена нефти Brent не упадет ниже 40 долл./барр. до конца 2047 г. Июль, 2022. – URL: <https://www.mbureau.ru/articles/neyronnaya-set-cena-nefti-brent-ne-upadet-nizhe-40-barrel-do-konca-2047-goda>
- Мирошниченко Л. И. Физика Солнца и солнечно-земных связей: Учебное пособие / Под редакцией профессора М. И. Панасюка // «Университетская книга». Москва, 2011.
- Бушуев В. В., Сокотущенко В. Н. Интеллектуальное прогнозирование // Издательский дом «Энергия». Москва, 2016.
- Белкин В. А. Прогнозирование цен на нефть на основе их средних значений по годам одиннадцатилетнего цикла солнечной активности // Вестник Челябинского государственного университета 2017. №2 (398). Вып. 56. С. 43–51.
- Минэнерго США повысило прогноз цены Brent на 2023 год до 82,62 долл./барр. – URL: <https://www.interfax.ru/business/915349>