
ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ КОНТРАКТОВ «МЕСЯЦ ВПЕРЕД» НА ТОРГОВЫХ ПЛОЩАДКАХ ЕВРОПЕЙСКОГО ГАЗОВОГО РЫНКА

Ляховненко Дмитрий Сергеевич, асп.

Санкт-Петербургский государственный экономический университет, ул. Садовая, 21, Санкт-Петербург, Россия, 191023; e-mail: dmitriy.lyakhovnenko@gmail.com

Цель: статья посвящена методам прогнозирования среднемесячных значений цен форвардных газовых контрактов «Месяц вперед» на европейских торговых площадках. *Обсуждение:* стоимость форвардных газовых контрактов «Месяц вперед» является одним из важнейших оперативных индикаторов европейского газового рынка, во многом определяющим стратегии его основных игроков в кратко- и среднесрочной перспективе. Прогнозирование данного показателя позволяет предсказывать поведение участников рынка и, как следствие, принимать обоснованные управленческие решения. Поскольку динамика стоимости контрактов подвержена воздействию множества внешних и внутренних факторов, возникает задача анализа этого влияния и разработки многофакторной модели, учитывающей оперативное изменение ключевых характеристик рынка. *Результаты:* предложен метод многофакторного адаптивного прогнозирования стоимости газовых контрактов «Месяц вперед» на основе эндогенных и экзогенных факторов. Проведена верификация предложенного метода на примере торговой площадки TTF, представлены результаты числовых расчетов, подтверждающие его эффективность.

Ключевые слова: контракт «Месяц вперед», европейский газовый рынок, виртуальная торговая площадка, TTF, межтопливная конкуренция, прогнозирование цен, анализ данных.

DOI: 10.17308/meps.2021.8/2650

Введение

Форвардный газовый контракт «Месяц вперед» предполагает физическую поставку природного газа в заданном объеме равными долями в течение месяца, следующего за месяцем приобретения контракта. Данный инструмент является наиболее ликвидным форвардным продуктом на виртуальных торговых площадках [11] и во многом определяет поведение игроков европейского газового рынка. Для импортеров торговые площадки могут выступать как источником дополнительных объемов природного газа,

так и точкой его сбыта в зависимости от соотношения цен по форвардным контрактам и по долгосрочным контрактам с поставщиками. Для последних, в свою очередь, стоимость форвардных контрактов «Месяц вперед» зачастую лежит в основе ценообразования по долгосрочным контрактам, в связи с чем текущая стоимость форвардных контрактов сказывается на объемах отборов природного газа контрагентами: если прирост стоимости контракта «Месяц вперед» в текущем месяце n относительно значения в месяце $n - 1$ больше нуля, контрагенты ожидают рост цен по долгосрочным контрактам в месяце $n + 1$, что провоцирует увеличение отборов в текущем месяце n , и наоборот [5]. Таким образом, прогнозирование стоимости газовых контрактов «Месяц вперед» становится одной из важнейших задач при анализе европейского газового рынка для принятия управленческих решений как со стороны импортеров, так и со стороны поставщиков [2–7].

Следует отметить свойственную рынку форвардных контрактов волатильность, растущую по мере уменьшения единицы измерения времени. Так, высокая изменчивость характерна для цен внутрисуточной торговли, на которые заметное влияние оказывают спекуляции, изменчивые рыночные настроения и другие краткосрочные факторы, делая прогнозирование цен в дневном разрезе практически невозможным. При переходе к укрупненным временным интервалам воздействие подобных непрогнозируемых факторов ослабевает, и динамика контрактных цен, подчиняясь объективному влиянию среднесрочных экономических факторов, приобретает более системный характер. Кроме того, дневная изменчивость цен, как правило, не сказывается на поведении основных участников рынка, стратегии которых определяются в большей степени усредненной ежемесячной динамикой стоимости газовых контрактов. В связи с этим задача прогнозирования стоимости форвардных контрактов «Месяц вперед» предполагает оперативное прогнозирование среднемесячных, а не ежедневных спотовых цен.

Поскольку поведение игроков газового рынка в некоторый прогнозный месяц зависит от цен поставки природного газа в заданный и следующий месяцы (m и $m + 1$ соответственно), возникает задача прогнозирования среднемесячных цен контрактов «Месяц вперед» в месяцы $m - 1$ и m . В частности, для случая $m = n + 1$ (оценка в текущий месяц n будущего состояния газового рынка в следующий месяц) задача сводится к прогнозированию среднемесячной цены контракта «Месяц вперед» в текущий месяц n и следующий месяц $n + 1$. Особая специфика данного случая заключается в том, что для любой даты месяца n уже накоплено определенное количество ежедневных значений стоимости контракта «Месяц вперед», и прогнозированию подлежит конечная средняя стоимость в последнее число месяца.

В рамках настоящей статьи среднесрочное (на период до трех месяцев) прогнозирование стоимости контрактов «Месяц вперед» рассматривается на примере нидерландской виртуальной торговой площадки TTF (Title Transfer Facility), оказывающей наибольшее влияние на динамическое уста-

новление равновесной цены форвардных контрактов на европейском газовом рынке [4]. В то же время предложенный в рамках данной статьи подход к прогнозированию стоимости контрактов «Месяц вперед» применим и к другим европейским торговым площадкам.

Эндогенные факторы

Под эндогенными понимаются факторы, отражающие внутренние связи и динамику на европейских торговых площадках. Контракты «Месяц вперед» являются наиболее ликвидным, однако не единственным форвардным продуктом: газ, поставляемый равными долями в течение месяца n , может быть приобретен не только в месяц $n - 1$ в виде контракта «Месяц вперед», но и в месяц $n - 2$ как среднесрочный контракт «2 месяца вперед», в месяц $n - 3$ как среднесрочный контракт «3 месяца вперед» и т.д. На рисунке 1 представлена динамика стоимости упомянутых видов форвардных контрактов на торговой площадке ТТФ. Для обеспечения сопоставимости данных цены были приведены к одному месяцу поставки: стоимость контрактов «Месяц вперед» была взята с лагом 1, «2 месяца вперед» – с лагом 2, «3 месяца вперед» – с лагом 3.

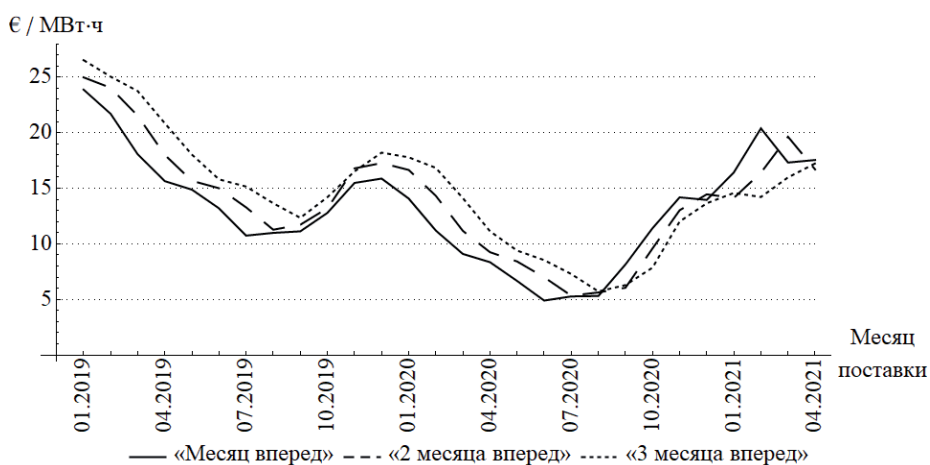


Рис. 1. Динамика цен форвардных контрактов на торговой площадке ТТФ

Из приведенного выше рисунка видно, что среднесрочные оценки стоимости газа, поставляемого через 2 или 3 месяца после заключения контракта, могут быть как завышены (период до августа 2020 года), так и занижены (период после августа 2020 года) относительно цен контрактов «Месяц вперед». Тем не менее, стоимость среднесрочных контрактов находится в тесной связи с ценами исследуемых форвардных контрактов, первичная оценка которой проводилась на основе коэффициента корреляции остатков, то есть после исключения из временных рядов трендовой составляющей (рисунок 2). В результате коэффициент корреляции для цен контрактов «Месяц вперед» и «2 месяца вперед» на выборке с июня 2012 года

по апрель 2021 года составил 0,938, для цен контрактов «Месяц вперед» и «3 месяца вперед» – 0,838. Подобная связь между форвардными продуктами с различным сроком поставки делает возможным, во-первых, наивное прогнозирование цен контрактов «Месяц вперед» на основе среднесрочных форвардных контрактов, а во-вторых, использование последних в качестве эндогенных факторов прогнозной модели. При этом следует отметить снижение корреляции по мере увеличения срока поставки по среднесрочному контракту, которое должно быть учтено в прогнозной модели. В частности, коэффициент корреляции остатков для цен контрактов «Месяц вперед» и «3 месяца вперед» составил 0,723, а для цен контрактов «Месяц вперед» и «5 месяцев вперед» – лишь 0,575. Тенденция к снижению тесноты связи сохраняется по мере роста разницы между сроками поставки по форвардным контрактам.

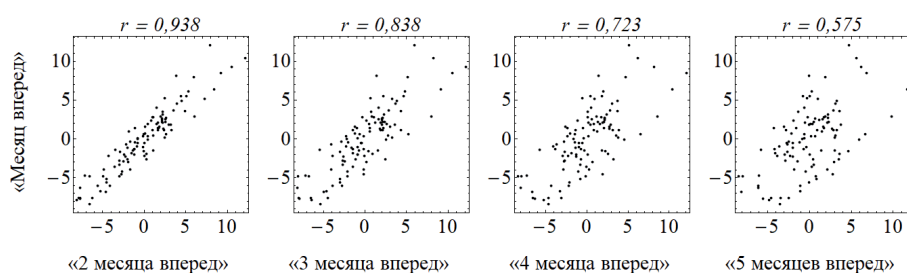


Рис. 2. Оценка тесноты связи между стоимостью контрактов «Месяц вперед» и эндогенными факторами

Поскольку при определенном лаге контракты «Месяц вперед» и среднесрочные форвардные контракты соответствуют одному и тому же месяцу поставки природного газа, в качестве наивного прогноза средней стоимости контрактов «Месяц вперед» на месяц $n + t$ ($\hat{y}_{n+t}^{(1)}$) может выступать фактическая средняя цена контракта « $t + 1$ месяцев вперед», известная за месяц n ($\bar{y}_n^{(t+1)}$). Например, прогнозом стоимости контракта «Месяц вперед» на май 2021 года станет апрельская цена контракта «2 месяца вперед», так как оба форвардных продукта отражают стоимость природного газа, поставляемого в июне 2021 года. Данный подход является интуитивно понятным в случае наличия полной информации о ценах среднесрочных контрактов, однако на практике имеет ряд недостатков, обусловленных ежедневным характером прогнозирования. В частности, для приведенного ранее примера прогноз может существенно различаться в начале и в конце апреля в связи с накоплением ежедневных значений цены контракта «2 месяца вперед», подлежащих усреднению. Более того, в случае резких скачков стоимости контракта «2 месяца вперед» в начале апреля ранний наивный прогноз майской цены контракта «Месяц вперед» становится некорректным. Для повышения надежности прогнозов, сделанных в начале месяца n , возможно использование средних значений цен форвардных контрактов « $t + 2$ меся-

цев вперед» за месяц $n - 1$. В таком случае прогноз корректируется путем применения весов согласно формуле (1):

$$\hat{y}_{n+t}^{(1)} = \frac{d}{l_n} \bar{y}_n^{(t+1)} + \left(1 - \frac{d}{l_n}\right) \bar{y}_{n-1}^{(t+2)}, \quad (1)$$

где d – порядковый номер буднего дня, в который осуществляется прогнозирование, в рамках месяца n ; l_n – количество будних дней в месяце n .

Цены среднесрочных контрактов могут не только использоваться в качестве компонент наивного прогноза стоимости контракта «Месяц вперед» согласно формуле (1), но и выступать в роли эндогенных факторов регрессионной модели, что позволяет учесть более сложную форму связи между ценами среднесрочных контрактов и результирующим признаком. Особенность такого подхода заключается в том, что прогнозирование на каждый будущий момент времени осуществляется на основе специализированной, а не универсальной модели, включающей в качестве факторов цены только определенных форвардных контрактов:

$$\hat{y}_{n+t}^{(1)} = \frac{d}{l_n} f_{t+1}(\bar{y}_n^{(t+1)}) + \left(1 - \frac{d}{l_n}\right) f_{t+2}(\bar{y}_{n-1}^{(t+2)}). \quad (2)$$

Для упомянутого во введении случая прогнозирования конечной средней стоимости контракта «Месяц вперед» к концу текущего месяца n целесообразно положить $f_1(\bar{y}_n^{(1)}) = \bar{y}_n^{(1)}$. Алгоритм подбора функций f_i для $i > 1$ представлен в разделе 5 настоящей статьи.

Стоимостные и объемные экзогенные факторы

Помимо внутренних (эндогенных) факторов, соответствующих динамике цен среднесрочных форвардных контрактов на самих торговых площадках, существенное воздействие на стоимость контрактов «Месяц вперед» оказывают также внешние (экзогенные) факторы, отражающие характеристики европейского газового рынка и влияющие на формирование спроса и предложения природного газа на торговых площадках. К таковым относятся стоимостные экзогенные факторы (цены на энергоносители-субституты) и объемные экзогенные факторы (отражающие профицит или дефицит на европейском газовом рынке).

Нефть, газ и уголь являются энергоносителями-субститутами и находятся в постоянной ценовой конкуренции. Как видно из рисунка 3, цены на газовые контракты «Месяц вперед» фактически заключены в коридор между ценами на нефть марки Brent (коэффициент корреляции остатков 0,688) и ценами на роттердамский уголь (коэффициент корреляции остатков 0,736). Цены на уголь обеспечивают уровень поддержки цен на природный газ: возможное повышение первых влечет за собой снижение спроса на уголь, а неизменная краткосрочная потребность в энергоносителях вынуждает потребителя компенсировать недополученные объемы угля природным газом, что ведет к росту его цены (исключение из этого правила, наблюдаемое в

период с мая по июль 2020 года, связано с пандемией COVID-19). Цены на нефть, напротив, обеспечивают уровень сопротивления, поскольку их снижение приводит к повышению спроса на нефть и отказу потребителя от части объема потребляемого газа, что в свою очередь вызывает снижение его цены. Следует отметить, что теснота связи между ценами энергоносителей-субститутов может варьироваться в зависимости от временного периода. Так, в исследовании [1] было показано, что наиболее существенное влияние на стоимость форвардных контрактов «Месяц вперед» оказывают цены на нефть марки Brent, однако, как видно из рисунка 3, в течение 2019 года наблюдалось заметное ослабление существующей ранее связи. Тем не менее, цены на энергоносители-субституты по-прежнему остаются важным предиктором стоимости газовых контрактов «Месяц вперед», поскольку нарушения в направлениях динамики цен носят эпизодический характер, а описанная выше фундаментальная связь сохраняется на долгосрочном временном периоде. В частности, после аномального 2019 года связь между ценами нефти и газа вновь восстановилась.

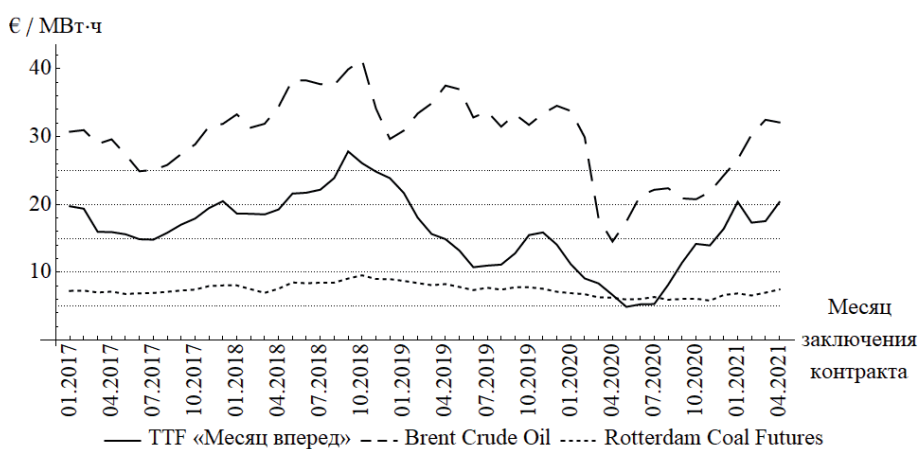


Рис. 3. Динамика цен энергоносителей-субститутов

Наравне со стоимостными факторами влияние на динамику цен газовых контрактов «Месяц вперед» могут оказывать внешние факторы европейского газового рынка, отражающие его объемные характеристики. К таковым в первую очередь относится отклонение текущих запасов в подземных хранилищах газа (ПХГ) от среднего исторического значения (нормы) для данного месяца. В случае, если текущие запасы превышают норму, можно говорить о профиците газа на европейском газовом рынке, который влечет за собой снижение спроса и, как следствие, уменьшение стоимости контрактов «Месяц вперед». Напротив, отрицательное значение разности запасов и нормы свидетельствует о высоких темпах отбора из ПХГ, вызванных ростом спроса на газ, который в свою очередь обуславливает повышение форвардных цен. Иными словами, стоимость форвардных газовых контрактов «Месяц вперед» находится в обратной зависимости от отклоне-

ния объема запасов от нормы, что нашло свое отражение в отрицательном значении коэффициента корреляции для рядов с исключенной трендовой составляющей (рис. 4).

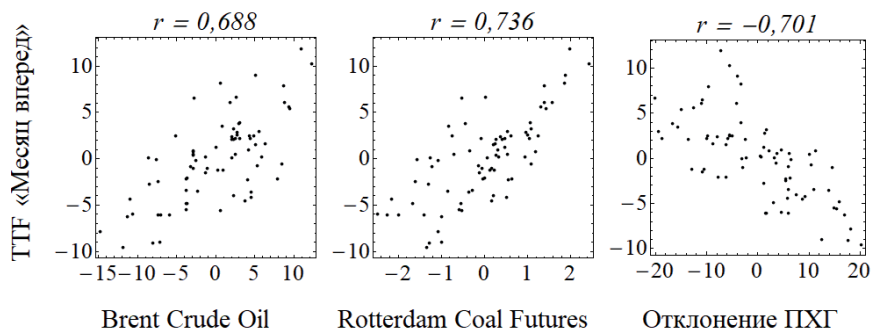


Рис. 4. Оценка тесноты связи между стоимостью контрактов «Месяц вперед» и экзогенными факторами

Другой объемной характеристикой европейского газового рынка являются объемы поставок сжиженного природного газа (СПГ), увеличение которых обуславливает рост предложения, что может приводить к снижению цен. Тем не менее, корреляционный анализ остатков динамических рядов не дает оснований предполагать значительное влияние данного фактора на стоимость форвардных контрактов, что может быть объяснено непостоянством его средних значений и дисперсий на различных исторических интервалах. Иными словами, условия и объемы поставок СПГ на европейский газовый рынок заметно отличались в различные исторические периоды, что существенно ограничивает обучающую выборку и делает невозможным корректное построение прогнозных моделей.

Многофакторная адаптивная модель

Совместное воздействие эндогенных и экзогенных факторов на прогноз стоимости форвардных газовых контрактов «Месяц вперед» может быть выражено в следующем виде:

$$\hat{y}_{n+t}^{(1)} = \frac{1}{t+1} \left(\frac{d}{l_n} f_{t+1}(\bar{y}_n^{(t+1)}) + \left(1 - \frac{d}{l_n} \right) f_{t+2}(\bar{y}_{n-1}^{(t+2)}) \right) + \frac{t}{t+1} g(x_{n+t}^{(1)}, \dots, x_{n+t}^{(k)}), \quad (3)$$

где $x_{n+t}^{(i)}$ – прогнозное (сценарное) значение i -того фактора в месяц $n+t$; k – число экзогенных факторов (3 в рамках настоящей статьи).

Включение в модель экзогенных факторов предполагает наличие их независимых прогнозов или экспертных оценок, что делает возможным сценарный подход при прогнозировании стоимости форвардных контрактов «Месяц вперед». Весовые коэффициенты в формуле (3) позволяют учесть изменение тесноты связи между факторами и результирующим признаком с ростом горизонта прогнозирования и адаптировать прогноз под снижение точности эндогенной модели. В случае, если в некоторый день d месяца n

прогнозируется средняя стоимость контракта «Месяц вперед» к концу данного месяца, формула принимает вид (4), т.е. с определенными весами учитывается уже накопленное среднее значение стоимости, а также результат влияния цены среднесрочного контракта «2 месяца вперед» как наиболее значимого фактора при краткосрочном прогнозировании:

$$\hat{y}_n^{(1)} = \frac{d}{l_n} \bar{y}_n^{(1)} + \left(1 - \frac{d}{l_n}\right) f_2(\bar{y}_{n-1}^{(2)}). \quad (4)$$

В случае прогнозирования в последний будний день месяца ($d = l_n$), формула преобразуется в тривиальное тождество $\hat{y}_n^{(1)} = \bar{y}_n^{(1)}$. По мере увеличения горизонта прогнозирования, связь между стоимостью контрактов «Месяц вперед» и среднесрочными форвардными контрактами с поставкой в том же месяце ослабевает, в связи с чем влиянию эндогенных факторов присваивается меньший вес. Так, например, при прогнозировании стоимости контракта «Месяц вперед» через три месяца, влияние средних значений цен контрактов «4 месяца вперед» и «5 месяцев вперед», рассмотренных ранее, принимается с весом $1/4$, в то время как $3/4$ прогнозного значения результирующего признака будет приходиться на влияние экзогенных факторов.

Подбор параметров модели и результаты расчетов

Источником динамических данных по стоимостным показателям стал агрегатор Bloomberg [11]. Объемные характеристики европейского газового рынка были собраны из баз AGSI+ [9] и ALSI [10]. Программная реализация прогнозной модели была осуществлена в системе Wolfram Mathematica [12].

Ранее при рассмотрении внешних и внутренних факторов, определяющих динамику стоимости контрактов «Месяц вперед», первичная оценка тесноты связи проводилась на основе коэффициента корреляции между временными рядами с исключенной тенденцией. В то же время представленные факторы могут оказывать сложное нелинейное воздействие на результирующий признак, что обуславливает необходимость применения методов машинного обучения для получения моделей f_i и g . Поскольку основной целью работы является прогнозирование стоимости контрактов, а не аппроксимация их исторических значений, подбор конкретных моделей и их настроек осуществляется исходя из точности получаемых прогнозов. Так как временной ряд стоимости контрактов «Месяц вперед» не содержит нулевых или близких к нулю значений, для оценки точности прогнозов применима метрика *SMAPE* [8], выражаемая формулой (5)

$$SMAPE = \frac{1}{h} \sum_{j=1}^h \frac{2|e_{n+j}|}{|y_{n+j}| + |\hat{y}_{n+j}|}, \quad (5)$$

где h – горизонт прогнозирования; e_{n+j} – ошибка j -того прогноза.

Подбор моделей f_i и g осуществлялся путем перекрестной проверки, или кросс-валидации, в предположении, что прогноз осуществляется в

день $d = 11$. В качестве первичной обучающей выборки были взяты данные с 1 января 2015 года по 16 декабря 2019 года (11-й будний день в данном месяце), на которых обучались различные варианты прогнозных моделей $\{f_2, \dots, f_5, g\}$, после чего осуществлялся прогноз значений $\{\hat{y}_{60}^{(1)}, \dots, \hat{y}_{63}^{(1)}\}$. Полученные прогнозы сравнивались с фактическими средними значениями стоимости контрактов «Месяц вперед» за декабрь 2019 года – март 2020 года по метрике $SMAPE$. Затем обучающая выборка продлевалась до 15 января 2020 года, и процедура повторялась. В результате для каждой возможной модификации моделей $\{f_2, \dots, f_5, g\}$ был получен вектор значений метрики $SMAPE$ длины 14. Эти значения усреднялись, после чего для прогнозирования выбирались модели с наименьшим средним значением $SMAPE$. Результаты описанного алгоритма подбора компонент многофакторной адаптивной модели представлены на рисунке 5.

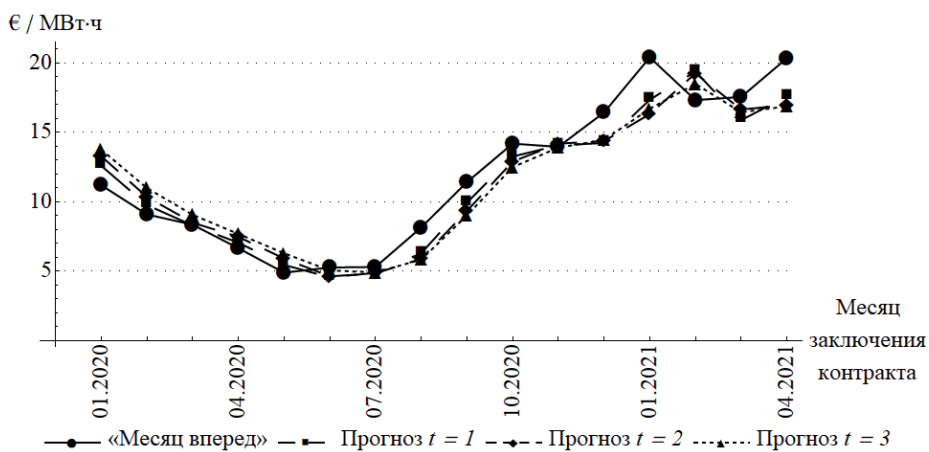


Рис. 5. Сравнение прогнозов различного периода с тестовой выборкой

Как видно из рисунка выше, полученная адаптивная многофакторная модель позволяет с достаточной точностью прогнозировать динамику стоимости контрактов «Месяц вперед». Среднее значение метрики $SMAPE$ при прогнозировании на один месяц ($t = 1$) составило 0,107, при прогнозировании на два месяца ($t = 2$) – 0,135, при прогнозировании на три месяца ($t = 3$) – 0,145.

Заключение

В статье рассмотрен набор эндогенных и экзогенных факторов, во многом определяющих динамику стоимости форвардных газовых контрактов «Месяц вперед» на европейских торговых площадках. Проанализирована и обоснована связь между выделенными факторами и рассматриваемым результирующим признаком. Предложена многофакторная адаптивная модель, учитывающая различную степень влияния факторов при изменении горизонта прогнозирования. Описан алгоритм подбора оптимальных параметров компонент модели, проиллюстрированный на примере торговой пло-

щадки TTF. Предложенная модель может применяться для прогнозирования стоимости контрактов «Месяц вперед» на любой торговой площадке для произвольного горизонта прогнозирования при условии наличия прогнозов или экспертных оценок значений экзогенных факторов.

Список источников

1. Гнатюк А.А., Комлев С.Л., Ляховенко Д.С., Фридман Г.М. Математическое моделирование европейского газового рынка: прогнозирование цен форвардных газовых контрактов на торговых площадках // *Известия Санкт-Петербургского государственного экономического университета*, 2018, no. 1, с. 14-19.
2. AGSI+ Storage Data [Электронный ресурс] // *Gas Infrastructure Europe*. Доступно: <https://agsi.gie.eu/#/> (дата обращения: 30.04.2021).
3. ALSI Storage Data [Электронный ресурс] // *Gas Infrastructure Europe*. Доступно: <https://alsi.gie.eu/#/> (дата обращения: 30.04.2021).
4. Bloomberg Professional Services [Электронный ресурс] // Bloomberg Finance LP. Доступно: <https://www.bloomberg.com/professional/> (дата обращения: 30.04.2021).
5. Seperic E., Zikovic S., Seperic V. Short-term forecasting of natural gas prices using machine learning and feature selection algorithms // *Energy*, 2017, no. 140, pp. 893-900.
6. Fabini C. *Price forecasts in the European natural gas markets*. University of St. Gallen, 2012.
7. Heather P. European Traded Gas Hubs: the supremacy of TTF. *The Oxford Institute for Energy Studies*, 2020.
8. Komlev S. Foundations of Natural Gas Price Formation. *Anthem Press*, 2020.
9. Salehnia N., Falahi M.A., Seifi A., Adeli M.H.M. Forecasting natural gas spot prices with nonlinear modeling using gamma test analysis // *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2013, no. 14, pp. 238-249.
10. Su M., Zhang Z., Zhu Y., Donglan Z., Wen W. Data Driven Natural Gas Spot Price Prediction Models Using Machine Learning Methods // *Energies*, 2019, no. 12, 1680.
11. Tofallis C. A Better Measure of Relative Prediction Accuracy for Model Selection and Model Estimation // *Journal of the Operational Research Society*, 2015, no. 66(8), pp. 1352-1362.
12. Wolfram Language & System Documentation Center [Электронный ресурс] // *Wolfram: Computation Meets Knowledge*. Доступно: <http://reference.wolfram.com/language/> (дата обращения: 30.04.2021).

FORECASTING OF MONTH AHEAD PRICES ON VIRTUAL TRADING POINTS OF THE EUROPEAN GAS MARKET

Lyakhovnenko Dmitriy Sergeevich, graduate student

Saint-Petersburg State University of Economics, Sadovaya str., 21, St. Petersburg, Russia, 191023; e-mail: dmitriy.lyakhovnenko@gmail.com

Purpose: the forecasting is discussed in the paper of the average monthly prices of Month Ahead forward gas contracts on European virtual trading points. *Discussion:* month Ahead gas contract price is one of the crucial indicators of the European gas market which determines its agents short- and mid-term strategies. Prices forecasting allows to predict market agents' actions and therefore can be used during management decision making. Since the contract prices dynamics is affected by a variety of external and internal factors, the task is to analyze this influence and to develop a multi-factor model that takes into account the rapid change in the key characteristics of the market. *Results:* an adaptive method is proposed of gas contract prices forecasting based on endogenous and exogenous factors. The advocated method is verified on the example of the TTF trading point and the numerical results confirming its effectiveness are presented.

Keywords: Month Ahead contract, European gas market, virtual trading point, TTF, inter-fuel competition, prices forecasting, data analysis.

References

1. Gnatyuk A.A., Komlev S.L., Lyakhovnenko D.S., Fridman G.M. Mathematical modelling of European gas market: forecasting of forward gas prices on virtual trading points. *Izvestiya UNECON*, 2017, no. 1, pp. 14-19. (In Russ.)
2. AGSI+ Storage Data [Electronic resource]. Gas Infrastructure Europe. Available at: <https://agsi.gie.eu/#/> (accessed: 30.04.2021).
3. ALSI Storage Data [Electronic resource]. Gas Infrastructure Europe. Available at: <https://alsi.gie.eu/#/> (accessed: 30.04.2021).
4. Bloomberg Professional Services [Electronic resource]. Bloomberg Finance LP. Available at: <https://www.bloomberg.com/professional/> (accessed: 30.04.2021).
5. Ceperic E., Zikovic S., Ceperic V. Short-term forecasting of natural gas prices using machine learning and feature selection algorithms. *Energy*, 2017, no. 140, pp. 893-900.
6. Fabini C. *Price forecasts in the European natural gas markets*. University of St. Gallen, 2012.
7. Heather P. *European Traded Gas Hubs: the supremacy of TTF*. The Oxford Institute for Energy Studies, 2020.
8. Komlev S. *Foundations of Natural Gas Price Formation*. Anthem Press, 2020.
9. Salehnia N., Falahi M.A., Seifi A., Adeli M.H.M. Forecasting natural gas spot prices with nonlinear modeling using gamma test analysis. *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 2013, no. 14, pp. 238-249.
10. Su M., Zhang Z., Zhu Y., Donglan Z., Wen W. Data Driven Natural Gas Spot Price Prediction Models Using Machine Learning

Methods. *Energies*, 2019, no. 12, 1680.

11. Tofallis C. A Better Measure of Relative Prediction Accuracy for Model Selection and Model Estimation. *Journal of the Operational Research Society*, 2015, no. 66(8), pp. 1352-1362.

12. Wolfram Language & System Documentation Center [Electronic resource]. *Wolfram: Computation Meets Knowledge*. Available at: <http://reference.wolfram.com/language/> (accessed: 30.04.2021).