ВОДОРОДНЫЙ РАСКОЛ МНЕНИЙ:
НОВЫЙ ВИТОК ПРОТИВОСТОЯНИЯ (ЧАСТЬ 2)

АНДРЕЙ КОНОПЛЯНИК*
Доктор экономических наук, профессор, советник генерального директора ООО «Газпром экспорт», соруководитель рабочей группы 2 «Внутренние рынки» Консультативного совета Россия-ЕС по газу, член Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике

Принятый в 2019 году «Зеленый курс» ЕС ставит целью достижение углеродной нейтральности ЕС к 2050 году, опираясь на развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и декарбонизированных газов, в первую очередь водорода (H_2). При этом в «Водородной стратегии ЕС» от 8 июля 2020 года [1] ставка делается на «возобновляемый» («зеленый») H_2, получаемый методами электролиза с использованием электроэнергии ВИЭ. На формирование правил регулирования именно такого, в конечном итоге, водородного сегмента европейской экономики нацелен пакет документов ЕС, принятый двумя траншами 14 июля [2] и 15 декабря [3] с.г. Таким образом, Еврокомиссия целенаправленно держит курс на решение климатической проблемы в ЕС (уменьшение выбросов CO_2) путем приоритетного развития связки «ВИЭ плюс возобновляемый H_2» и пытается навязывать именно такой курс низкоэмиссионного развития и другим, в первую очередь соседним, странам. В частности, для производства в них возобновляемого H_2 и последующего его экспорта в ЕС. В России по этому вопросу мнения разделились: одни ратуют за реализацию в стране предлагаемой ЕС (в первую очередь – Германией) схемы водородного сотрудничества с экспортом произведенного в России H_2 в виде метано-водородной смеси (МВС) по действующей газотранспортной системе страны (ГТС). Другие – возражают и предлагают альтернативные сценарии. Дискуссия вышла на уровень Президента страны.

* Взгляды, изложенные в настоящей статье, не обязательно отражают (могут/должны отражать) и/или совпадают (могут/должны совпадать) с официальной позицией Группы «Газпром» (вкл. ОАО «Газпром» и/или ООО «Газпром экспорт»), ее/их акционеров и/или ее/их аффилированных лиц, отражают личную точку зрения автора настоящей статьи и являются его персональной ответственностью. Информация, используемая для/в настоящей статье, получена исключительно из открытых публичных источников и общеизвестных знаний.

(Окончание. Начало в предыдущем номере)

Как рождаются мифы

В отечественном и международном публичном пространстве вот уже значительное время фигурируют различные цифры якобы допустимых уровней подмешивания H_2 к метану, транспортируемому по действующей ГТС Россия–ЕС: от 5% H_2 в МВС для «Северного потока-2» (у Родичкина-Карасевича [4]) или 10% для всей ГТС в целом (у Чубайса [5-6], Тузова [7]) до ставшего широко распространенным в нашей стране (Белов [8-10], Телегина [11] и др. [12]) и за рубежом (Балан [13], Харада [14]) диапазона 20-70% (где 20% – для «старых» трубопроводов, а 70% – для «новых», например, «Северных потоков» (СП-1 и СП-2)) и даже 80% (Уотсон [15]).Приведенный список далеко не является исчерпывающим.

Единственные авторы, кто хоть как-то пытается обосновывать свои выводы (применительно только к СП-2) – это Родичкин и Карасевич [4]. При этом они исходят исключительно из экологических соображений, но не принимают во внимание экономические и – главное – технологические ограничения на переход от прокачки природного газа к МВС. А эти ограничения в принципе не допускают транспортировку МВС с содержанием в нем H_2 в любой пропорции по трубопроводам СП-1 и СП-2, сертифицированным под состав газа с нулевым содержанием H_2 для перекачки (см. *Бокс 1, написанный по моей просьбе бывшим техническим директором СП-1 и СП-2 Сергеем Сердюковым: «Ограничения газопроводов СП-1 и СП-2 по составу газа»*).

Бокс 1. С. Сердюков: Ограничения газопроводов СП-1 и СП-2 по составу газа

При проектировании магистральных газопроводов (ГП, все морские ГП входят в эту категорию) расчет материала трубы (ее прочностной класс, эластичность, внутреннее гладкостное и внешнее антикоррозионное покрытие) определяется проектом, который обязан пройти в РФ государственную экологическую и главную государственную экспертизы. При прохождении территорий и акваторий зарубежных юрисдикций, объем таких экспертиз, как правило, расширен. Для масштабных проектов (все морские ГП) применяются нормы DNV, которые предусматривают особый уровень безопасности по системе SIL: от SIL1 до SIL3. При проектировании ГП Nord Stream инициаторами проекта (консорциум 5 компаний, включая «Газпром») было решено сооружать его по наивысшей категории безопасности – SIL3. До того в Европейской практике столь высокая норма не применялась. Исходя из этого решения и в целях обеспечения этого уровня технического совершенства и безопасности был проведен цикл исследовательских работ среди известных мировых поставщиков труб 48 дюймов на давление 220 бар. В результате такой экспертизы, труб и запорной арматуры из необходимого качества стали найдено не было. И новую сталь марки Х70 для труб известные бренды металлургической отрасли решили создать как новую. При этом одним из важных факторов явился компонентный состав транспортируемого газа, как с точки зрения гидравлики, так и по параметру нулевого воздействия на внутреннюю стенку трубы. По итогу работы пяти ведущих мировых производителей и российской компании Ижорский трубный завод (группа «Северсталь»), такая сталь была создана и Заказчиком сертифицирована, именно она использована при производстве труб всех четырех различных толщин стенок. В процессе сертификации в технологию проката была внесена обязательная процедура разводораживания, для удаления атомарного и молекулярного водорода из листа. Остаточное наводораживание возникает в процессе водяного легирования. Внутренняя поверхность ТП в целях максимального снижения шероховатости была покрыта двухслойным двухкомпонентным эпоксидом. По всей длине каждой применяемой трубы, за исключением участков по 80 мм на концах труб, поскольку это зона сварки, и она должна быть чисто металлической. Иными словами – на каждом стыке (а это самый напряженный элемент трубопровода) образовался участок длиной около 160 мм без покрытия, который имеет металлургическую поверхность после проката. То есть транспортируемая среда неизбежно контактирует с самим металлом. Проектный компонентный состав природного газа имел строгие ограничения на примеси (сера, вода). Для такого состава газа исследованием было установлено нулевое воздействие за весь срок службы газопровода – 50 лет. При выдаче разрешений на строительство и в дальнейшем на эксплуатацию, транзитные государства базировались исключительно на данном составе газа, в котором компонент H_2 полностью отсутствует. На базе этих разрешений и сертификаций страховые компании осуществили страхование морского газопровода. При строительстве второй системы Nord Stream 2 все нормативные требования к материалу труб были идентичными Nord Stream. Дополнительно договорами на сетевое присоединение между операторами императивно зафиксировано действие, в случае отклонения состава газа от спецификации – немедленное отключение.

Остальные авторы/комментаторы просто приводят голословные утверждения о допустимости подмешивания H_2 к метану в вышеуказанных пропорциях. Ссылаясь зачастую – сюрприз!!! – на «Газпром», как на якобы источник данных о диапазоне 20-70%… Даже наиболее высокая цифра из известных мне значений – 80% якобы приемлемого содержания H_2 в МВС для действующих трубопроводных систем, которую озвучил Джэймс Уотсон, глава «Еврогаза», была приведена также со ссылкой на «Газпром».

Об истоках и убедительности таких ссылок скажем далее (см. *Бокс 2: «О некритичном экстраполировании»*). Но именно наболее высокие значения диапазона «допустимости» содержания H_2 в МВС для действующих трубопроводных систем (20-70% якобы от «Газпрома» и 80% от «Еврогаза», но также якобы от «Газпрома») стали широко тиражироваться, в первую очередь «политологической» и «проводородной» частью окологазового сообщества комментаторов, со ссылкой на авторитет «Газпрома» и «Еврогаза» (как международной специализированной газовой организации, одним из членов которой является «Газпром») с очевидной логикой типа «ребята – и те и другие – знают, о чем говорят…»). А поскольку «политологическая» окологазовая тусовка является наиболее активной в публичном пространстве (достаточно посмотреть, кто именно наиболее часто в нашей стране и за рубежом комментирует текущие события в энергетической сфере), таким образом в публичное пространство – за счет частоты повторения и «перекрестного опыления» (ссылаясь на данные, взятые друг у друга, но фигурирующие уже как безусловные) вкладывается и становится устойчивым в непрофессиональном сообществе понимание, что да, действительно, можно безболезненно подмешивать H_2 к метану в действующей ГТС (и даже в значительных пропорциях – 70-80%, вот ведь сами газовики об этом говорят) – и ничего страшного не случится. Значит и надо идти по этому пути… И начинать можно с малых, совсем уж безболезненных значений (10%)…(см. *Бокс 2: «О некритичном экстраполировании»*). О которых и говорит Анатолий Чубайс, как для ГТС в целом, так и применительно непосредственно к СП-2: «Для понимания масштаба открывающихся возможностей — только по газопроводу «Северный поток» можно экспортировать до 1млн тонн водорода. Это примерно 20% от всего планируемого Евросоюзом импорта водорода в 2030 году!» [16]. Однако (еще раз) – см. *Бокс 1 от Сердюкова…*

Полезно разобраться, откуда взялись эти цифры, многие из которых, повторюсь, приводятся со ссылкой на якобы «Газпром». Начнем с наиболее высоких значений.

Бокс 2. О некритичном экстраполировании

Многочисленные западные (европейские) и некоторые российские сторонники транспортировки H_2 /МВС по ГТС ссылаются главным образом на опыт эксплуатации локальных сетей низкого давления на небольшие расстояния и в небольших объемах в первую очередь, в северной Германии и Нидерландах, где в связи с давно идущим сокращением и запланированным скорым прекращением, с некоторыми оговорками – в середине в 2022 года [58-59], добычи газа (из-за локальных техногенных мини-землетрясений [60]) на когда-то крупнейшем месторождении Гронинген высвобождается часть местных газотранспортных сетей, по которым поставлялся потребителям низкокалорийный газ с этого месторождения, характеризующийся повышенным содержанием азота (так называемый L-газ в отличие от высококалорийного российского и/или норвежского газа, так называемого N-газа). Поэтому Гронингенские сети для L-газа могли быть изолированы от сетей для N-газа (связь между ними обеспечивается через установки добавления азота в N-газ, чтобы последний, превратившись таким образом в L-газ, мог быть доставлен традиционным потребителям Гронингенского газа в Нидерландах и Германии), что создавало и сохраняет объективно обусловленные предпосылки для экспериментов с транспортировкой H_2 /МВС именно на этих локальных изолированных сетях. На которых, действительно, в этих двух странах наработана практика транспортировки H_2 /МВС розничным потребителям. При этом максимальное (верхнее) законодательно установленное ограничение по содержанию H_2 в МВС в ЕС – это 10% в Германии и 12% в Нидерландах. И вот эта «европейская» практика транспортировки H_2 /МВС в условиях специфической географической – вокруг Гронингена – части розничного рынка ЕС (повторю: низкие давления, небольшие объемы и расстояния, более того – зачастую по заменившим металлические пластиковым трубам, в рамках одной юрисдикции) некритично предлагается для экстраполирования на несопоставимо бОльшие объемы, расстояния, давления российского газового экспорта в ЕС, пересекающего разные юрисдикции.

Откуда взялись 80% Уотсона?

Источники всех публикаций, указывающих эту цифру, в итоге сводятся к одной единственной цитате Уотсона в начале октября 2019 года в изложении Sputnik News, перепечатанной затем в разных вариациях другими информагентствами и иными СМИ [15, 17-19]. Вот она дословно: «Относительно СП-2 я, в частности, заинтересован, поскольку мое понимание из разговоров с людьми из «Газпрома», что они также смогут использовать его в будущем для транспортировки H_2. Так, вместо того, чтобы транспортировать исключительно природный газ, СП-2 может прокачивать 80% H_2. Я верю, что у нас в ЕС имеется мощная декарбонизационная повестка, и в какой то момент времени H_2, возможно, сможет заместить природный газ в [некоторых] частях нашей [газотранспортной] системы», сказал Уотсон». [15]

Собственно, все сообщение состояло из одной этой его фразы. При этом конструкция ключевого в ней предложения про 80% такова, что очевидно: эта величина не является доказательным утверждением «Газпрома», но иллюстративным примером, интерпретацией самого Уотсона, исходя из обозначенного коллегами из «Газпрома» рассмотрения/оценки возможности поставок по СП-2 не только природного газа, но и МВС. А рассмотрение и оценка такой возможности по разным параметрам в «Газпроме» проводилось и, как будет показано далее, однозначно демонстрируется ее нецелесообразность. Я же при многочисленных и регулярных своих общениях с коллегами из Газпрома по водородной тематике никогда и ничего не слышал от них в отношении сценария перевода СП-1/СП-2 с транспортировки метана на МВС, тем более с содержанием H_2 до 80%, как цитируют Уотсона. При этом ни сам Уотсон, ни коллеги из «Газпрома», участвовавшие во встрече с ним в начале 2019 года, после того как он принял пост Генсека «Еврогаза», естественно, сейчас не помнят деталей того разговора и ни та ни другая сторона не смогли мне подтвердить, что тогда была упомянута именно цифра 80%.

Спустя некоторое время, оторвавшись от первоисточника, фраза Уотсона стала широко тиражироваться уже с искажениями и вне связи с Уотсоном. Например, уже как безусловное утверждение (безотносительно Уотсона, но с добавкой про 20%), что «очевидно, современная технология была использована [при проектировании и строительстве СП-2 – А.К.] и трубопровод может транспортировать до 80% H_2. Нужно будет только адаптировать компрессоры, что означает 20% дополнительных затрат». И подано это в контексте «необходимости открыть доступ к СП-2 всем балтийским странам для поставки по нему чистого, произведенного на местах H_2» (воздержусь от комментария, понимает ли автор, о чем он пишет – А.К.). Это якобы «превратит его в истинно европейский проект и будет соответствовать базисным ценностям Европейского «Зеленого курса»» [20].

В другом случае, предложение о переводе СП-2 на поставку МВС с содержанием H_2 на уровне 80% подается в контексте «энергетической перезагрузки» взаимоотношений с ЕС, «синхронизированной с европейской стратегией New Green Deal» в предположении, что «жесткие законодательные нормы ЕС, регулирующие рынки природного газа, не будут применяться к поставкам «декарбонизированного газа», а значит, и к этому «Чистому потоку». И подано это вновь со ссылкой на сам «Газпром» (минуя упоминание Уотсона, и тоже с добавкой: цифра 20% та же, но суть другая): «Кстати, по оценке самой компании, «Северный поток-2»теоретически может поставлять газ с содержанием водорода до 80%. Однако это потребует коренной модернизации оборудования, поэтому в обозримой перспективе скорее реалистично постепенно наращивать долю водорода до 20%» [21].

Неслучайно одинаковые цифры с разным наполнением вызывают естественное предположение о нечетком понимании авторами сути описываемого явления…

Однако были в Европе и те, кто справедливо усомнились, что источником этой (ставшей значимой и широко распространенной) цифры мог быть «Газпром». Так, Кирстен Вестфаль (известный немецкий комментатор по российско-европейским энергетическим проблемам) и Яна Забанова пишут в июне 2021 года: «В октябре 2019 года Генеральный секретарь «Еврогаза» Джэймс Уотсон сказал, что трубопровод СП-2, когда будет завершен, потенциально может прокачивать до 80% H_2. В реальности все обстоит сложнее. Представители «Газпрома» открыто выражали свой скептицизм в отношения транспортировки H_2 или МВС по их газопроводам (об этом подробнее скажу далее – А.К.), аппелируя к соображениям безопасности. По данным «Газпрома», не было проведено исследований, показывающих в какой степени и ценой каких затрат эта газовая инфраструктура может быть использована для транспортировки H_2 и каковы пропорции смешивания допустимы без риска «водородного охрупчивания» (никакие – далее скажу, почему – А.К.). Наоборот, руководство «Газпрома» многократно повторяет безусловную предпочтительность производства H_2 в Европе, поблизости от крупных его промышленных потребителей» [22].

По прошествии времени, кстати, и сам Уотсон стал уже по-другому говорить об идеологии использования ГТС для транспортировки H_2 /МВС. В своем интервью в феврале 2021 г. он говорил: «Мы твердо убеждены, что на первых этапах декарбонизации газовой отрасли нам потребуется смешивание H_2. Мы полагаем, что принимая во внимание состояние газораспределительной системы, возможно эффективное смешивание (метана с H_2 – А.К.) с доведением доли H_2 до 20% без необходимости внесения существенных изменений в газопотребляющие приборы домохозяйств. Но после достижения 20%-ной доли H_2 в МВС, на наш взгляд, возможно будет дешевле перейти на инфраструктуру транспортировки чистого H_2» [23].

То есть он говорит о смешивании H_2 с природным газом для транспортировки МВС – но по газораспределительным (у конечного потребителя !!!), а не по газотранспортным системам. Ибо недопустимо путать газораспределительные системы низкого давления доставки газа конечным потребителям, в первую очередь домашним хозяйствам, с их небольшими удельными объемами, дальностями, возможностями замены металлических на пластиковые трубы (для исключения «водородного охрупчивания») и т.п. с газотранспортными системами высокого давления, с их многократно большими дальностями и объемами и невозможностью замены таких действующих трубопроводных систем «под H_2» (см. *Бокс 2*).

Далее ему задают вопрос о развилке для традиционных поставщиков газа в ЕС, России и Норвегии: декарбонизировать газ у источника, производя H_2 с использованием CCS (еще одно подтверждение игнорирования, с подачи Еврокомиссии, чистой – без прямых выбросов CO_2 – технологии пиролиза метана – А.К.), и поставлять H_2 по их разветвленным ГТС потребителям? Или продолжать поставлять природный газ и тогда дело потребителя декарбонизировать этот газ после получения?

Уотсон отвечает: «Полагаю, все зависит от экономики. Будет ли дешевле поставлять природный газ и декарбонизировать на конце трубы, у потребителя? Или дешевле будет заменить инфраструктуру поставок …, затем построить заводы CCS и пиролизные установки и поставлять полученный H_2 по этим новым трубам? Я полагаю, в конце концов, рынок определит, какой путь является наиболее эффективным» [23]. Таким образом, уже никакой предопределенности, предписывающей добавлять H_2 в метан и поставлять МВС по действующей ГТС или отдельным ее сегментам. Но продолжает многократно повторяться не вторая, более поздняя, цитата Уотсона, которая по сути отвергает/опровергает первое его высказывание, а именно более раннее, хоть и гораздо менее внятное высказывание, которое более удобно вписывается в «Зеленую повестку» ЕС, но создает неверные ожидания.

20-70%: эффект «перекрестного опыления»

Наиболее часто встречающиеся цифры в СМИ о якобы допустимых уровнях подмешивания H_2 в транспортируемый по магистральным газопроводам метан – это приводимые обычно в связке 20% для «старых» и 70% для «новых» трубопроводов. Как правило, с очень размытыми анонимными ссылками на «Газпром» (в обоснованности которых сомневаются даже некоторые западные обозреватели – см., например, мнение Кирстен Вестфаль выше [22]). Распространение этой информации происходит по принципу «перекрест-

ного опыления». Ничего нового – традиционные технологии распространения слухов. Или информации, в которой имеется заинтересованность и которая таким образом создает определенные ожидания вследствие тиражирования определенных новостей. Механизм прост: сначала та или иная информация распространяется со ссылкой на источник ее получения, затем отрывается от этого источника и становится тем самым как бы общераспространенной, общеизвестной. Именно таким образом – как якобы общеизвестная и общераспространенная от «Газпрома» – тиражируется информация о допустимости 20-70% подмешивания H_2 к метану для старых-новых трубопроводов. На предыдущем этапе авторы публикаций брали эту информацию из публикаций друг друга (а не в первоисточнике), но также со ссылкой на «Газпром». Я постарался докопаться до конкретных «первоисточников». Докопался до двух.

Первый. В одной из статей осенью 2020 года фраза про 20-70% была приписана К.Романову: «В июле этого года начальник отдела департамента перспективного развития «Газпрома» Константин Романов заявлял, что в старые трубы можно добавить до 20% водорода, а в газопроводы типа «Северного потока» — до 70%»[12]. Однако сам К.Романов от нее обоснованно открещивается. Как будет видно из следующих разделов статьи, он действительно является одним из наиболее активно выступающих на эту тему профильных сотрудников «Газпрома» (наряду с О.Аксютиным и А.Ишковым), но все они в один голос давно (много раньше лета 2020 года) говорят о прямо противоположном – о нецелесообразности/недопустимости прокачки МВС по ГТС. И плюс к тому, в июле 2020 года у К.Романова (мы сверили с ним по его календарю) не было заявленных публичных выступлений.

Второй. В двух статьях весной [24] и летом [25] 2020 года была приведена одна и та же цитата (в не совсем точном переводе на русский) из, как было в них написано, «международного бюллетеня «Газпром экспорта» за 2018 год» (издается на английском языке): «Даже консервативные оценки показывают, что существующая инфраструктура позволяет транспортировать смесь, в которой уровень H_2 может составлять до 20%. Последние исследования (во множественном числе – А.К.) «Газпрома» и VNG продемонстрировали, что такие современные газопроводы как «Северный поток» способны обеспечивать поставку топлива, в котором H_2 может занимать до 70%». Но тут же в этих статьях указывалось (в одной из них – через ссылку на работу «Сколково»), что «сам «Газпром» признает, что транспортировка H_2 по экспортным газопроводам сопряжена с рисками нарушения долгосрочных контрактных обязательств, связанных с качеством газа, а также необходимость дополнительных инвестиций в ГТС. Поэтому компания рассматривает альтернативу — производство H_2 из природного газа уже после транспортировки последнего по магистральной трубе». То есть фактически в самих же этих статьях, и также со ссылкой на «Газпром», показано, что «способность» (возможность) перечеркивается «нецелесообразностью» или (как показано в Боксе 1 и будет показано далее) «недопустимостью» трубопроводной транспортировки МВС, тем более при наличии разумной альтернативы.

В предисловии к бюллетеню «Газпром экспорта» Blue Fuel №48 за 2018 год действительно имеется фраза: «Даже консервативные прикидочные оценки показывают, что существующая инфраструктура позволяет транспортировать газовую смесь с содержанием H_2 до 20%. Недавнее совместное исследование (в единственном числе – А.К.), выполненное «Газпромом» и VNG, показало, что современные газопроводы, такие как Северный поток, могут транспортировать газовую смесь с содержанием H_2 до 70%. С незначительной модификацией, европейская ГТС оказывается хорошо подготовленной для водородной экономики. Это означает, что тысячи километров стальных трубопроводов, подземных газохранилищ, газовых электростанций станут не «омертвленными активами», но основой будущего низкоуглеродного энергетического сектора. Европа сохранит тысячи рабочих мест и получит преимущество в виде безопасной и надежной энергосистемы при разумных затратах» [26].

Таким образом, в данном абзаце речь идет о прикидочных первоначальных оценках в рамках одного предварительного исследования (а не нескольких исследований, как говорится в статьях с не вполне точным приведением этой цитаты), которое, по информации профильных коллег «Газпрома», не получило своего продолжения. Фраза (один абзац) приведена внутри одностраничной преамбулы 24-страничного бюллетеня, в котором далее эта тема (прокачка МВС по СП-2 или ГТС) нигде не продолжается и не детализируется. В цитате обобщенно говорится о «возможности» для современных газопроводов в целом, и СП-2 приведен лишь в качестве наглядной аналогии, а не в качестве объекта исследования (тем более исследований, как может показаться из русской редакции этого абзаца в неточно процитировавших его статьях). Термин «могут» не означает «будут» или «должны». Во второй части цитаты речь идет исключительно о ГТС зарубежной Европы (эксперименты над которой – суверенное право самой Европы), а не о ГТС европейской части России (которую мы не должны подвергать риску необоснованных инвестиционных решений).

То есть вряд ли можно рассматривать эту, пусть и не совсем удачную, фразу из бюллетеня (тем более с учетом следующих разделов данной статьи) как твердую позицию «Газпрома», каковая ему приписывается окологазовыми комментаторами. И на основе которой делаются предложения с долгосрочными многомиллиардными инвестиционно-технологическими последствиями о переводе действующей ГТС РФ-ЕС с экспорта метана на МВС, пусть даже «всего» с 10%-ной концентрацией H_2 в МВС (как у А.Чубайса и его сторонников).

Таким образом, широкое хождение и распространение – подчеркну, в окологазовых кругах – получила всего лишь одна единственная фраза, высказанная один только раз и в «прикидочном» ключе в периферийной – для данной дискуссии – публикации (хоть источник публикации и относится к Группе «Газпром»), которая в настоящее время тиражируется и на Западе и в России совершенно в ином контексте – как якобы обоснованное (потому что, по мнению «Газпрома») доказательство не только возможности, но и целесообразности и необходимости перевода ГТС РФ-ЕС на широкомасштабный экспорт МВС с разным у разных авторов допустимым содержанием H_2 в МВС.

В то же время работы специалистов, непосредственно занимающихся вопросами водородной энергетики и возможностями осуществления транспортировки H_2 по ГТС, однозначно содержат прямо противоположные выводы – о технической, экономической, экологической нецелесообразности – и даже невозможности – экспорта H_2 по существующей ГТС, тем более в виде МВС.

Убийственные аргументы Литвиненко

В работе Владимира Литвиненко с коллегами из Горного Университета Санкт-Петербурга (СПБ) [27] (эта работа, размещенная в ряде социальных сетей, вызвала оживленную дискуссию среди зарубежных подписчиков [28]) было показано и доказано, что дальний крупномасштабный транспорт H_2 по ГТС высокого давления контрпродуктивен, более того, сегодня фактически невозможен по многим параметрам.

Как химический элемент H_2 является врагом металлоконструкций: стресс-коррозия, водородное охрупчивание (это, наконец, прозвучало и у Чубайса [29]). Физические и объемные характеристики H_2 снижают общую эффективность энергосистемы по сравнению с аналогичными углеводородными решениями. Эффективность трубопроводной транспортировки газа напрямую зависит от объема продукции, а значит от плотности газа. Но с увеличением концентрации H_2 в МВС с 10% до 90% плотность смеси снижается в 4,3 раза. При этом энергозатраты на сжатие смеси увеличиваются в 8,5 раз при увеличении этой доли в МВС с нуля до 100%. То есть в начале «трубы» нужно поставить дополнительный источник энергии для дополнительного сжатия смеси. При увеличении объемной доли H_2 в МВС с 10 до 100%, теплота сгорания смеси уменьшается в 3,3 раза. То есть энергия, получаемая из одного объема водорода, в 3,5 раза меньше, получаемой из того же объема метана. Растет взрывооопасность МВС по мере увеличения объемной доли H_2 [27].

Из этих данных следует, что для сохранения неизменной энергии прокачиваемого потока на конце трубы при переходе с транспортировки метана на H_2 увеличение подведенной энергии на сжатие смеси на входе в трубу должно быть увеличено в 8,5Х3,3=28 раз. Что это означает? Построить специально АЭС на входе в трубу для выработки дополнительной энергии, необходимой для прокачки H_2? А как быть, если это не изолированная труба, а предлагаемый «впрыск» H_2 в разные части ГТС (если производить «зеленый» H_2 на базе избыточных мощностей ГЭС и АЭС и «голубой» H_2 на газодобывающих мощностях в России для экспорта в ЕС, как предлагают сторонники такой модели водородного сотрудничества РФ-ЕС)?

Если рассматривать экспорт H_2 в жидкой фазе (сжижается при атмосферном давлении при минус 253°С, уменьшается в объеме в 848 раз) по аналогии с СПГ (сжижается при атмосферном давлении при минус 162°С, уменьшается в объеме в 600 раз), то по мере приближения температуры вещества к абсолютному нулю в нем все более начинают проявляться квантовые свойства. А это требует дополнительного изучения для каждого контактирующего с жидким водородом материала. При этом при прочих равных условиях в одном и том же объеме резервуара можно хранить или транспортировать почти в 5,9 раз больше СПГ, чем жидкого H_2.

Из-за минимального размера молекулы H_2 обладает чрезвычайно высокой проницаемостью, его молекулы проходят практически через любые металлы, при длительном хранении он способен улетучиваться даже из герметичных резервуаров. Наконец, одна из наиболее критичных проблем – взаимодействие H_2 с металлом трубопровода (процесс водородного охрупчивания). Еще в 1967 году в СССР было сделано открытие «Водородный износ металлов», но реакционная способность водорода еще недостаточно хорошо изучена, хотя ее негативные проявления уже являются большой технической проблемой (стресс-коррозия). Особенно это касается мест стыков конструктивных частей в действующих трубопроводных системах [27].

Отмечу не только значимость аргументов, приводимых в этой и иных работах специалистов Горного Университета СПБ (в том числе по гораздо более широкому спектру вопросов развития водородной энергетики/экономики в рамках текущего энергоперехода [30]), но и значимость самого этого Университета и его ректора для продолжающейся водородной дискуссии в России: среди 43 пунктов плана Правительства РФ по H_2 от 12.10.2020 [31] Горный Университет СПБ указан как соисполнитель в 42 пунктах, а в июле 2021 года Владимир Литвиненко был назначен научным руководителем Правительственной рабочей группы по развитию водородной энергетики [32].

То есть к его аргументам – по определению – не могут не прислушаться в Правительстве. Правда, возникает вопрос: почему не прислушались до сих пор? Ведь Литвиненко заявлял еще в 2020 году в отношении планов создать в нашей стране к 2024 году водородную энергетику как отрасль по экспорту произведенного в России H_2, что реализовать столь масштабный проект не удастся в связи с отсутствием надежных технологий хранения и транспортировки этого самого легкого в природе элемента. Нынешняя система трубопроводов не подходит для доставки водорода в Европу, и в случае ее использования для этой цели подвергнется неминуемой атаке, особенно в местах сварных швов. Строительство же новой инфраструктуры, учитывающей особенности ресурса, потребует колоссальных затрат, которые, скорее всего, никогда не окупятся в связи с неоднозначностью его перспектив [28].

На эти же проблемы указывается в сводном материале на основе публикаций специализированного Международного журнала водородной энергетики (International Journal of Hydrogen Energy) [33]. В нем также отмечается, что низкая объемная плотность энергии H_2 предопределяет уменьшение энергии потока при смешивании природного газа и H_2 в любых пропорциях. Это требует дополнительных затрат на сжатие с технологическими (недопустимый выход за расчетные проектные давления для действующей ГТС, тем более при высоком содержании H_2 в МВС, плюс необходимость дополнительного источника энергии на дополнительное сжатие) и экономическими (двойное удорожание: дополнительный источник мощности и дополнительная работа) последствиями. Указывается влияние МВС на качество продукции – контрактное (в действующих газовых контрактах жестко оговорены, как правило, очень узкие рамки диапазона колебания качества поставляемого газа; выход за рамки наказывается

штрафными санкциями, прописанными в контракте) и технологическое (что важно для оборудования, предназначенного для работы только с узким диапазоном качества газовых смесей, например, для химических производств, где любая, даже минимальная примесь H_2 является технологически недопустимой. Оборудование с более низким допуском на использование газовой смеси будет определять допуск для всей сети). Отмечается, что гармонизация пределов смешивания для разных стран представляет отдельную проблему в рамках трансграничных поставок. Высока опасность распространения пламени, поскольку H_2 горит быстрее, чем метан, и пламя во время горения не такое яркое. Наконец, отмечается необходимость изменения требований к трубопроводам: усиление коррозийных процессов при транспортировке H_2 по стальным газовым трубопроводам предопределяет, по мнению авторов [33], переход в дальнейшем на использование неметаллических композитных трубопроводов. Но это означает, что при принятии идеи поставок произведенного в России H_2 по действующей ГТС в Европу потребуется ПОЛНАЯ замена действующей ГТС. Что является совершенно разорительным и недопустимым.

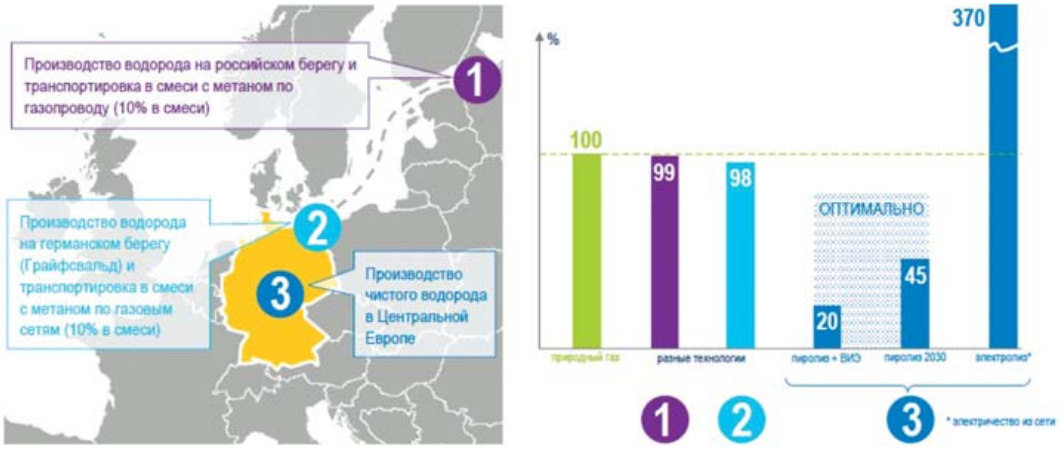
Убийственные аргументы «Газпрома»

Профильные специалисты «Газпрома» неоднократно подчеркивали и продолжают отмечать, что транспортировка H_2 по существующей системе газопроводов имеет ряд критичных ограничений: риски нарушения целостности технологического оборудования вследствие насыщения металла водородом (охрупчивание, вздутия, расслоения); риски некорректного измерения объемов прокачиваемого газа, значительных его потерь из-за сверхвысокой проницаемости водорода, а также более высоких, по сравнению с природным газом, гидравлических потерь давления в газопроводе; риск регуляторного характера и нарушения экспортных контрактных обязательств; необходимость создания инфраструктуры по выделению водорода на конце трубы [34].

Это же признается и в концепции водородной стратегии России, где в п.18 сказано, что «технологии транспортировки и хранения H_2, применяемые в настоящее время, недостаточно отработаны в промышленности, имеют неудовлетворительные технико-экономические показатели и приводят к существенному увеличению стоимости H_2» [35].

Поэтому глава компании «Газпром водород» К.Романов дипломатично призывает «проявлять достаточно осторожный подход к вариантам транспорта H_2 в смеси с метаном. В сетях высокого давления есть свои особенности – эффект наводораживания металла (прежде всего места сварки труб) и, учитывая этот накопительный эффект, может происходить охрупчивание и даже стресс-коррозия. Поэтому очень важно провести длительный цикл испытаний, чтобы не рисковать имеющейся инфраструктурой». Более того, он считает, что концептуально сейчас от этой идеи отказываются и в Европе. На его взгляд, «это уже такая старая мода, от которой там, «в Париже», отказались, а она к нам, к сожалению, только сейчас пришла. Инициатива Еврокомиссии по водородному каркасу трубопроводов [36] касается создания либо новых, либо использования существующих газотранспортных систем, но для транспортировки чистого, 100%-го H_2. И это, действительно, имеет смысл. Если мы сравним сжигание этих смесей, то с климатической точки зрения это не имеет большого смысла, потому что если добавить 10% или 20% H_2, то сокращение выбросов будет незначительным».И добавил убедительных экономических аргументов к техническим и экологическим. «Если вы уже произвели дорогой продукт, то надо его в таком виде и использовать. А разбавлять дорогой продукт в более дешевом не имеет смысла, потому что сложно потом его монетизировать обратно. А если будете его разделять на конце трубы, то создание инфраструктуры по стоимости будет соизмеримо с инвестициями в производство водорода. По факту, вы дублируете свои затраты» [37-38]. Замечу, что при такой четко и неоднократно артикулированной позиции ему, как было показано выше, пытаются приписать утверждения прямо противоположного свойства.

Рисунок 1. Углеродный след вариантов поставок водорода в Центральную Европу (с учетом использования)



Источник: Романов К.В. Роль природного газа в развитии водородной энергетики // Выступление на международной конференции «Водород Россия и СНГ 2021», Москва, 20-21.10.2021, слайд 5

Специалисты «Газпрома» провели расчеты углеродного следа разных вариантов поставок H_2 в Центральную Европу, включая сравнительные экологические последствий разных сценариев возможного вовлечения газопровода «Северной поток-2» (СП-2) в водородную кооперацию РФ-ЕС.То есть только по экологическому компоненту. К.Романов продемонстрировал их на слайде 5 своего выступления [37] (см. *рисунок 1: «Углеродный след вариантов поставок водорода в Центральную Европу»*). На нем показаны три варианта и сравнительный эмиссионный след по каждому из них по отношению к базовому сценарию (100%-но метановой газовой цепочке): (1) производство H_2 на российском берегу и транспортировка МВС с 10%-ным содержанием H_2 по СП-2 в Германию; (2) поставка по СП-2 российского природного газа в Германию, производство из него H_2 методом пиролиза на германском берегу и дальнейшая транспортировка МВС с 10%-ным содержанием H_2 по ГТС Германии потребителям;(3) производство чистого H_2 методом пиролиза внутри ЕС из российского газа.

Желающим можно было бы оспаривать или подвергать сомнению абсолютные значения полученных величин эмиссионного следа по разным вариантам, но поскольку все расчетные данные приведены в относительных уровнях выбросов и включают всю газовую цепочку (за 100% взят эмиссионный след по базовому варианту с полностью метановой цепочкой, другие три варианта включают внедрение в нее H_2 на разных этапах этой технологической цепочки полного цикла от добычи газа до конечного использования газообразного топлива), то соотношения между цифрами это не изменит. И понятно, что 2-5-кратное уменьшение эмиссионного следа по третьему варианту по отношению к базовому (100%-но метановому) ни в какое сравнение не идет с возможным сокращением эмиссионного следа всего на 1-2%-ных пункта по первому и второму вариантам в сравнении с базовым. Понятно, что такой «мнимый» (ибо находится на уровне статистической погрешности) экологический выигрыш по варианту 1 и/или 2 никак не сможет ни окупить, ни оправдать создаваемые при движении по этим вариантам инженерные (физико-химической природы) и/или экономические запретительные проблемы.

Но это были расчеты, оценивающие только возможный «экологический выигрыш» при сценарном переходе на экспорт МВС с 10%-ным содержанием H_2 фактически изолированной части ГТС, каковой является СП-2. Впрыск же 10% H_2 в разные места действующей ГТС России (там, где предполагается производить «зеленый» H_2 в РФ), при столь же незначительном экологическом эффекте, окажет существенно более значимые негативные инженерно-экономические последствия для этой ГТС и страны в целом. И может оказаться сродни инъекции нескольких кубиков воздуха в кровеносную систему человека с, как известно, неизбежно летальным исходом.

Да, действующая ГТС может технически принять 10% H_2, как предлагает Чубайс и/или сторонники его идей. И проработать в таком режиме какое-то время, ежедневно наращивая риск аварийных разрушений из-за «водородного охрупчивания» по мере наводораживания внутренней поверхности труб в зоне незаизолированных сварных швов на стыках трубопроводных секций. Такое принятие H_2 в ГТС не решает климатическую проблему, но приведет к разорительным для страны последствиям по глубокой технической модернизации ГТС (и линейной части, и компрессорного оборудования), нарушению ее технической целостности, проблемам с исполнением действующих – некоторые до середины 2040-х годов – долгосрочных контрактов (поставщик несет ответственность за отсутствие примесей к метану в пунктах сдачи-приемки газа). Чтобы испортить бочку меда достаточно, как известно, ложки дегтя. Такая модернизация требует другого металла, другого оборудования. Это другой порядок затрат. На практике это означает строительство параллельной «водородопроводной» ГТС – по аналогии с той «опорной системой водородопроводов» [36], которые намерена строить Европа для доставки H_2 из Северной Африки, Западных Балкан, Украины вглубь ЕС (но затраты ЕС на своей территории – это проблемы самой Европы). Плюс потребуются мощности по выделению H_2 из МВС на месте потребления (мембраны и т.д.), соизмеримые по стоимости с затратами на производство H_2 и т.п.

Ну и, напоследок, – «вишенка на торте» – еще один убийственный аргумент от Сергея Сердюкова, бывшего технического директора обоих «Северных потоков» к вышеприведенным аргументам (из нашей с ним переписки). Цитирую: «Трубопроводные поставки H_2 теоретически невозможны по причине охрупчивания металла в зоне стыков, а смеси также невозможны еще и по причине губительного воздействия (дополнительного) от низкочастотных пульсаций от стратификации H_2 в составе смесей. Даже гомогенизировав смесь в головной части трубопровода, она теряет стабильность уже спустя 5-10 часов, то есть H_2 в трубе займет верхнее положение, и поскольку вязкость газов разная, скорости слоев будут различными. А в выпуклых по профилю участках трубопровода H_2 будет накапливаться на полное сечение, и это вызовет пульсации потока. На которые ни один трубопровод не рассчитывался» [39].

Отсюда следует еще один вывод о технологических последствиях предлагаемого перехода к экспорту МВС по ГТС РФ-ЕС: заняв верхнее положение в трубе, H_2 будет всегда и постоянно контактировать с какой-то частью окружности (длина этой части зависит от рельефа местности по трассе сухопутного и дна акватории - морского трубопровода и в выпуклых по профилю местах может достигать 100% длины сварного шва) каждого внутреннего – незаизолированного – стыка в трубе. В результате будет происходить постоянное наводораживание и водородное охрупчивание каждого стыка по всей трассе прокачки. Это чревато преднамеренным (ибо предлагается целенаправленная закачка МВС в систему) внутренним технологическим разрушением ГТС РФ-ЕС, каковое с трудом можно будет квалифицировать как непреднамеренное, даже если построено на незнании…

Откуда объемы экспорта водорода?

Итак, современная ГТС, спроектированная и созданная под метан, не приспособлена для транспортировки H_2 ни в чистом виде, ни в виде МВС. Скажу жестче и определеннее:

Таблица 1. Минэнерго/Правительство РФ: все более амбициозная ставка на экспорт H_2, но вопрос о его доставке на экспортные рынки технически не решен. Однако заявляемые объемы экспорта H_2 не оставляют иного понимания у мирового сообщества, кроме как: экспорт H_2 намерен осуществляться путем закачки H_2/МВС в действующую ГТС. Невзирая на возражения «Газпрома»

Экспорт, млн т	2024 г.	2025 г.	2030 г.	2035 г.	2050 г.
(1) Энергостратегия РФ (июнь 2020)	0.2		-	2	-
(2) План мероприятий Пр-ва (октябрь 2020)	-		-	-	-
(3) Проект концепции развития водородной энергетики РФ (апрель 2021)	0.2-1.0		-	2-7	7.9-33.4
(4) Ю.Добровольский (*) («Мы с Минэнерго… по консервативному прогнозу») (НГВ, июнь 2021)	-	2-3	20-30 и более	-	-
(5) Концепция развития водородной энергетики РФ (август 2021)	0.2-1.0		-	2-12	15-50

Риск решения по закачке H2/МВС в действующую ГТС для экспорта

(1) Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р (http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf)
(2) План мероприятий «Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 г.». "Утвержден распоряжением Правительства РФ от 12 октября 2020 г. № 2634-р (http://static.government.ru/media/files/7b9bstNfV640nCkkAzCRJ9N8k7uhW8mY.pdf)
(3) Итоги работы Минэнерго России и основные результаты функционирования ТЭК в 2020 году. Задачи на 2021 год и среднесрочную перспективу. Материалы заседания Коллегии Минэнерго России, 12 апреля 2021 г., слайд 7 (https://minenergo.gov.ru/system/download-pdf/20322/154219)
(4) Ю.Добровольский. Водороду нужна господдержка. // «Нефтегазовая Вертикаль», июнь 2021, №11-12, с.80-84 (84) (http://www.ngv.ru/upload/iblock/ad7/ad759fe2657454a1adbe4d7435d1fba3.pdf) (*) позиционирует себя как один из основных разработчиков водородной стратегии России
(5) Концепция развития водородной энергетики в Российской Федерации. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 5 августа 2021 г. № 2162-р (http://static.government.ru/media/files/5JFns1CDAKqYKzZ0mnRADAw2NqcVsexl.pdf)

Источник: А.Конопляник на основе указанных документов

такие технологии и материалы для дальней крупномасштабной транспортировки H_2 сегодня просто отсутствуют. Поэтому втягивать страну в разорительное мероприятие по такой модели экспорта H_2 недопустимо.

Однако заложенные в Энергостратегию России [40] и перекочевавшие в концепцию водородной стратегии России [35] целевые показатели их исполнения – а это именно и только уровни экспорта H_2 – прогрессивно вырастают от проекта к проекту правительственного документа и за период чуть более года (от водородного раздела Энергетической стратегии России, июнь 2020 года, к концепции Водородной стратегии страны, август 2021 года) выросли кратно, без какого-либо обоснования как самих цифр по экспорту, так и причин их бурного роста из документа в документ (см. *Таблица 1: «Минэнерго/Правительство РФ: все более амбициозная ставка на экспорт H_2…»*).

При этом разброс прогнозных оценок по экспорту H_2 в выступлениях высокопоставленных госчиновников и/или специалистов, причастных к подготовке правительственных документов (или называющих себя таковыми), и нестыковка этих данных даже на близкую перспективу, свидетельствует об отсутствии глубокой проработки заложенных в правительственную водородную концепцию значений перспективного экспорта H_2, равно как и самой идеологии внешнеэкономического раздела разрабатываемой водородной стратегии России. Так, выступая на двух сессиях Гайдаровского форума в январе 2022 года, на одной вице-премьер А.Новак говорил об экспорте H_2 на 2030 год в объеме не менее 2 млн тонн как об очень амбициозной цели [41], в то время как на другой, в предыдущий день Форума, А.Чубайс говорил о 6-10 млн тонн экспорта H_2 в том же году как об очень сдержанной оценке [42]. А полугодом ранее Ю.Добровольский, именуемый/представляемый во многих публикациях и позиционирующий себя как один из основных разработчиков водородной стратегии России, утверждал, что «мы с Минэнерго… по консервативному прогнозу» видим объемы российского экспорта H_2 на 2030 год 20-30 и более млн тонн [43]. Разброс и нестыковка оценок налицо.

В то же время суммарный объем производства H_2 по всем заявленным проектам в первой редакции Атласа Минпромторга российских проектов по производству низкоуглеродного и безуглеродного H_2 и аммиака (хотя на мой взгляд более корректно было бы говорить: низкоэмиссионного и безэмиссионного – по прямым выбросам) от 15.10.2021 [44] (см. *рисунок 2: «Атлас российских проектов по производству…»*), по расчетам С.Комлева, составляет 16 млн тонн на 2031 год. При этом практически все они являются экспортно-ориентированными.

Этот Атлас, безусловно, является началом правильной, полезной и наглядной (карта и 10 стандартных позиций, характеризующих каждый проект Атласа) практики демонстрации инвестиционных водородных намерений бизнеса страны. Производственная сторона проектов прописана, как обычно, подробнее, чем коммерческая: в списке 33 проекта в 18 регионах, включая 25 проектов «зеленого» H_2 на основе электроэнергии ВЭС, ГЭС, ПЭС (ветровой, гидро- и приливной), пять проектов «голубого» H_2 (ПРМ+CCS), один проект «бирюзового» H_2 (пиролиз метана), два проекта желтого (низко-эмиссионного) H_2 (на базе АЭС). При этом 11 проектов из 33 (ровно треть) включают производство аммиака, то есть нацелены на морскую

Рисунок 2. Атлас российских проектов по производству низкоуглеродного и безуглеродного (*) H_2 и аммиака (Минпромторг России), региональные карбоновые полигоны (Минобрнауки России) – и 4 водородных экспортных кластера (Минэнерго/Правительство России)

Источник: А.Конопляник на основе: (1) https://minpromtorg.gov.ru/docs/#!atlas_rossiyskih_proektov_po_proizvodstvu_nizkouglerodnogo_i_bezuglerodnogo_vodoroda_i_ammiaka; (2) https://minobrnauki.gov.ru/action/poligony/; (3) http://static.government.ru/media/files/5JFns1CDAKqYKzZ0mnRADAw2NqcVsexl.pdf

транспортировку или в цистернах (то есть не на трубопроводные поставки).

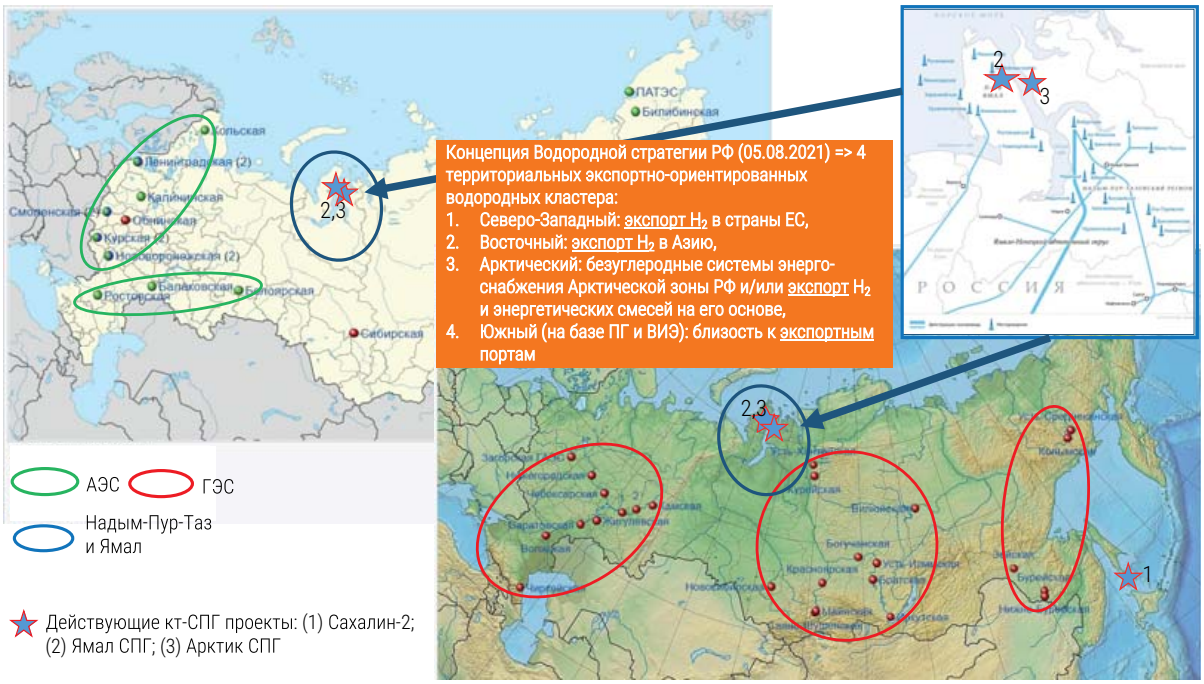
Пока приведенные в Атласе проекты представляют, пожалуй, в основном перечень именно намерений, причем во многом предварительных, нежели реально просчитанные и обоснованные проекты с ясно видимой и проработанной коммерческой составляющей. Об этом говорят практически повторяющиеся типовые ответы по позициям 9 и 10. Стандартные ответы по п.9 «Логистика» (Транспортировка водорода заказчикам на территории России и в страны Европы/АТР) и п.10 «Потребление» (Долгосрочные контракты с заказчиками на территории России и в странах Европы/АТР) говорят о том, что эти ключевые для любого инвестпроекта вопросы, с которых обычно и начинается любой инвестпроект (где рынок и как до него добраться), остаются пока без ответов.

Заявленные в правительственных документах объемы экспорта H_2 не оставляют иных возможностей для их трактовки, кроме как недвусмысленного и однозначного понимания, что реализовать эти амбициозные объемы можно только поставкой H_2 или МВС по действующей ГТС «Газпрома». При том, что ставка на экспорт H_2 из России, как было показано ранее, это, во-первых, решение чужой национальной задачи. Ибо заявка стран ЕС на импорт H_2 – это заявка на экспорт своих технологий. Во-вторых, создает огромные технологические проблемы, запретительные, на мой взгляд, для такой модели внешнеэкономического водородного сотрудничества.

Либо эти амбициозные заявленные цифры экспорта H_2 (см. *таблицу 1*) так и останутся только на бумаге. Что более вероятно и на что надеюсь. А экспорт H_2 если и будет осуществляться, то только в связанном сжиженном виде, например в виде аммиака, как это следует из того же Атласа (о чем также скажу далее). А это совсем иные, кратно меньшие объемы. Например, это один из возможных вариантов, который рассматривает НОВАТЭК при перепрофилировании своего проекта «Обский СПГ» в «Обский ГХК» [45]. А трубопроводный экспорт в Европу будет продолжать развиваться как экспорт газовый при производстве H_2 у потребителя внутри ЕС (в местах опережающего роста потребления H_2, в так называемых «водородных долинах» ЕС) преимущественно за счет технологий пиролизной группы (без выбросов CO_2) или, в прибрежных «водородных долинах» Северо-Западной Европы – технологиями того же пиролиза и/или парового риформинга метана с обязательным улавливанием и захоронением CO_2 в отработанных месторождениях Северного моря или использованием CO_2 для повышения нефтеотдачи на действующих североморских месторождениях [46-47] (см. *первую часть статьи*).

Таким образом, в таблице 1 сошлись две группы взаимоисключающих интересов. С одной стороны, продвигаемая ЕС/ФРГ внешнеэкономическая стратегия/философия широкомасштабного экспорта своих электролизных технологий за пределы ЕС в страны с высоким, как они считают, потенциалом производства «зеленого» H_2, в том числе для его экспорта в ЕС/ФРГ. Что полностью соответствует национальным интересам ЕС/ФРГ и открыто декларируется в национальной водородной стратегии Германии [48]. С другой стороны, высокие заявленные объемы экспорта H_2 из РФ в ЕС (в том числе для превращения РФ в – на сей раз водородную – «сверхдержаву», для завоевания 20% мирового рынка H_2

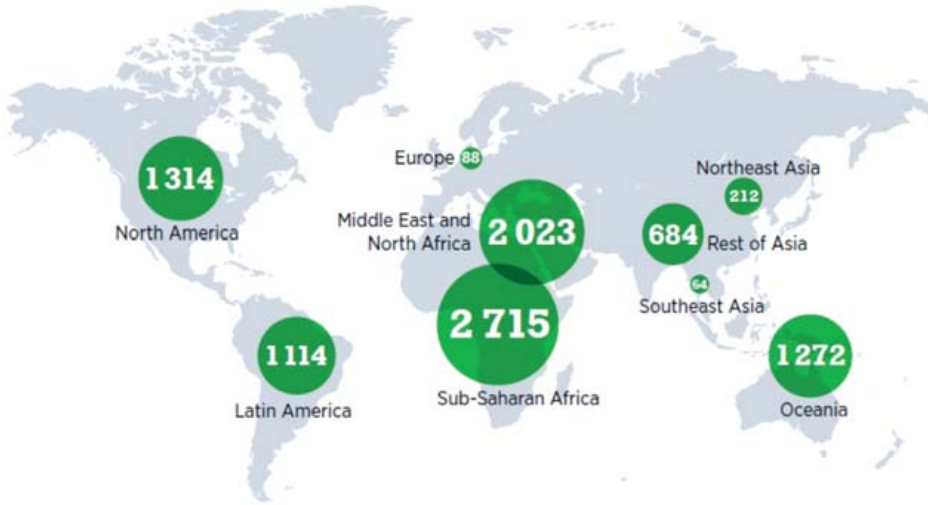
Рисунок 3. География АЭС, ГЭС и основной район газодобычи в России (Надым-Пур-Таз, Ямал): предлагаемое производство H_2 внутри РФ и экспорт его в ЕС – дальняя крупномасштабная транспортировка в виде H_2/МВС по существующей ГТС – требует глубокой дорогостоящей модернизации ГТС => контрпродуктивно, по мнению автора



Составлено А.Конопляником

Источник карт: https://www.gazprom.ru/f/posts/15/770293/map-yamalru-2019-12-30.png; https://ru.wikipedia.org/wiki/Атомная_энергетика_России; https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_гидроэлектростанций_России

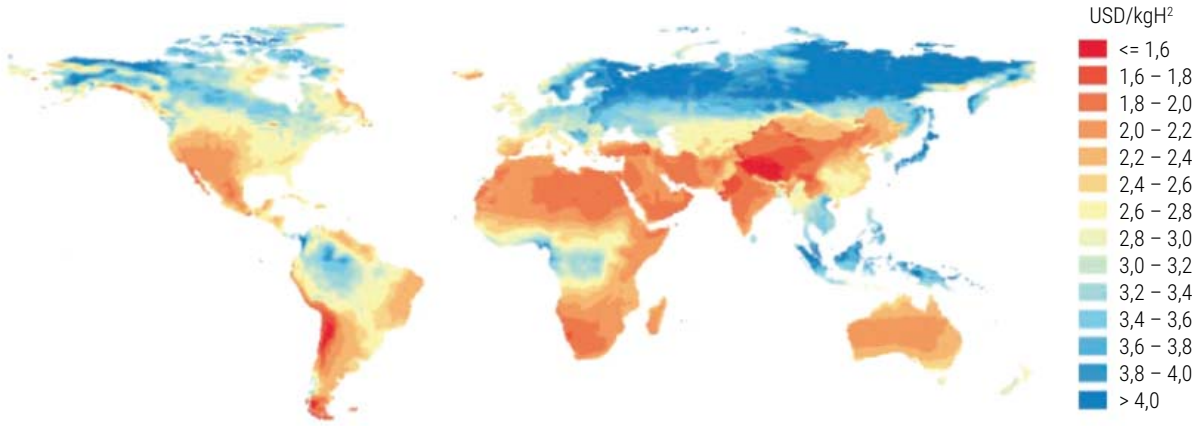
Рисунок 4. Несмотря на амбиции российского правительства по экспорту H_2, Россия отсутствует на карте перспективных производителей «зеленого» H_2 по конкурентоспособной цене (IRENA)



Source: IRENA (fothcoming-a). Map source: Natural Earth, 2021
Note: Assumptions for capital expenditures (CAPEX) 2050 are as follows: PV: USD 225 - 455/kW; onshore wind: USD 700 - 1 070/kW; offshore wind: USD 1 275 - 1 745/kW. Weighted average cost of capital: Per 2020 values without technology risks across regions. Technical potential has been calculated based on land availability considering several exclusion zones (protected areas, forests, permanent wetlands, croplands, urban areas, slope of 5% [PV] and 20% [onshore wind], population density). Water availability was not considered in the analysis. EJ = exajoule; kW = kilowatt.
Disclaimer: This map is provided for illustration purposes only. Boundaries and names shown on this map do not imply any endorsement or acceptance by IRENA.

Source: Geopolitics of the Energy Transformation: The Hydrogen Factor. // IRENA, 2022, p.45

Рисунок 5. МЭА: прогнозные издержки производства H_2 на материковых комбинированных ВЭС и СЭС. Россия в зоне самых высоких значений. Плюс издержки доставки до основных потенциальных потребителей…



Notes: This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area. Electrolyser CAPEX = USD 450/kW$_e$, efficiency (LHV) = 74%; solar PV CAPEX and onshore wind CAPEX = between USD 400–1 000/kW and USD 900–2 500/kW depending on the region; discount rate = 8%.

Source: IEA analysis based on wind data from Rife et al. (2014), *NCAR Global Climate Four-Dimensional Data Assimilation (CFDDA) Hourly 40 km Reanalysis* and solar data from renewables.ninja (2019).

Источник: The Future of Hydrogen. Seizing today's opportunities. Report prepared by the IEA for the G20, Japan. // IEA, 2019, p. 49

[49]), которые можно обеспечить в европейском направлении только путем закачки H_2 в ГТС и перехода от экспорта метана к экспорту МВС. Ибо собрать воедино с разрозненных и широко разбросанных по просторам нашей необъятной страны предлагаемых объектов производства «зеленого» и/или «голубого» H_2 и отправить полученный H_2 в европейском направлении можно (по разумению сторонников такого подхода) только через разветвленную ГТС страны. На это по сути нацелена программа создания четырех экспортно-ориентированных территориальных кластеров, заложенная в основу концепции водородной стратегии РФ [35] (см. *рисунок 3: «География АЭС, ГЭС и основной район газодобычи в России»*).

И Атлас Минпромторга российских проектов по производству низкоуглеродного и безуглеродного H_2 и аммиака [44] (см. *рисунок 2*) показывает четкое позиционирование 33 проектов, попавших в первоначальную версию постоянно обновляемого и пополняемого Атласа, по четырем водородным кластерам, обозначенным в концепции водородной стратегии России.

При этом H_2, произведенный в России, по оценкам двух специализированных международных организаций, IRENA и МЭА, оказывается одним из самых дорогих в мире. По мнению IRENA, несмотря на амбиции российского правительства по экспорту H_2, Россия отсутствует на карте перспективных производителей «зеленого» H_2 по конкурентоспособной цене (см. *рисунок 4: «Россия отсутствует на карте перспективных производителей «зеленого» H_2 по конкурентоспособной цене»*).

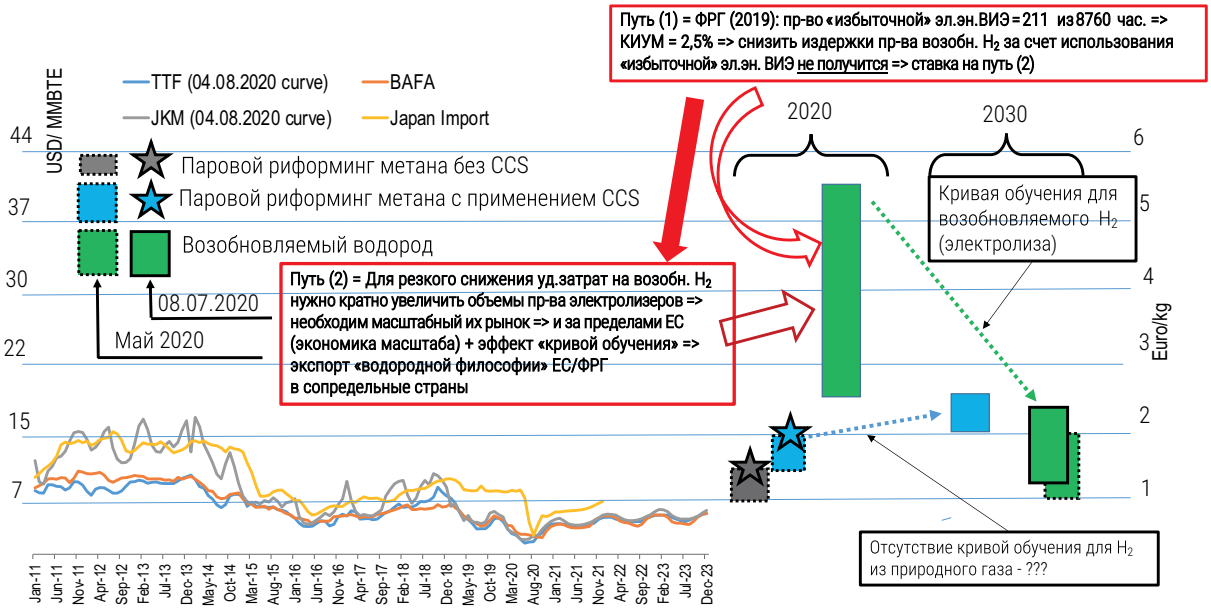
А по мнению МЭА, прогнозные издержки производства H_2 на материковых комбинированных ВЭС и СЭС России оказываются в зоне самых высоких значений (см. *рисунок 5: «Прогнозные издержки производства H_2 на материковых комбинированных ВЭС и СЭС. Россия в зоне самых высоких значений»*).

Учитывая удаленность значительной части территории России от экспортных рынков, это означает дополнительные, плюс к высоким издержкам производства, высокие издержки доставки произведенного в России H_2 до основных потенциальных потребителей… Отсюда естественно стремление сторонников такой модели водородного сотрудничества использовать для экспорта H_2 из России существующую трубопроводную инфраструктуру, чтобы снизить транспортные издержки. Напрашивается предположение, что для европейских покупателей импортного российского H_2 по действующей ГТС ее наводораживание и водородное охрупчивание, чреватое авариями и другими проблемами, не является значимым фактором, ибо будет относиться к чужим активам на чужой территории. Это будут «проблемы производителя» – подход, который мы неоднократно наблюдали в предыдущем десятилетии во взаимоотношениях с европейскими регуляторами в традиционной газовой сфере.

Смотри, кому выгодно…

Основным бенефициаром предлагаемого варианта водородной кооперации РФ-ЕС по европейской/германской модели (см. *первую часть статьи*) станут европейские машиностроительные отрасли. В первую очередь германская промышленность по производству электролизеров. Ей нужен широкий рынок сбыта (эффект масштаба), чтобы снизить удельные затраты на их производство (см. *рисунок 6: «Оценки Еврокомиссией издержек производства H_2 основными технологиями…»*). Это можно сделать по двум направ-

Рисунок 6. Оценки Еврокомиссией издержек производства H_2 основными технологиями – и механизмы снижения издержек производства зеленого/возобновляемого H_2



Источник данных: цены на газ – Газпром экспорт; издержки – Еврокомиссия, Водородная стратегия ЕС (пунктирный контур – проект стратегии, май 2020 г., сплошной контур – окончательный документ, 08.08.2020)

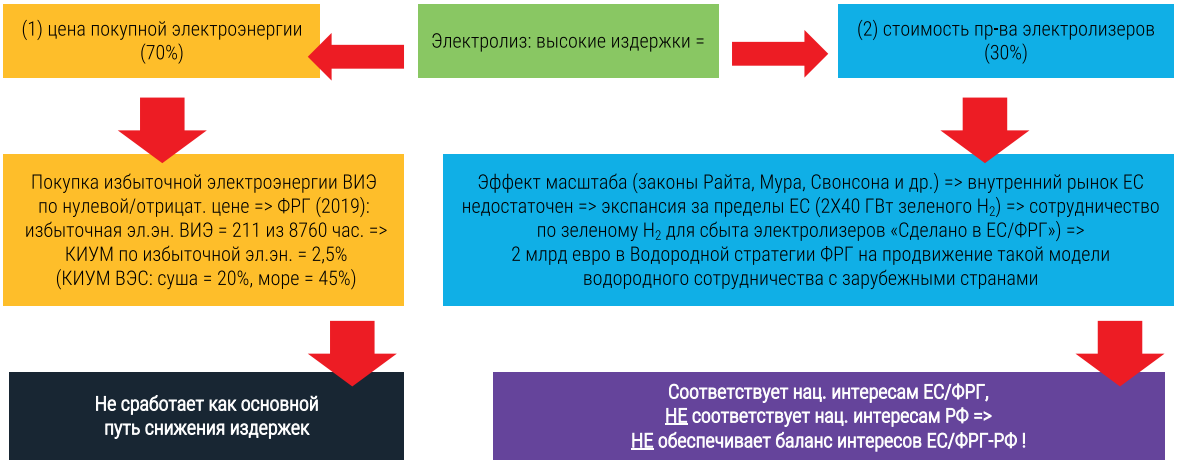
Составлено А.Конопляником

лениям: уменьшить цену закупаемой электроэнергии ВИЭ для электролиза (73% затрат на производство возобновляемого H_2 в 2019 году в ЕС по данным Wood Mackenzie) и уменьшить затраты на изготовление самих электролизеров (19% затрат) [50].

Первый путь связан с ожиданием, что в периоды переизбытка производства электроэнергии ВИЭ (много солнца и ветра), эту избыточную электроэнергию можно будет покупать по нулевой и/или отрицательной цене и таким образом сократить основной компонент затрат на производство «возобновляемого» H_2. Однако статистика развеивает эти ожидания: в 2019 году в Германии число часов производства «избыточной» электроэнерги ВИЭ составило всего 211 часов из годового баланса 8760 часов [51]. Следовательно, коэффициент использования установленной мощности (КИУМ) ВИЭ по избыточной электроэнергии оказался равен всего 2,5%, что не оставляет шансов для любой экономики. Вывод: снизить издержки производства возобновляемого H_2 за счет использования «избыточной» электроэнергии ВИЭ не получится.

Значит надо делать ставку на второй компонент снижения издержек – «эффект масштаба» путем наращивания

Рисунок 7. Проблемы и предлагаемые решения для «возобновляемого/зеленого» H_2 в ЕС



Составлено А.Конопляником

объемов производства и рынка сбыта электролизеров. Однако внутри Европы этот рынок ограничен. Значит нужно побудить соседние страны производить у себя зеленый H_2 (на основе электролизеров «Сделано в Германии») и оттуда транспортировать его в Европу. Для международной поддержки такой модели водородного сотрудничества ФРГ выделила 2 млрд евро [48].

Существует программа выделения грантов немецкого правительства (очередной этап ее публичной презентации состоялся 14.12.2021 [52], следующий состоится 03.02.2022 [53] – спасибо торгпреду РФ в ФРГ Олегу Соболеву за предоставленную информацию), из которой следует, что значительная часть выделяемых средств, по крайней мере, на предпроектной стадии, должна быть потрачена на территории ФРГ. Это нормальная стандартная практика любой системы грантов – они продвигают экономические (и не только) интересы страны-донора (логика «плана Маршалла» [54-55]). Такая помощь не бывает безвозмездной (бесплатный сыр бывает известно где). Я это знаю по практике собственной работы с программами техпомощи в начале 1990-х годов – мое последнее официальное письмо в должности заместителя министра топлива и энергетики в Правительство летом 1993 года было как раз посвящено разбору практики работы и обозначению бенефициаров программ технической помощи западных стран России: это была их помощь России, но в первую очередь – помощь самим себе. Примерно это же я вижу и сегодня в продвижении программы техпомощи ФРГ по реализации концепции экспорта H_2 из РФ в ЕС.

В России предлагается производить H_2 на основе избыточных мощностей ГЭС и АЭС. А также в местах добычи газа, то есть в Западной Сибири и на Ямале (см. *рисунок 3*). И оттуда доставлять H_2 в Европу по магистральным трубопроводам. Это еще один потенциальный рынок сбыта европейского (германского) оборудования (трубы, компрессоры).

Вот такая внешнеэкономическая концепция. Полностью отвечает национальным интересам ЕС и отдельных стран ЕС. Полностью, на мой взгляд, противоречит национальным интересам России. То есть не может быть основой для нахождения баланса интересов сторон в рамках их сотрудничества на водородном направлении (см. *рисунок 7: «Проблемы и предлагаемые решения для «возобновляемого/зеленого» H_2 в ЕС»*).

Для меня основой такого сотрудничества является в первую очередь сотрудничество технологическое. В частности, побуждение наших европейских партнеров к скорейшей совместной коммерциализации технологий пиролиза – получения H_2 из природного газа без прямых выбросов CO_2 (см. *первую часть статьи*). Такие предложения были озвучены на одном из недавних заседаний рабочей группы 2 «Внутренние рынки» Консультативного совета по газу Россия-ЕС [56], но, увы, (пока?) не получили развития.

Закончить хочу словами президента, которыми он завершил свои ответы на вопросы инвесторов на Форуме «Россия зовет» 30.11.21, сказав: «Что касается водорода, мы над этим работаем и будем работать дальше обязательно. Надеюсь, вместе с вами» [57]. Добавлю: однако «вместе с Вами» не значит «по Вашим лекалам». Поэтому задание Президента «проработать вопросы о возможности экспорта в страны ЕС H_2 в составе МВС на базе действующих трубопроводных систем и признании такого H_2 соответствующим требованиям таксономии ЕС» не означает, на мой взгляд, предопределенность ответа, что именно таким и будет окончательное решение. Которое, повторюсь, на мой взгляд, в такой конфигурации (если рассматривать ее как утвердительную, что, по-видимому, и делает А.Чубайс) будет контрпродуктивным, ибо не будет отражать баланс интересов сторон. То есть будет отвечать национальным интересам европейских стран, но противоречить суверенным интересам моей страны.

Список литературы

1. COMMUICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A hydrogen strategy for a climate-neutral Europe, Brussels, 8.7.2020 COM(2020) 301 final (https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/hydrogen_strategy.pdf)
2. European Green Deal: Commission proposes transformation of EU economy and society to meet climate ambitions. // European Commission – Press release, 14.07.2021 (https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_21_3541)
3. Commission proposes new EU framework to decarbonise gas markets, promote hydrogen and reduce methane emissions. // European Commission – Press release, 15.12.2021 (https://ec.europa.eu/energy/news/commission-proposes-new-eu-framework-decarbonise-gas-markets-promote-hydrogen-and-reduce_de)
4. И.Родичкин, В.Карасевич. «Северный поток – 2» для водорода. Оценка возможности использования магистральных газопроводов для экспорта водорода из России в ЕС. // «Нефтегазовая Вертикаль», 2021, № 9-10, с. 101-107
5. Чубайс рассказал о перспективах экспорта российского водорода / Новости от 03.06.2021. (https://piter.tv/event/ Chubajs_rasskazal_o_perspektivah_eksporta_rossijskogo_vodoroda/)
6. Чубайс боится проиграть Украине в борьбе за водородную энергетику. // 09.07.2021 (https://topcor.ru/20661-chubajs-boitsja-proigrat-ukraine-v-borbe-za-vodorodnuju-jenergetiku.html)
7. М.Сергеев, О.Соловьева. Германия поддержит Украину транзитом водорода. Берлин и Вашингтон придумали оригинальный выход из конфликта вокруг «Северного потока – 2»// «Независимая газета», 28.06.2021 (https://www.ng.ru/economics/2021-06-28/1_8184_hydrogen.html)
8. В.Б.Белов. Водородная энергетика – новая ниша российско-германской кооперации. // Институт Европы РАН, Аналитическая записка №37 (220), 2020 (http://www.instituteofeurope.ru/images/uploads/analitika/2020/an220.pdf)
9. S.Cowan. In Russia, they started talking about “Nord stream-3”. // “Free news’, 04.10.2020 (https://freenews.live/in-russia-they-started-talking-about-nord-stream-3/)
10. Белов В. Новые водородные стратегии ФРГ и ЕС: перспективы кооперации с Россией // Современная Европа, 2020. – № 5. – С. 65–76
11. Е.Телегина, Л.Студеникина, Д.Чапайкин. Россия в новом энергетическом ландшафте: вызовы и возможности в постковидном мире. // «Нефтегазовая Вертикаль», 2021, №15-16. С. 29-35

12. И.Круглей. «Водородная гонка» становится неизбежной. // «Нефть и капитал», 3 ноября 2020 (https://oilcapital.ru/article/general/03-11-2020/vodorodnaya-gonka-stanovitsya-neizbezhnoy)
13. Andre Ballin. У России новая энергетическая стратегия: «Северный поток-2» должен поставлять водород. // Handelsblatt, 27.07.2020 (https://www.handelsblatt.com/politik/international/gazprom-und-rosatom-russlands-neue-energiestrategie-nord-stream-2-soll-wasserstoff-liefern/26039724.html?ticket=ST-4254054-MkKtvr20i2g90ey5YrX1-cas01.example.org)
14. Daisuke Harada, Project Director, Jogmec: Increasing flow of energy sources from Russia: current status, future challenges, hydrogen as a potential energy source. // Presentation at the "Hydrogen Russia & CIS 2021" Conference, Vostock Capital, Moscow, 20-21 October 2021
15. Nord Stream 2 Gas Pipeline May Be Used for Shipping Hydrogen in Future – Eurogas. // Sputnik News, 02.10.2019 (https://sputniknews.com/20191002/nord-stream-2-gas-pipeline-may-be-used-for-shipping-hydrogen-in-future—-eurogas-1076941862.html)
16. Чубайс заявил о поддержке Путиным его плана о будущем России. // URA.RU, 02.12.2021 (https://m.ura.news/news/1052520185)
17. Nord Stream 2 will be able to pump hydrogen in future. // 02.10.2019 (https://en.news.ru/business/nord-stream-2-will-be-able-to-pump-hydrogen-in-future/)
18. T.Yavuz. Hydrogen delivery possible in future via Nord Stream 2. // AA Energy, 02.10.2019 (https://www.aa.com.tr/en/energy/energy-diplomacy/hydrogen-delivery-possible-in-future-via-nord-stream-2-/26831)
19. M.Irfan. Nord Stream 2 Gas Pipeline May Be Used For Shipping Hydrogen In Future – Eurogas. // UrduPoint News / Sputnik, 02nd October, 2019(https://www.urdupoint.com/en/business/nord-stream-2-gas-pipeline-may-be-used-for-sh-726246.html)
20. Page Widely. What if Nord Stream 2 transports hydrogen? // "Today News Post", February 26, 2021 (https://todaynewspost.com/news/world/europe-news/what-if-nord-stream-2-transports-hydrogen/)
21. С.Капитонов. «Кошки-мышки» с Европой. Что может сделать «Газпром», чтобы достроить «Северный поток-2» и не потерять рынок сбыта. // «Новая газета», 12.05.2020 (https://novayagazeta.ru/articles/2020/05/12/85350-bolshechem-truba?bulk_email_rid=7999) (материал вышел в № 49 от 15 мая 2020)
22. Kirsten Westphal, Yana Zabanova. Russia In The Global Hydrogen Race. Advancing German-Russian Hydrogen Cooperation in a Strained Political Climate. // Katehon, 15.06.2021 (https://katehon.com/en/article/russia-global-hydrogen-race)
23. Stuart Elliott. Insight Conversation: James Watson, Eurogas. // S&P Global Platts, 22.02.2021 (https://www.spglobal.com/platts/en/market-insights/blogs/natural-gas/022221-ic-james-watson-eurogas-natural-gas-hydrogen-eu-regulation)
24. В «Северный поток — 2» могут добавить водорода. // EADaily, 5 марта 2020 (https://eadaily.com/ru/news/2020/03/05/v-severnyy-potok-2-mogut-dobavit-vodoroda)
25. А.Ильяшевич. Германия нашла способ загрузить «Северный поток-2» на полную мощность. Труба «Газпрома» будет снабжать Европу водородом. // «Свободная пресса», 15.06.2020 (https://svpressa.ru/economy/article/268174/)
26. Blue Fuel. Gazprom Export Global Newsletter. 2018, Issue 48, p. 4 (http://www.gazpromexport.com/files/BLUE_FUEL_48326.pdf)
27. В.С. Литвиненко, П.С. Цветков, М.В. Двойников, Г.В. Буслаев. Барьеры реализации водородных инициатив в контексте устойчивого развития глобальной энергетики // Записки Горного института. 2020. Т. 244. с. 428-438. DOI: 10.31897/PMI.2020 4.5.
28. М.Ратников. «Владимир Литвиненко: водород не может быть ресурсом глобальной энергетики из-за физических законов окружающего нас мира». // «Форпост Северо-Запад», 18.08.2020 (https://forpost-sz.ru/a/2020-08-18/vladimir-litvinenko-vodorod-ne-mozhet-byt-resursom-globalnojehnergetiki-iz-za)
29. 01.12.2021 (https://ru-ru.facebook.com/anatoly.chubays)
30. В.С. Литвиненко. Водород как эквивалент углеводорода в энергопереходе. Ключевой вопрос устойчивости мировой экономики. // «Nature» (принята к печати)
31. План мероприятий «Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 г.». Утвержден распоряжением Правительства РФ от 12 октября 2020 г. № 2634-р (http://static.government.ru/media/files/7b9bstNfV640nCkkAzCRJ9N8k7uhW8mY.pdf)
32. Владимир Литвиненко стал научным руководителем Правительственной рабочей группы по развитию водородной энергетики. // «Форпост Северо-Запад», 21.07.2021 (https://forpost-sz.ru/geo/nedra/2021-07-21/vladimir-litvinenko-stal-nauchnym-rukovoditelem-pravitelstvennoj-rabochej-gruppy-po)
33. М.Варзин. Hydrogen: Экологичная транспортировка водорода по трубопроводам природного газа. // https://teo.ru/analiz/publ_26.htm
34 К.Романов, Генеральный директор ООО «Газпром водород», начальник отдела ПАО «Газпром»: Роль природного газа в развитии водородной энергетики. // Выступление на конференции «Водород Россия и СНГ 2021», 20-21.10.2021, Москва
35. Концепция развития водородной энергетики в РФ. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 5 августа 2021 г. № 2162-р (http://static.government.ru/media/files/5JFns1CDAKqYKzZ0mnRADAw2NqcVsexl.pdf)
36. European Hydrogen Backbone. How a Dedicated Hydrogen Infrastructure Can Be Created. // Enagás, Energinet, Fluxys Belgium, Gasunie, GRTgaz, NET4GAS, OGE, ONTRAS, Snam, Swedegas, Teréga, July 2020, 29 pp. (https://gasforclimate2050.eu/sdm_downloads/european-hydrogenbackbone/)
37. К.В. Романов. Приоритетные направления развития водородной энергетики на основе природного газа. // Выступление на конференции «Россия как часть глобального рынка водорода: какие технологии нужно развивать, чтобы предложение соответствовало спросу» (05.10.2021) в рамках X юбилейного Международного Петербургского газового форума, СПБ, 05-08.10.2021

38. В «Газпроме» сочли неактуальной идею транспорта метано-водорода. // Интерфакс, 06.10.2021 (https://www.interfax.ru/business/795558)
39. Личная переписка автора с С.Сердюковым
40. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р (http://static.government.ru/media/files/w4sigFOiDjGVDYT4IgsApssm6mZRb7wx.pdf)
41. ЭНЕРГЕТИКА 2.0 // Гайдаровский форум 2022, 14.01.2022 (https://gaidarforum.ru/ru/programme-2022/2740/)
42. МОЖЕТ ЛИ ЭНЕРГОПЕРЕХОД ПЕРЕЗАПУСТИТЬ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РОСТ В РОССИИ? // Гайдаровский форум 2022, 13.01.2022 (https://gaidarforum.ru/ru/programme-2022/3061/)
43. Ю.Добровольский. Водороду нужна господдержка. // «Нефтегазовая Вертикаль», июнь 2021, №11-12, с.80-84 (http://www.ngv.ru/upload/iblock/ad7/ad759fe2657454a1adbe4d7435d1fba3.pdf)
44. Атлас российских проектов по производству низкоуглеродного и безуглеродного H_2 и аммиака. // Минпромторг России, 15.10.2021 (https://minpromtorg.gov.ru/docs/#!atlas_rossiyskih_proektov_po_proizvodstvu_nizkouglerodnogo_i_bezuglerodnogo_vodoroda_i_ammiaka)
45. Bernard Samuels (Director of International LNG & Gas Marketing Department, Novatek). Potential for export of low carbon energy using ammonia. // Presentation at the 36th meeting of the Work Stream 2 "Internal Markets", Russia-EU Gas Advisory Council, 22.10.2021, online (https://minenergo.gov.ru/node/14646)
46. А.Конопляник. Водородная энергетика России: альтернативный внешнеэкономический сценарий. // «Энергетическая политика», 2021, № 3 (157), с. 20-33;
47. A.Konoplyanik. Gas Decarbonisation in Europe: Clean Hydrogen as the New Prospective Area for Russia-EU Cooperation. // OGEL Special Issue on "The Hydrogen Economy", OGEL, February 2021, Vol. 19 - issue 2
48. The National Hydrogen Strategy. // The Federal Government, Federal Ministry for Economic Affairs and Energy, June 2020 (https://www.bmwi.de/Redaktion/EN/Publikationen/Energie/the-national-hydrogen-strategy.html)
49. Е.Калюков. Чубайс назвал способ сохранения Россией статуса великой энергодержавы. // РБК, 03.06.2021 (https://www.rbc.ru/economics/03/06/2021/60b884659a7947f631304be6)
50. Aliaksei Patonia, Rahmatallah Poudineh. Cost-competitive green hydrogen: how to lower the cost of electrolysers? // OIES, OIES Paper: EL 47, January 2022, p.19
51. Wolfgang Peters. Accelerated Decarbonisation Commands Ever More Gas. The removal of U.S. sanctions will enable Nord Stream 2 to contribute significantly to lower CO_2 emissions and cleaner air. // The Gas Value Chain Company, Friedrichskoog, July 2021, p. 6
52. Финансирование международных водородных проектов в рамках Водородной стратегии Германии. // Новости Торгового Представительства РФ в ФРГ, 13.01.2022 (https://de.minpromtorg.gov.ru/news/?alias=finansirovanie_mezhdunarodnyh_vodorodnyh_proektov_v_ramkah_vodorodnoy_strategii_germanii)
53. Анонс: вебинар по программе H_2 Global. // Новости Торгового Представительства РФ в ФРГ, 21.01.2022 (https://de.minpromtorg.gov.ru/news/?alias=anons_vebinar_po_programme_h2global)
54. А.Конопляник. Три плана Маршалла // «Ведомости», 29.07.2020, с.7 (Версия в электронном издании: Что дает России «новый план Маршалла». Наши возможности на пути ЕС к климатической нейтральности) (https://www.vedomosti.ru/opinion/articles/2020/07/29/835531-rossii-marshalla)
55. А.Конопляник. Три «плана Маршалла» - уроки истории. Новые зеленые проекты Комиссии ЕС. // «Независимая газета», ежемесячное приложение «НГЭнергия», 08.09.2020, с. 9-10 (Электронная версия: Три «плана Маршалла» – уроки истории. Еврокомиссия готовит к реализации новые зеленые проекты», 07.09.2020) (https://www.ng.ru/ng_energiya/2020-09-07/9_7957_history.html)
56. A.Konoplyanik. A "Clean Hydrogen from Natural Gas Alliance" Proposal – why it is in mutual benefit for the EU and Russia; proposal for creation of the platform. // Presentation at the 31-th meeting of WS2 GAC, online, 18.09.2020
57. Инвестиционный форум «Россия зовет!» Владимир Путин в режиме видеоконференции принял участие в пленарной сессии форума «Россия зовет!», 30.11.2021 (http://www.kremlin.ru/events/president/news/67241)
58. Нидерланды подтвердили остановку Гронингена через год. // Финмаркет, 15.02.2021 (http://www.finmarket.ru/news/5411814)
59. Еще подумают. Нидерланды примут решение по объемам добычи газа на месторождении Гронинген к сентябрю 2021 г. // Neftegaz.RU, 15.02.2021 (https://neftegaz.ru/news/dobycha/665655-eshche-podumayut-niderlandy-primut-reshenie-po-obemam-dobychi-gaza-na-mestorozhdenii-groningen-k-sen/)
60. В.И. Богоявленский, И.В. Богоявленский. Проблемы газовой отрасли Нидерландов: рекордный рост сейсмической активности на месторождении Гронинген. // «Газовая промышленность», 2018, № 4, с. 124-133.