

УДК 338.47, 338.45

JEL classification: E27, O13, L61, L62

**А.А. Галингер**

Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, г. Москва

**Оценка эффектов распространения водородных технологий для топливно-энергетического комплекса и экономики России**

*Аннотация*

В работе дается описание результатов взаимодействия водородных технологий с транспортной, металлургической и прочими отраслями народного хозяйства, сопоставление традиционных технологий (в металлургии и автомобильном транспорте) и их новых водородных аналогов. Приводится краткая характеристика модели низкоуглеродного развития России, для которой описанные результаты составляют её водородный блок расчетов.

Ключевые слова: парниковые газы, межотраслевая модель, водород, транспорт, металлургия, Парижское соглашение

**A.A. Galinger**

Institute of Economic Forecast RAS, Moscow

**Estimations of the effects of hydrogen technologies spread for Russian energy sector and economy**

*Annotation*

The paper describes the results of hydrogen technologies interaction with the transport, metallurgical and other sectors of Russian economy, compares traditional technologies (in metallurgy and transport) and their new hydrogen alternatives. In addition, here is given a brief description of Russian low-carbon development model, for which the described results constitute its hydrogen unit of calculations.

Key words: greenhouse gases, intersectoral model, hydrogen, transport, metallurgy, Paris Agreement

Россия является стороной Парижского соглашения, заявив в качестве национального вклада цель удержания нетто-эмиссий парниковых газов (с учетом сектора ЗИЗЛХ – землепользование, изменения в землепользовании и лесное хозяйство) ниже отметки 70-75% от уровня 1990 г. Президент России В. Путин своим указом от 04.11.2020 № 666 поручил Правительству РФ обеспечить к 2030 г. сокращение нетто-эмиссий уже до 70% относительно 1990 года. В послании Федеральному собранию от 21.04.2021 В. Путин заявил, что накопленный объем нетто-эмиссии парниковых газов в период до 2050 года должен быть ниже, чем в ЕС.

Таким образом, перед Россией стоит серьезная задача снижения углеродоемкости национальной экономики. При этом технический потенциал снижения нетто-эмиссий в стране значителен. Однако остается вопрос, какие из потенциальных мер экономически приемлемы для страны, а какие нет.

В ИНП РАН разработан модельный комплекс для оценки макроэкономических последствий реализации мер сдерживания выбросов парниковых газов в стране [1,2]. Он включает межотраслевую модель российской экономики, дополненную расширенной версией расчетного энергетического баланса и блоком управления нетто-выбросами парниковых газов. Мероприятия по снижению выбросов парниковых газов являются тем экзогенным фактором, который в рамках расчетов позволяет переходить от одного сценария к другому.

До сих пор водородные технологии не были представлены среди инструментов снижения углеродоемкости российской экономики, однако в 2020 году была запущена работа по расширению модельного комплекса за счет разработки водородного блока.

К настоящему времени в экспертном сообществе сложился консенсус о том, что в ближайшие 10-15 лет проникновение водородных технологий с большой долей вероятности возможно в автомобильном транспорте и металлургии. В более отдаленной перспективе существует вероятность их применения по более широкой номенклатуре направлений, таких как железнодорожный и авиационный транспорт, тяжелая промышленность, бытовой сектор, электрогенерация (производство водорода на электролизерах, как способ балансировки энергосистемы) [3]. Именно на учет перспективных направлений использования водорода нацелено расширение модельного комплекса ИНП РАН.

Автомобили с топливными ячейками на водороде конструкционно находятся между автомобилями с ДВС и электромобилями в том плане, что имеют и свою систему хранения и подачи топлива (как ДВС), и электродвигатели (питаемые топливными ячейками). Оценки ИНП РАН показывают, что стоимость использования водородного автомобиля пока существенно выше по сравнению с альтернативами как по эксплуатационным затратам, так и в части цены автомобиля. В то же время, как показала практика распространения электромобилей, научно-технический прогресс и активная господдержка способны коренным образом менять ситуацию на рынках. В ситуации распространения водородного автотранспорта при текущем уровне технологий (в терминах таблиц затраты-выпуск межотраслевого баланса) произойдет рост выпуска цветной металлургии (аналогично распространению электромобилей) и химической отрасли (в настоящее время основным способом производства водорода является паровая конверсия метана), и одновременно с этим будет снижение выпуска продукции нефтепереработки и черной металлургии в столбцах транспортной отрасли и конечного потребления домохозяйств.

Металлургическое производство представляет собой несколько переделов, которые можно разделить на этапы: подготовка железнорудного сырья (ЖРС), производство железа, производства стали. Практически вся (порядка 99%) выплавка стали в мире производится двумя способами: в кислородных конвертерах и электропечах. Это порождает две различные технологические цепочки в рамках указанных этапов: подготовка ЖРС – выплавка в доменных печах – выплавка в кислородных конвертерах и подготовка ЖРС – прямое восстановление железа – выплавка в электропечах (см. рис. 1).

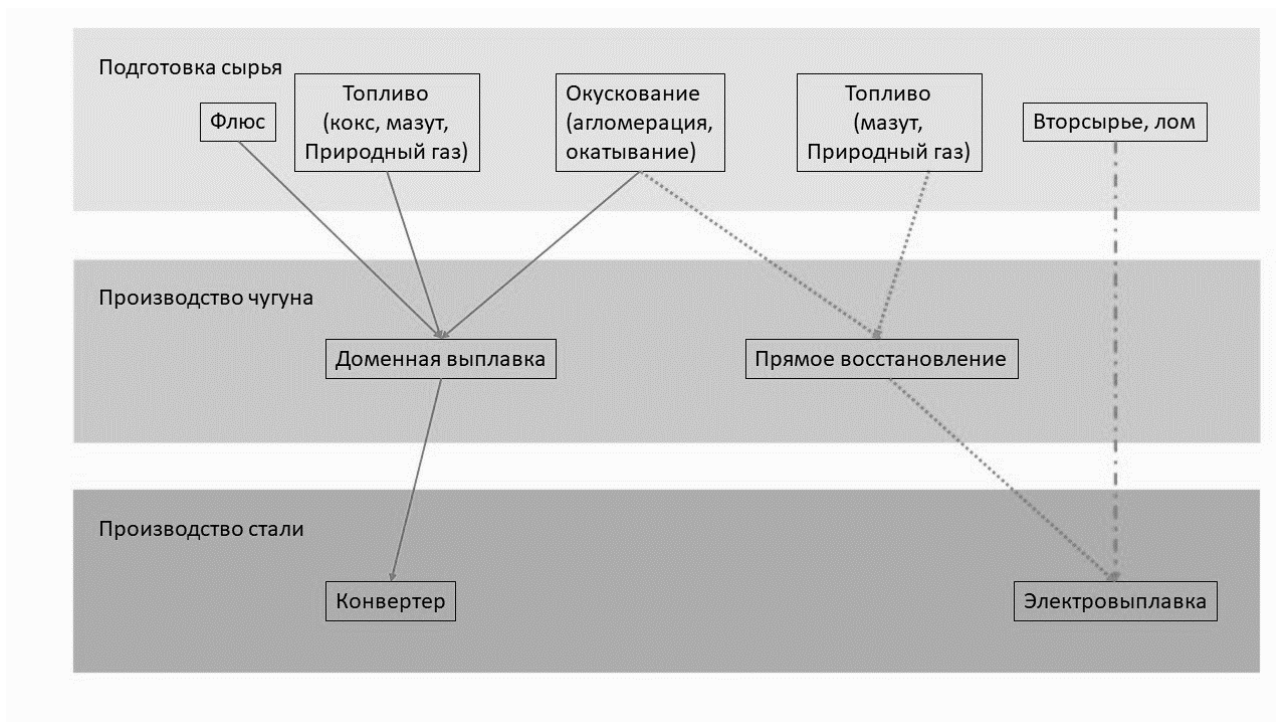


Рисунок 1. Технологические цепочки выплавки стали

Для проводимой работы интерес представляют этап прямого восстановления железа, т.к. рост потребления водорода возможен именно в данном технологическом процессе.

Восстановление железа из руды либо окатышей происходит при температурах порядка 1000 градусов Цельсия и с использованием специальной газовой смеси, в результате чего процесс восстановления происходит только для железа без его примесей. Газовая смесь является продуктом парового риформинга природного газа, который в данном процессе преобразуется в два перемешанных газа: угарный газ (CO) и водород (H<sub>2</sub>). В процессе восстановления железа угарный газ становится углекислым (CO<sub>2</sub>), водород – водой. Замещение природного газа водородом позволит избежать образования CO<sub>2</sub> на данном этапе. В выходном продукте описанного этапа получается низкоуглеродистое железо (менее 1% углерода), в котором, однако, содержится около 10% иных металлов, которые удаляются в процессе электроплавки (на третьем этапе). Необходимо отметить, что железо прямого восстановления на данном этапе обладает достаточно высокой окисляемостью, и обычно производства второго и третьего этапа располагаются в пределах одного предприятия.

При распространении водородных технологий в металлургии в столбце потребления металлургии (в таблицах затраты-выпуск) произойдет снижение выпуска газовой отрасли (потребление природного газа), и рост выпуска химической отрасли (потребление водорода). Также возможен вариант, когда металлургические предприятия организуют на своей территории генерацию безуглеродной электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии, которая преобразуется в водород на электролизерах. В такой цепочке в столбце потребления металлургии вырастет выпуск генерации электроэнергии, и снизится выпуск газовой промышленности.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Porfirev B., Shirov A., Kolpakov A. Low-Carbon Development Strategy: Prospects for the Russian Economy. *Mirovaya ekonomika i mezhdunarodnye otnosheniya*, 2020, vol. 64, No 9, pp. 15-25. <https://doi.org/10.20542/0131-2227-2020-64-9-15-25>.

2. Andrey Kolpakov. Low-carbon development strategy of Russia considering the impact on the economy. E3S Web Conf., 209 (2020) 05005. Pp. 378-384. DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020905005>.
3. McKinsey & Company. Hydrogen Insights Report 2021 Hydrogen Council, 2021, pp. v-viii. <https://hydrogencouncil.com/wp-content/uploads/2021/02/Hydrogen-Insights-2021.pdf>