

**Вызовы для России в рамках глобальной газовой трансформации - и возможные решения<sup>8</sup>**

Мировое сообщество сегодня переживает одновременно три газовые революции, находящиеся на разных стадиях своего развития (см. рисунок 1). Любая революция создает развилки выбора последующего поведения, реакции на ее вызовы. Это так называемые «две стороны одной медали». Поначалу, когда резкое изменение условий меняет, ухудшает экономику традиционного до сегодняшнего дня бизнеса, эти революционные изменения (привнесенные извне или сгенерированные изнутри отрасли, страны, международного сообщества) воспринимаются как угрозы, ограничения. Возникает естественный «соблазн защитной реакции», соблазн противодействия изменениям или как минимум их торможения (если не отторжения). С другой стороны, любая революция - это возникновение и/или открытие новых возможностей, правда, сопряженное с рисками и неопределенностями.

Низкоуглеродное развитие («зеленая» революция, декарбонизация), с моей точки зрения, сегодня стало необратимым трендом, важнейшей характерной чертой устойчивого развития. Точка невозврата – двигаться по этому пути или нет - пройдена, по крайней мере, в критически важной для мирового развития группе экономически развитых государств. И надо не противодействовать такому развитию, а, наоборот, пытаться в этот процесс встраиваться с максимальной эффективностью: с первоочередным учетом национальных интересов, но на основе баланса интересов заинтересованных и вовлеченных в этот процесс сторон.

Для России задача низкоуглеродного развития актуальна, но климатические вызовы, связанные с выбросами тепличных газов, в частности CO<sub>2</sub> (наша страна является его нетто-поглотителем), пока не столь критичны, как для наших основных торгово-экономических партнеров, в первую очередь стран ЕС (которые являются нетто-эмитентами CO<sub>2</sub>). Более того, в структуре энергопотребления РФ превалирует доля природного газа – наиболее экологически чистого из невозобновляемых энергоресурсов, крупнейшими мировыми ресурсами которого обладает наша страна. Поэтому для России не является приемлемой модель поведения, навязываемая сегодня общественному сознанию в ряде западных стран, например, в зависимом от импорта невозобновляемых энергоресурсов (НВЭР) ЕС, предполагающая отказ, причем форсированный, от использования НВЭР вообще, в том числе наиболее чистого из них – газа – в частности.

Для России актуальной является задача перехода на ресурсно-инновационный путь устойчивого развития, сочетающего низко-углеродное развитие и монетизацию НВЭР страны, и формирования таким образом нового технологического уклада. В его основу – в качестве важного компонента, обеспечивающего существенный вклад в декарбонизацию – может быть положено развитие водородной энергетики, в первую очередь за счет технических решений по производству водорода без выбросов CO<sub>2</sub>, где у нашей страны есть потенциально конкурентоспособные технологические заделы.

Поэтому для России эффективной моделью формирования указанной траектории развития может стать обеспечение поначалу экспортно-ориентированной декарбонизации, чтобы расширить рациональное место для российского газа на нашем крупнейшем экспортном рынке (в ЕС). Причем в дополнение к традиционным сферам использования газа (в качестве котельно-печного топлива в электро- и теплоэнергетике и сырья для химической промышленности) и новым, но становящимися уже традиционными сферам его

---

<sup>8</sup> Заявление об ограничении ответственности: Взгляды, изложенные в настоящем материале, 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 настоящего материала и являются его персональной ответственностью.

использования (в качестве топлива на транспорте - в сжатом и сжиженном виде), также и в качестве сырья для производства водорода.

Опора на использование декарбонизированных газов, в том числе водорода, производимого из метана без выбросов CO<sub>2</sub>, даст возможность обеспечивать устойчивое развитие суверенных государств в рамках «Большой Энергетической Европы»<sup>9</sup>, исходя из/опираясь на баланс их интересов:

- странам-импортерам с амбициозными климатическими повестками, с продекларированными целями по ускоренному достижению не только низко-, но и нулевого углеродного (без выбросов CO<sub>2</sub>) развития (ЕС): обеспечивать такое развитие более рациональным (менее затратными) способами по сравнению с опорой только на ВИЭ, или на ВИЭ плюс традиционные сегодняшние технологии получения водорода из природного газа методами парового риформинга, что означает с выбросами CO<sub>2</sub>, что предопределяет необходимость использовать также дорогостоящие технические решения по улавливанию и захоронению CO<sub>2</sub><sup>10</sup>,

- производителям-экспортерам газа (России): дополнительно монетизировать природные ресурсы газа в целях и способами, которые обеспечивают низкоуглеродное развитие энергопотребляющих государств, то есть исходя из собственных национальных интересов.

### **1. Три глобальных газовых революции**

Все три газовые революции (см. рисунок 1) были фактически запущены еще в 1970-е годы - 20-тикратным повышением цен на нефть в течение одного десятилетия. Это дало толчок изменениям на стороне предложения и спроса. Две из трех революций пришли со стороны предложения.

Первая – это американская сланцевая революция. На мой взгляд, существует, по меньшей мере, дюжина причин, почему эта революция произошла именно в США и почему она не сможет состояться нигде более в таких масштабах, такими темпами и иметь такие глобальные последствия, как американская. И можно насчитать также как минимум дюжину «эффектов домино» американской сланцевой революции, радикально и безвозвратно изменивших (энергетический) мир [1-2].

Вторая – это формирование глобального рынка СПГ, а посредством его развития и формирование глобального газового рынка. По моему мнению рынок СПГ является интегратором формирующегося глобального рынка газа. Формирование глобального рынка СПГ представляет собой один из «эффектов домино» американской сланцевой революции, его развитие идет по модели развития нефтяного рынка (сначала рынка физического, а затем, с лагом запаздывания, и бумажного товара). Глобальный рынок СПГ сегодня (где 70% торговли осуществляется на основе долгосрочных контрактов, а 30% - за счет краткосрочных и спотовых сделок) примерно соответствует стадии развития мирового рынка нефти в середине 1980-х гг. Характерной нынешней чертой развития рынка СПГ является нарастающая гибкость поставок, которая происходит, правда, ценой нарастания рисков его функционирования, ибо на рынок СПГ выходит множество новых (все менее

крупных и менее бизнес-устойчивых) игроков с все более низкими кредитными рейтингами<sup>11</sup>.

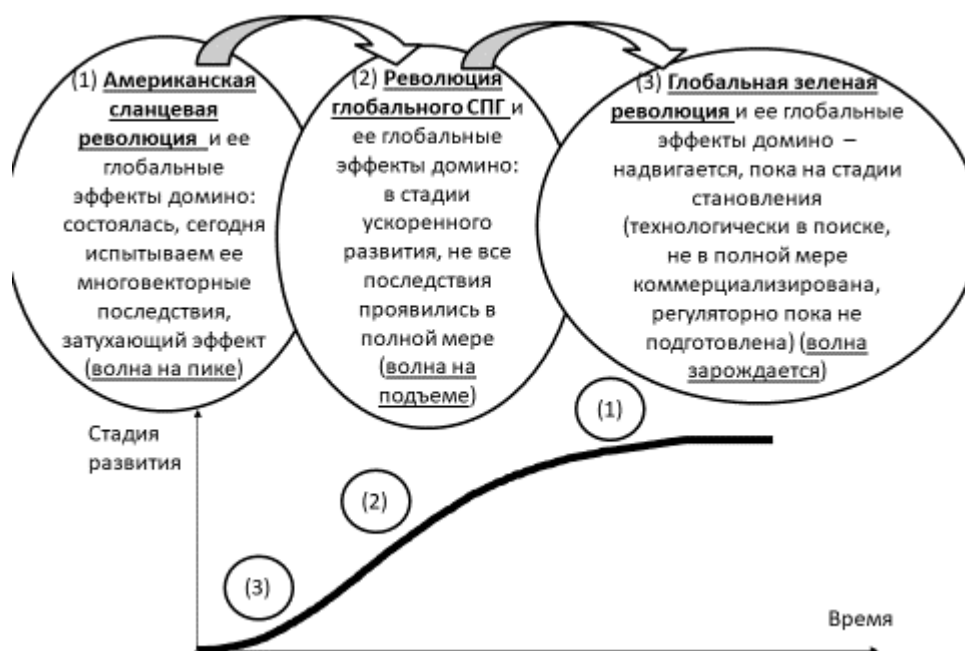
---

<sup>9</sup> совокупности государств Евразии и Северной Африки, неразрывно связанных между собой трансграничной, стационарной, капиталоемкой энергетической инфраструктурой, предполагающей долгосрочные взаимоприемлемые/взаимовыгодные отношения между суверенными странами-владельцами и компаниями, финансирующими создание, поддержание функционирования и пользование этой инфраструктурой.

<sup>10</sup> Т.н. технологии CCS

<sup>11</sup> Таким образом, крупнотоннажный СПГ-бизнес перестает быть «AAA-бизнесом» (бизнесом высших кредитных категорий), каковым он был на заре своего формирования, когда реализацию СПГ-проектов могли позволить себе только крупнейшие компании, с высокой капитализацией и, как правило, с наивысшими кредитными рейтингами (наиболее высокая среди энергетических отраслей капиталоемкость СПГ-бизнеса

Запущенная компанией Cheniere американская модель ценообразования на СПГ, а именно переход от контракта на условиях СИФ к контрактам на условиях FOB<sup>12</sup>, дала возможность эффективно торговать на ценовых региональных спредах по мере развития глобальной инфраструктуры СПГ. Поэтому придерживаюсь мнения, что формирование единого глобального рынка газа будет идти не в сторону единой (унифицированной) цены, а в направлении дальнейшего наращивания глобальной инфраструктуры СПГ, которая будет все более тесно связывать между собой региональные рынки преимущественно сетевого газа, сохраняя региональные ценовые дифференциалы, определяемые региональной отраслевой спецификой [3].



**Рисунок 1. Три глобальных газовых революции: волновое развитие**

Источник: А.Конопляник

Одна – третья - глобальная газовая революция пришла со стороны спроса. Это «зеленая» революция – предполагающая декарбонизацию/низко-углеродное развитие в результате роста значимости, вплоть до обострения, климатической повестки.

Любая революция запускает новую волну развития, которая, как и человеческая жизнь (детство, юношество, расцвет/зрелость, старость), проходит несколько стадий: начальная – стадия зарождения, ускоренный рост, пик – период расцвета, затухание. К примеру, сланцевая находится на достижении почти своего пика, революция СПГ на стадии ускоренного роста, а «зеленая» - на начальном периоде.

Таким образом, «зеленая» революция находится на наиболее ранней, по сравнению с двумя другими, стадии развития (см. рисунок 1). Поэтому особенно важно понимать дальнейшие возможные векторы ее развития и при необходимости вносить в них

---

предполагает обращение к заемному капиталу и требовала на начальном этапе его развития высочайшей кредитоспособности заемщика не только для минимизации издержек, но и просто для получения долгового финансирования).

<sup>12</sup> продажа СПГ его производителем не на условиях СИФ, то есть у потребителя, а на условиях FOB завод СПГ, то есть не на условиях ценовой привязки к стоимости замещения, каковым замещающим топливом на рынке импортера в случае СПГ исторически, с конца 1960-х гг. в АТР, является сырая нефть, а фактически на условиях «кост-плюс» – или, точнее «спот-плюс», поскольку привязка цен FOB производителей СПГ США происходит к спотовым ценам торговой площадки Генри-Хаб.

корректировки на максимально ранних этапах, не допуская (то есть упреждая, причем коллективными действиями), по возможности, их отклонения от сбалансированной, то есть опирающейся на взаимоприемлемые интересы всех вовлеченных и заинтересованных сторон, траектории низко-углеродного развития.

## 2. Грани «зеленой революции»

У «зеленой» революции можно выделить четыре аспекта (компонента).

Во-первых, **технологический** (опережающее развитие ВИЭ с опорой на активное их государственное субсидирование).

Во-вторых, **геополитический** (его, правда, можно трактовать не как самостоятельный компонент, а как геополитический подтекст технологического компонента) – это не очень афишируемая, но отчетливо прослеживаемая логика опоры на ВИЭ в ЕС: отечественные «зеленые электроны» против импортных «грязных молекул». Отсюда следовала доминировавшая и насаждавшаяся в общественном сознании ЕС до начала 2018 г. философия полностью «цифрового, электрического, возобновляемого» (digital, electrical, renewable) будущего. В начале 2018 г. Еврокомиссия, однако, скорректировала эту модель будущего низкоуглеродного развития ЕС, перейдя от концепции полностью электрического будущего на основе ВИЭ к концепции «электроэнергия ВИЭ плюс декарбонизированные газы». Оценочные расчеты по заданию самой Еврокомиссии показали, например, что для покрытия потребностей стран ЕС в электроэнергии за счет солнечных и ветровых ВИЭ может банально не хватить территории ЕС.

В-третьих, **регуляторный**. Широкое использование декарбонизированных газов предполагает – ибо предопределяет – переход от насаждавшегося ранее и бывшего основной идеологией трех Энергетических пакетов ЕС (1996/98, 2003 и 2009 гг.) разделения/атомизации (unbundling) энергетических рынков, компаний, бизнесов к их реинтеграции (re-bundling) при нарастающих низко-углеродных ограничениях. Причина: использование декарбонизированных газов (в первую очередь – водорода) как средства хранения избыточной электроэнергии ВИЭ означает необходимость интеграции электроэнергетического и газового рынков и соответствующей адаптации и гармонизации систем регулирования обоих рынков. Это – первый срез регуляторного компонента «зеленой» революции применительно к газовой отрасли. Второй же срез регуляторного компонента декарбонизационной модели развития ЕС касается правил использования трансграничной ГТС в рамках «Большой Энергетической Европы». Исторически все развитие газовой промышленности на континенте выстраивалось под максимизацию эффективности использования ГТС, предназначенной для транспортировки одного единственного (за исключением зоны на севере Германии и Нидерландов, где исторически использовались два разных по своим качественным характеристикам типа газа – L-газ и H-газ) энергоносителя – метана (CH<sub>4</sub>) – с жесткой унификацией и выдерживанием его технологических и контрактных характеристик. Однако концепция «декарбонизированных газов» предполагает использование в рамках единой интегрированной трансграничной ГТС не одного, но множества «газов»: природного и биометана (CH<sub>4</sub>), водорода (H<sub>2</sub>), метано-водородных смесей (MBC), углекислого газа (CO<sub>2</sub>) и др. с разными качественными характеристиками. Это потребует корректировки собственно газового регулирования ЕС.

В-четвертых, **непрямолинейная** траектория поступательного развития революционных изменений, характеризующаяся неизбежными искривлениями и перегибами (одно из последних, например, - это решение Европейского Инвестиционного Банка (ЕИБ) от 14.11.2019 о прекращении финансирования с 2021 г. любых проектов с НВЭР<sup>13</sup>). Повторяются и еще, видимо, неоднократно будут продемонстрированы похожие отклонения, вызванные формированием энергетической политики и регулирования энергетических

<sup>13</sup> Четкий анализ последствий решения ЕИБ приведен, например, в [4].

рынков по принципу «learning by doing». Издержки такого подхода проявились в период подготовки Третьего энергопакета ЕС (ТЭП ЕС) и Сетевых кодексов к нему. Тогда же они были признаны и самими энергорегуляторами ЕС в рамках серии заседаний Рабочей группы 2 «Внутренние рынки» Консультативного совета Россия-ЕС по газу (РГ2 КСГ РФ-ЕС), посвященных этим вопросам<sup>14</sup>.

Эти три революции наложились на долгосрочный эффект от материализовавшихся последствий адаптации мировой экономики к нефтяным кризисам 1970-х гг. В результате в мировой энергетике формируется новая более конкурентная реальность, в которой производителям НВЭР все труднее найти свою сжимающуюся конкурентную нишу, и в итоге национальные интересы ряда стран (например, США под лозунгом America First!) приводят к отказу от «игры по правилам», которая для них сменяется «борьбой без правил» [5-7].

Отсюда дилемма для РФ: уйти из зоны сегодняшних конкурентных преимуществ страны, отказаться от использования НВЭР (к чему призывают многие страны-участники Парижского соглашения по климату и/или многие «эксперты») или остаться в зоне НВЭР, но на новой конкурентной основе? На мой взгляд, у РФ есть потенциальная конкурентная ниша, позволяющая стране монетизировать свои огромные запасы НВЭР (природного газа), но на новой технологической основе в рамках низко-углеродного – в первую очередь, экспортно-ориентированного – развития. Это – водород производимый из природного газа без выбросов CO<sub>2</sub> как одно из ресурсно-инновационных решений<sup>15</sup>.

Итак, «зеленая» революция в рамках скорректированной формулы низко-углеродного развития ЕС «возобновляемая электроэнергетика плюс декарбонизированный газ» открывает для России окошко новых возможностей на европейском направлении – потенциальную возможность вписаться во вторую часть модернизированной в начале 2018 г. формулы энергетического будущего ЕС («... плюс декарбонизированные газы»), но с учетом и на основе наших национальных интересов (монетизация ресурсов российского газа). И одной из таких возможностей будет являться водород. То есть использование российского газа, в том числе (и именно в этом новые для него возможности) в качестве сырья для производства водорода на основе новых российских (или разрабатываемых и/или коммерциализуемых совместно с европейскими партнерами) инновационных технологий по его производству и использованию.

### **3. «Зеленая революция» как попытка нового передела мира и алгоритм рационального поведения для РФ**

То, что мы наблюдаем как «зеленую революцию» – это попытка нового, причем ускоренного, передела мира, задуманного как передел технологический, но, безусловно, ведущий к политическим изменениям. В авангарде формирования нового низко-углеродного технологического и экономического уклада – «новые» компании, новые лидеры, которым не нашлось конкурентной ниши в рамках экономики и энергетике, развивающихся на базе текущего (старого) технологического уклада, базирующегося на использовании НВЭР. Эти «новые» компании, в первую очередь, ставят в энергетике во главу угла форсированное развитие ВИЭ, причем не только опираясь на активно формируемое, в первую очередь в странах Запада, угле-, нефте-, газophobic общественное мнение (вплоть до полного отказа от использования органического топлива), но и формируя его.

Надо ли пытаться затормозить низко-углеродное развитие? Нет! Нельзя повторять ошибки восприятия Россией Третьего энергопакета ЕС! Необходимо эффективно встроиться

<sup>14</sup> Материалы заседаний РГ2 КСГ публикуются на вебсайте Минэнерго РФ на странице: <https://minenergo.gov.ru/node/14646>.

<sup>15</sup> Если использовать терминологию и идеологию акад.РАН А.Н.Дмитриевского о ресурсно-инновационном пути развития страны.

в низкоуглеродное устойчивое развитие, исходя из задачи максимизации национальных интересов!!!

При этом России, на мой взгляд, не нужно стремиться оказаться в этом «низкоуглеродном переделе» на первых ролях. Да это и невозможно, ибо российская экономика к нему пока не готова в силу текущего технологического (состояние НИОКР, включая в том числе последствия «реформы академической науки») и экономического (многострадальный инвестиционный климат, в формировании которого доминирует примат фискальных интересов мытаря) отставания на этих направлениях. Но это и не нужно: попытки ускоренного передела неизбежно замедлятся через какое-то время, ибо стремление к нему построено на завышенных непросчитанных ожиданиях многих западных политиков, формирующих завышенный же «общественный» запрос бизнесу. Поэтому маятник качнется обратно, в сторону рационального поведения.

Однако необходимо понимать, что низкоуглеродное развитие сформировалось и оформилось сегодня как устойчивая тенденция в умах, особенно молодого западного поколения, среди ориентирующихся на него (электорат на вырост) и играющих вдолгую политиков, и поэтому оно начинает материализоваться в решениях, влияющих на будущие потоки инвестиций, перераспределяя их в пользу «зеленых» отраслей (правда, зачастую с перехлестом, в искаженном понимании, как уже упомянутое решение ЕИБ от 14.11.2019, например).

Как можно сохранить РФ в зоне конкурентных преимуществ (а это в первую очередь пока все еще преимущественно сфера НВЭР) в условиях когда основные партнеры (ЕС) идут по пути ускоренной декарбонизации / низко-углеродного развития (декларируемый отказ от НВЭР)? Один из вариантов: водород (декарбонизированный газ), производимый из метана (НВЭР). При этом предлагаю вести речь (и дальнейшую дискуссию с ЕС) не о «сером», «голубом» или «зеленом» водороде (термины ЕС), а:

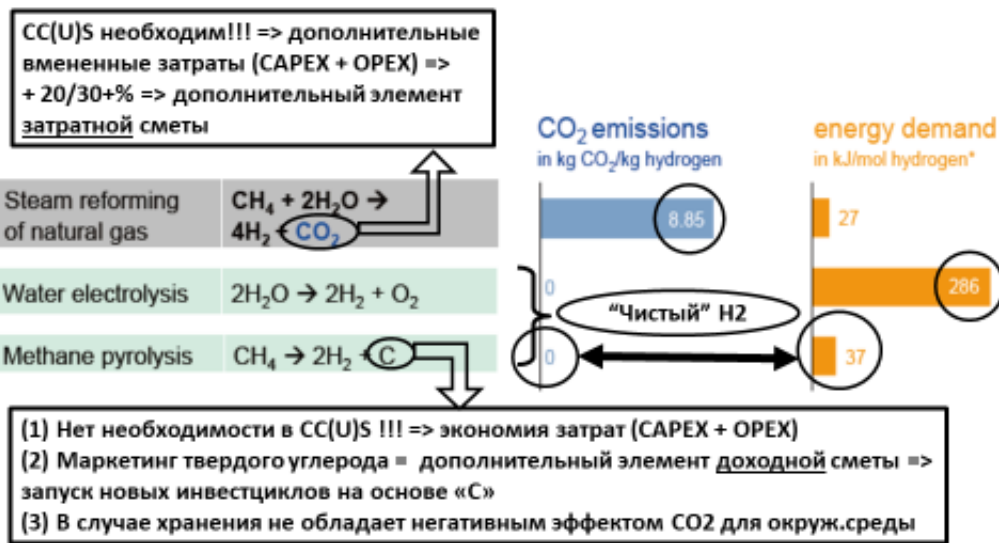
- об экспортно-ориентированной декарбонизации (не внутри РФ, но для ЕС),
- не в апстриме (на территории РФ в зонах добычи газа), но в даунстриме газовой цепи РФ-ЕС, то есть вблизи потребителей ЕС, где происходит 80% выбросов CO<sub>2</sub> в рамках трансграничной газовой цепи РФ-ЕС,
- обсуждать, в первую очередь, вопросы производства H<sub>2</sub> из CH<sub>4</sub> без выбросов CO<sub>2</sub>, ибо это - наиболее предпочтительный взаимовыгодный путь получения и использования декарбонизированного газа.

#### **4. Декарбонизированный газ: основные технологии по производству H<sub>2</sub>**

Существуют три основные технологии получения водорода: электролиз воды, паровой риформинг метана (с выбросами CO<sub>2</sub> и необходимостью их утилизировать) и пиролиз метана (и сходные технологии) без выбросов CO<sub>2</sub> (см. рисунок 2).

**Электролиз воды:** полученный таким способом водород считается единственно «зеленым» H<sub>2</sub> в ЕС (то есть «экологически чистым», не генерирующим выбросов CO<sub>2</sub> при производстве) среди трех технологических опций по его производству. Однако, на мой взгляд, такое его позиционирование является необоснованным лукавством.

Полученный таким образом водород не может считаться «зеленым», если использованная для электролиза электроэнергия берется из сети, ибо более половины ее производства в ЕС осуществляется на основе ТЭС на органическом топливе, то есть с выбросами CO<sub>2</sub>.



**Рисунок 2. При прочих равных условиях, пиролиз метана (и иные сходные технологии) имеют конкурентное преимущество против двух других технологий производства водорода (электролиза и парового риформинга)**

Составлено А.Коноплянником на основе: Dr. Andreas Bode (Program leader Carbon Management R&D). New process for clean hydrogen. // BASF Research Press Conference on January 10, 2019 / (<https://www.basf.com/global/en/media/events/2019/basf-research-press-conference.html>)

В случае использования для электролиза электроэнергии ВИЭ имеем следующую развилку:

- если использовать для производства водорода только «избыточную» электроэнергию ВИЭ в периоды ветровой и солнечной активности сверх потребности энергосистемы (а значит по нулевой или отрицательной цене - на это и был основной расчет пропонентов электролиза), то такие проекты производства H<sub>2</sub> будут плохо или совсем нефинансируемы, ибо будут сопровождаться непредсказуемо прерывистым (непостоянным) формированием доходной части, что ведет к резкому ухудшению, вплоть до запретительной, коммерческой окупаемости инвестиций в проекты;

- если же обеспечивать постоянные (непрерывные) поставки электроэнергии ВИЭ для обеспечения непрерывности (постоянности) процесса производства водорода методом электролиза и повышения окупаемости инвестиций в такие проекты, то такое возможно только с использованием резервных электрогенерирующих мощностей для ВИЭ на органическом топливе. Отсюда – две группы последствий. Первая: в качестве резервных мощностей могут использоваться маневренные угольные и/или газовые ТЭС, причем с низким коэффициентом использования установленной мощности (КИУМ), поскольку непостоянное их использование – только для балансировки погодных колебаний выработки электроэнергии ВИЭ - ухудшает экономику и экологию ТЭС на органическом топливе и, значит, общую экономику проекта производства H<sub>2</sub> методом электролиза. Вторая: работа ТЭС на органическом топливе сопровождается выбросами CO<sub>2</sub>, а в «рваном» (непредсказуемо непостоянном) режиме – повышенными удельными выбросами (по аналогии с движением автомобиля с крейсерской скоростью по трассе или передвижением по городу в светофорном режиме вне «зеленой волны»), значит полученный таким образом H<sub>2</sub> также нельзя считать «зеленым».

Плюс к этому, электролизный водород считается «зеленым» в ЕС потому что «зеленой» считается электроэнергия ВИЭ, ибо непосредственно при ее производстве отсутствуют выбросы CO<sub>2</sub>. Однако и это, на мой взгляд, некорректный (лукавый) подход, учитывая глобальный, не ограничиваемый национальными границами, характер климатической/экологической проблемы, то есть учитывая трансграничные атмосферные перетоки загрязнений, таких как CO<sub>2</sub>. И если рассматривать весь технологический воспроизводственный цикл электроэнергетики ВИЭ – от производства оборудования для солнечной и/или ветровой электроэнергетики и/или, тем более, добычи и переработки сырья для его производства (а все эти стадии вынесены, как правило, в развивающиеся страны, причем, например, стадия добычи редкоземельных металлов, необходимых для производства фотоэлектронпреобразователей (ФЭП), и/или производство самих ФЭП являются весьма экологически «грязными»), то весь этот воспроизводственный цикл никак нельзя назвать «зеленым». А тот факт, что все экологически «грязные» звенья этого цикла вынесены за пределы ЕС означает, что ЕС тем самым лишь перераспределяет загрязнения, при том, что климатические перетоки загрязнения имеют глобальный характер.

**Паровой риформинг метана:** водород, полученный с помощью такой, наиболее распространенной в мире, технологии получения H<sub>2</sub> (порядка 95% его производства в мире получено именно методом парового риформинга метана) считается в ЕС «голубым». Более того, эта технология де факто (по умолчанию) считается (и представляется в рамках многочисленных выступлений и публикаций, причем не только в ЕС) сегодня единственной технологией производства «голубого» - то есть получаемого из метана - водорода в ЕС. Тем самым фактически отсекаются от публичной дискуссии иные технические решения по производству водорода из метана, в частности такие, которые имеют потенциальные конкурентные преимущества перед паровым риформингом вследствие того, что не сопровождаются выбросами CO<sub>2</sub>, то есть не требуют затратных технических решений (технологии CCS) по утилизации (улавливаню и захоронению) CO<sub>2</sub>, на долю которых приходится 20-30% и более затратной сметы по производству водорода методом парового риформинга [8].

Поскольку технология парового риформинга осуществляется с доступом кислорода, значит при производстве H<sub>2</sub> этим методом всегда будут существовать выбросы CO<sub>2</sub>, которые будет необходимо утилизировать. Конечно, движение по соответствующей «кривой обучения» для CCS будет с течением времени сокращать затраты на CCS, но не сможет их полностью исключить. Поэтому альтернативные технологии получения H<sub>2</sub> из CH<sub>4</sub> без доступа O<sub>2</sub> и значит без выбросов CO<sub>2</sub> будут, при прочих равных условиях, иметь перманентное конкурентное преимущество перед паровым риформингом на величину затрат на CCS.

Важным моментом международной дискуссии о конкурентных технологиях производства водорода и, шире, о низко-углеродном пути развития, в рамках которого технология CCS является одним из ключевых решений проблемы утилизации CO<sub>2</sub>, является позиционирование этой технологии в общественном сознании. Так вот, на мой взгляд, она вкладывается в общественное сознание (осознанно или невольно, но скорее первое, чем второе) в искаженном виде путем некорректной расшифровки аббревиатуры CCS (на что мне неоднократно приходилось обращать внимание отечественной и международной аудитории, говоря о «лукавой букве» [9-10]): в международной/западной дискуссии эта аббревиатура обычно расшифровывается как “carbon capture storage”, что означает «улавливание и хранение углерода», в то время как речь идет об улавливании и захоронении углерода (“carbon capture sequestration”), причем вести речь надо не о углероде, а о двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>).

Итак, почувствуйте разницу: CCS – это не «хранение» (storage), но «захоронение» (sequestration). Хранение подразумевает временное изъятие товара из коммерческого оборота



(исходя из сезонных и/или конъюнктурных соображений, например, подземное хранение газа) для максимизации долгосрочной выгоды. Захоронение – невозвратное его изъятие из производственного оборота (вследствие, например, отсутствия возможностей для коммерческого использования). Это означает, что CCS является элементом невозвратных затрат на утилизацию CO<sub>2</sub> в рамках данного производственного цикла<sup>16</sup>, но CCS не является началом нового инвестиционного/производственного цикла (то есть расходы на CCS не являются окупаемыми в перспективе инвестициями). Значит, он является лишь существенный дополнительным элементом в затратной смете проектов производства H<sub>2</sub> наиболее распространенным сегодня методом парового риформинга.

**Пиролиз метана** и иные технологии производства H<sub>2</sub> без доступа O<sub>2</sub>, следовательно без выбросов CO<sub>2</sub>, при которых отсутствует потребность в использовании CCS.

Эти технологии практически не упоминались в публичном пространстве ЕС до недавней поры и практически игнорируются сегодня в публичной дискуссии. Возникает вопрос: почему так? Ведь именно эти технологии производства водорода без выбросов CO<sub>2</sub> могут быть взаимовыгодным для РФ и ЕС решением задачи форсированного низко-углеродного развития ЕС при наращивании монетизации ресурсов российского газа для целей экспортно-ориентированной декарбонизации, в том числе газовой отрасли.

Эти технические решения были введены в активное публичное пространство РФ-ЕС в презентации зам.председателя правления ПАО «Газпром» О.Е.Аксютин на 26-м заседании Рабочей группы 2 «Внутренние рынки» Консультативного совета РФ-ЕС по газу (РГ2 КСГ) в ООО «Газпром экспорт» в Санкт-Петербурге 10.07.2018 [11], в основу которого были положены комментарии ПАО «Газпром» по Долгосрочной стратегии ЕС по снижению выбросов тепличных газов до 2050 г. [12]. Поэтому в публичной международной дискуссии по вопросам декарбонизации я называю эти предложения «трех-ходовкой Аксютин» [13], что постепенно становится устойчивым термином, характеризующим систему российских предложений. Именно эти технические решения могут – и должны стать – одним из экономических приоритетов для РФ и ЕС в вопросах низко-углеродного развития «Большой Энергетической Европы», составными неотъемлемыми и взаимозависимыми частями которой являются РФ и ЕС.

В частности второй шаг указанной трехходовки – это адиобатическая конверсия метана на компрессорных станциях (КС) магистральных газопроводов для получения МВС и замене ими метана в качестве топливного газа на КС. Это дает уменьшение выбросов примерно на 30%. Третий шаг – это собственно и есть технологии производства H<sub>2</sub> из CH<sub>4</sub> без доступа O<sub>2</sub> и значит без выбросов CO<sub>2</sub>, например, российская технология получения водорода из метана методом низко-температурной неравновесной плазмы, разработанная в НИУ Томский Политехнический Университет [11-12].

При этом хочу еще раз отметить, что разделение водорода «по цветам» не уместно, не является целесообразным (разве только оно не является преднамеренно срежиссированным), ибо в результате такого словоупотребления создается (формируется) неверное представление, что «голубой» водород (из метана) всегда хуже, чем электролиз, потому что в общественной дискуссии ЕС под «голубым водородом» подразумевается только паровой риформинг, а значит формируется мнение, что получение «голубого» водорода всегда

---

<sup>16</sup> Напрашивается сравнение CCS (с захоронением CO<sub>2</sub>) с обязательными ликвидационными затратами на утилизацию нефтепромысловых сооружений после прекращения эксплуатации нефтегазовых месторождений (особенно высокими, например, для утилизации стационарных морских платформ в рамках проектов освоения морских месторождений нефти и газа), но такая напрашивающаяся аналогия будет не вполне корректной, поскольку утилизация нефтепромысловых сооружений – их реализация на вторичном рынке для повторного использования на новых проектах или в качестве вторсырья, приносит дополнительный доход, который может уменьшить затратную смету утилизируемого проекта, в отличие от захоронения CO<sub>2</sub>.

сопровождается эмиссией CO<sub>2</sub> (а это плохо для климата), в отличие от отсутствия выбросов CO<sub>2</sub> при электролизе.

Итак, при прочих равных условиях, пиролиз метана (и иные сходные технологии) имеют конкурентное преимущество против двух других технологий производства водорода (электролиза и парового риформинга). Поскольку паровой риформинг характеризуется выбросами CO<sub>2</sub>, для их утилизации необходим CCS, что означает дополнительные вмененные затраты (как капитальные, так и эксплуатационные), что добавляет 20-30% и более к затратной смете. При пиролизе нет необходимости в CCS, что означает экономию капитальных и эксплуатационных затрат.

При электролизе и пиролизе нет выбросов CO<sub>2</sub>, поэтому обе эти технологии можно было бы считать (по результату) технологиями получения «зеленого» водорода. Однако энергоемкость получения водорода методом электролиза примерно на порядок выше, чем при получении H<sub>2</sub> из метана (рисунок 2).

Таким образом, по совокупному эффекту двух основных показателей, при прочих равных условиях (в том числе при технологически нейтральном регулировании – что обещает Еврокомиссия в качестве основы своей промышленной политики), пиролиз метана оказывается наиболее предпочтительной технологией получения водорода. Плюс к тому, маркетинг твердого углерода является дополнительным элементом доходной сметы (в случае запуска новых инвестиционных циклов на его основе). При этом твердый углерод в случае хранения (при невозможности его полного производительного использования) не обладает негативным эффектом CO<sub>2</sub> для окружающей среды.

## **5. ВИЭ-центрические развилки декарбонизации ЕС**

Безусловно, пиролиз метана (и аналогичные ему по результату – получению H<sub>2</sub> без выбросов CO<sub>2</sub> – технологии) находится пока на более ранней стадии технологического цикла. Но эти технологии обеспечивают возможность получить не только водород без выбросов CO<sub>2</sub>, но и твердый углерод, который, в отличие от CO<sub>2</sub>, не оказывает негативного влияния на повышение температуры окружающей среды, не создает тепличный эффект, и который может быть утилизирован в рамках соответствующего нового инвестиционно-технологического цикла по его производительному использованию. Поэтому экономическим приоритетом для России и ЕС является объединение усилий как в быстрой коммерциализации технологий пиролиза и ему подобных по производству водорода, так и по быстрой коммерциализации производительного использования твердого углерода.

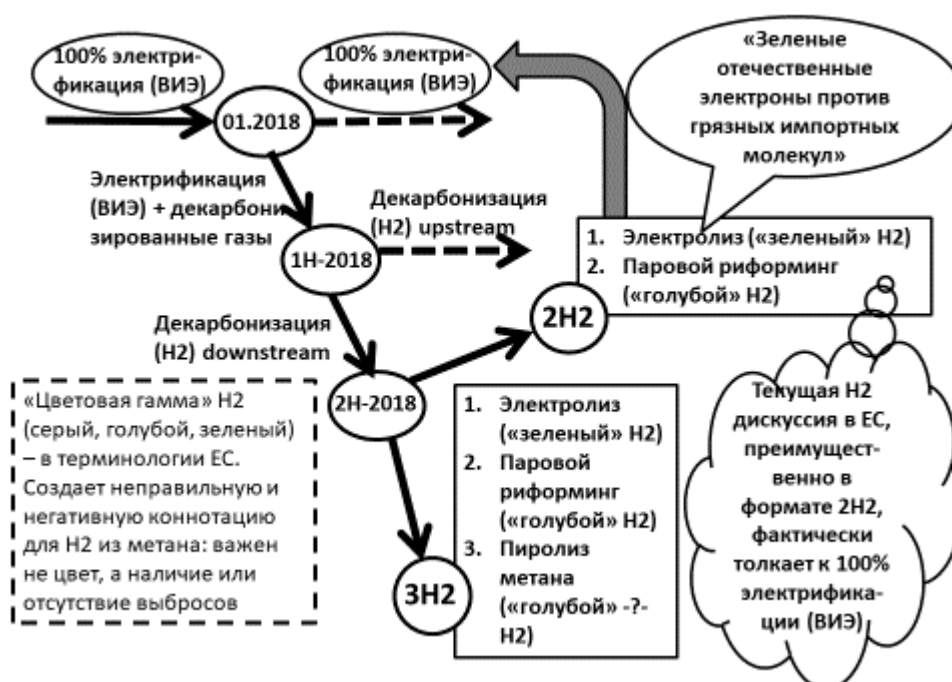
Возможен ли баланс интересов России и ЕС в этой сфере? Возможен, в случае если движение европейской стороны «от развилки к развилке» на пути принятия решений о своей декарбонизационной политике будет строиться на полноте информации (а не на ее заведомо искаженном ограничении) и в продолжающемся диалоге, объединении усилий сторон, нацеленном на выработку взаимоприемлемых/взаимовыгодных решений.

До начала 2018 г. формирование энергетической политики ЕС строилось на стремлении обосновать 100%-ную электрификацию на основе ВИЭ. Лишь в начале 2018 г. этот подход сменился на более рациональный: электроэнергия ВИЭ плюс декарбонизированные газы (см. рисунок 3). Следующая развилка: где декарбонизировать газовую цепочку (производить водород) – у производителя (в России, в местах добычи газа) и поставлять чистый H<sub>2</sub> и/или МВС в ЕС по ГТС, или у потребителя (в ЕС)? В результате долгой полугодовой дискуссии в рамках РГ2 КСГ, с разъяснениями рисков и дополнительных затрат для обеих сторон первого пути, вроде бы пришли к пониманию, что целесообразно производить водород из метана внутри ЕС, на территории которого осуществляется 80% выбросов CO<sub>2</sub> в рамках производственно-сбытовой цепи газоснабжения РФ-ЕС.

Сейчас основная дискуссия фактически свелась к противостоянию газового и электрического лобби. Именно в этом контексте я рассматриваю сведение общественной

дискуссии в Европе по водородной тематике к противопоставлению «зеленого» и «голубого» водорода в рамках сложившегося в ЕС представления, что «голубой» H<sub>2</sub> – это водород из метана, полученный методом парового риформинга (я обозначил на рисунке 3 эту дискуссию как «2H<sub>2</sub>»), а единственно зеленый H<sub>2</sub> – это тот, что получен методом электролиза. Что означает фактически выведение из общественного обсуждения потенциально наиболее взаимовыгодного для ЕС и РФ технического направления – получения H<sub>2</sub> методом пиролиза метана без выбросов CO<sub>2</sub>. А это означает неявное подталкивание общественного мнения назад, в сторону тезиса о 100%-ной электрификации на основе ВИЭ, в том числе опираясь на геополитические соображения, что «зеленые отечественные электроны лучше грязных импортных молекул».

Поэтому важной задачей российской стороны является перевод внутриевропейской и российско-европейской дискуссии по декарбонизации из формата «2H<sub>2</sub>» в формат «3H<sub>2</sub>» (см. рисунок 3).



**Рисунок 3. Развилки декарбонизации ЕС (ВИЭ-центрические)**

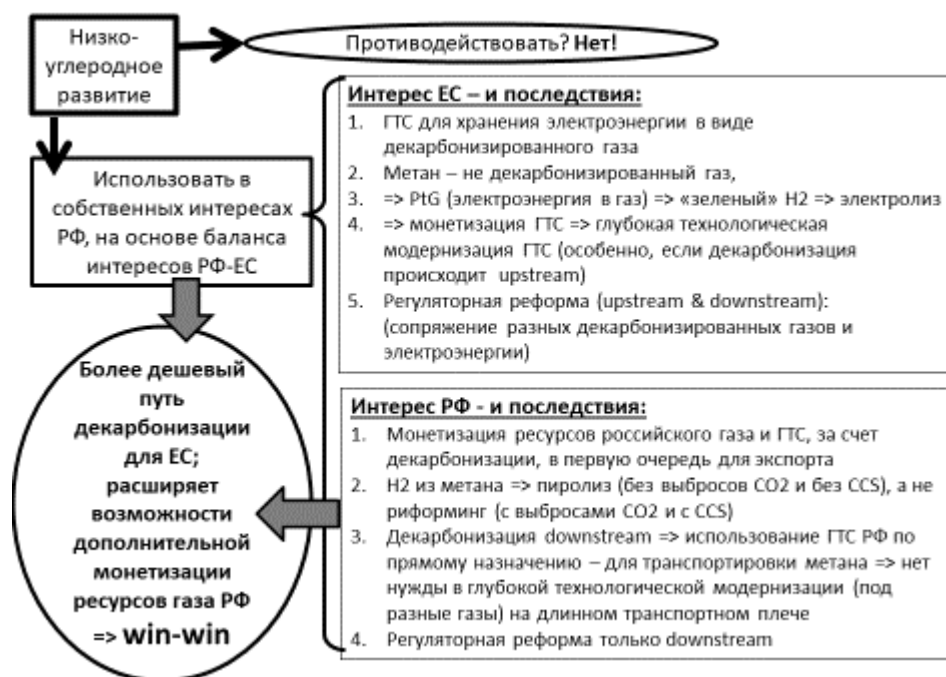
Источник: А.Конопляник

## 6. Баланс интересов РФ-ЕС возможен

Итак, мы пришли к выводу, что необходимо использовать форсируемое низкоуглеродное развитие ЕС, исходя из национальных интересах РФ, но на основе баланса интересов РФ-ЕС, и ни в коем случае не противодействовать ему. В чем заключается баланс интересов РФ и ЕС в этом вопросе (см. рисунок 4)?

На мой взгляд, интересы ЕС в сфере декарбонизации энергетики (электроэнергетической и газовой отраслей) сводятся, во-первых, к использованию трансграничной ГТС для хранения электроэнергии в виде декарбонизированного газа. Поскольку метан – это не декарбонизированный газ (как источник энергии), то предпочтения ЕС сводятся к технологиям PtG (“Power to Gas” - электроэнергия в газ) для получения «зеленого» (в терминологии ЕС) H<sub>2</sub> методом электролиза. Поэтому интерес ЕС – в монетизации ГТС, а значит ее глубокой технологической модернизации под набор различных декарбонизированных газов (в первую очередь H<sub>2</sub> и МВС) в дополнение к метану, причем на всем ее трансграничном протяжении, если декарбонизация газа

происходит у производителя. Значит, потребуется регуляторная реформа (сопряжение рынков разных декарбонизированных газов и электроэнергии), причем и в upstream, и в downstream, то есть в разных суверенных юрисдикциях.



**Рисунок 4. Баланс интересов РФ-ЕС возможен**

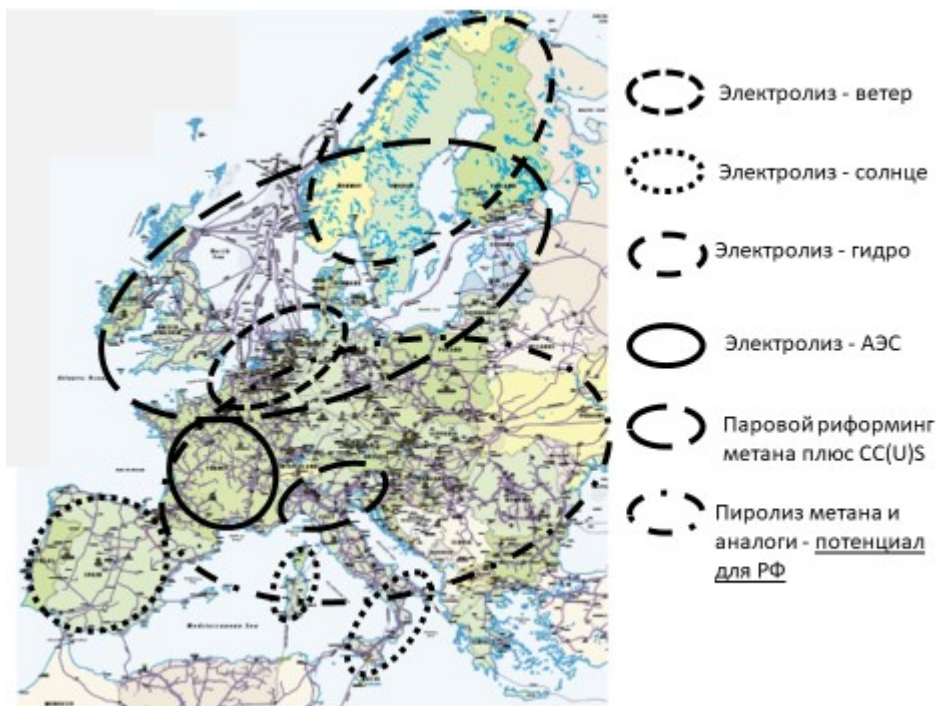
Источник: А.Конопляник

Национальные интересы РФ отличаются, но имеют «общий знаменатель» с интересами ЕС. Моя страна должна быть заинтересована в монетизации, за счет декарбонизации - в первую очередь для экспорта, и ресурсов российского газа, и ГТС. При этом приоритетной технологией производства H2 из метана должен являться пиролиз (без выбросов CO2 и без CCS), а не паровой риформинг (с выбросами CO2 и с CCS). Россия заинтересована в экономически рациональной декарбонизации downstream трансграничной производственно-сбытовой цепи РФ-ЕС. Это сохранит использование ГТС РФ по прямому назначению – для транспортировки метана, не будет нужды (и значительных допзатрат) в ее глубокой технологической модернизации (под транспортировку различных газов) на длинном транспортном плече, по крайней мере в российской юрисдикции. В таком случае регуляторная реформа потребуется только downstream, что ускорит и упростит реализацию декарбонизационных процессов газовой отрасли. Это удешевляет декарбонизацию для ЕС, повышая тем самым благосостояние граждан ЕС, в свою очередь, дополнительно монетизируя ресурсы российского газа.

## 7. Конкурентные зоны применения технологий производства H2 в Европе

Сравнение преимуществ/недостатков основных технологий производства водорода в Европе не означает повсеместного доминирования какой-то одной из них – каждая технология сможет найти свою конкурентную нишу, опираясь на те или иные специфические характеристики того или иного региона.

Примерные возможные, по мнению автора, зоны распространения (преимущественного применения) основных технологий производства водорода в Европе при государственном регулировании, основанном на принципах «технологического нейтралитета», показаны на рисунке 5.



**Рисунок 5. Примерные возможные зоны распространения (преимущественного применения) основных технологий производства водорода в Европе при государственном регулировании, основанном на принципах «технологического нейтралитета»**

Составлено А.Конопляником по итогам дискуссии с Ральфом Дикелем; источник карты: ENTSOG

Существует несколько разных зон сравнительных преимуществ использования тех или иных технологий производства  $H_2$ . Так, страны Скандинавии, известные как «гидроэнергетические государства» из-за высокой доли гидроэнергии в энергобалансе, будут иметь предпосылки для конкурентного использования электролиза на базе гидроэнергии (для выравнивания ночного провала графика нагрузки). Аналогично (исходя из режимных соображений – выравнивание ночного графика нагрузки в электроэнергетике) может применяться электролиз во Франции – стране, с повышенной долей АЭС в выработке электроэнергии. Страны с долгой активной солнечной нагрузкой (Иберийский полуостров, Южная Европа и Средиземноморские острова) могут использовать для электролиза солнечную энергию, а страны Северо-Западной Европы, где активно используется ветровая энергия (с ветроэлектростанциями как сухопутного, так и морского базирования) – энергию ветра. Паровой риформинг с CCS сегодня активно развивается норвежской компанией Equinor (включая сбор и транспортировку  $CO_2$  для захоронения на североморских месторождениях), в частности, Норвежский нефтяной директорат предлагает широкую программу использования выработанных нефтегазовых месторождений для захоронения  $CO_2$ . Поэтому, полагаю, зона, охватывающая акватории и прибрежные государства Северного и Балтийского морей, будет зоной конкурентного применения технологии парового риформинга с CCS. Наконец, пиролиз метана и аналоги смогут получить распространение (в случае скорейшего вывода этих технологий со стадии лабораторных испытаний и опытных установок на стадию промышленного использования, в том числе за счет сотрудничества РФ и ЕС в этой сфере) в континентальной Европе, покрытой разветвленной ГТС, опираясь на второй и третий шаги вышеупомянутой «трех-ходовки Аксютинина» [13].

**Примечание:** Исследование осуществляется при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта «Влияние новых технологий на глобальную конкуренцию на рынках сырьевых материалов», проект № [19-010-00782](#)

### Список использованной литературы:

- [1] A.Konoplyanik. “The US Shale Gas Revolution And Its Economic Impacts In The Non-US Setting: A Russian Perspective” (pp. 65-106). – in: “Handbook of Shale Gas Law and Policy”/ed. by Tina Hunter, Intersentia, 2016, 412 pp.
- [2] А.Конопляник. Движущие силы и факторы риска сланцевой революции (глава 2, с.26-36); «Эффекты домино» американской сланцевой революции (глава 19, с.319-324). - в кн.: Сланцевая революция и глобальный энергетический переход / Под ред. Н. А. Иванова. — М. ; СПб. : Нестор-История, 2019. — 540 с.
- [3] А.Конопляник. Рынок СПГ – драйвер перемен (Развитие торговли сжиженным природным газом ведет к существенным трансформациям в экономической и политической сферах). // «Нефтегазовая Вертикаль», 2018, № 23-24, с.37-44 (часть 1-я цикла из четырех статей).
- [4] Costis Stambolis (Chairman and Executive Director of the Institute of Energy for SE Europe (IENE)). EIB's Decision to Suspend Funding for Fossil Fuels Projects Can Only be Described as Irrational. // “IENE Comment” No22, December 5, 2019.
- [5] А.Конопляник. Когда Америка всегда прежде всего... (Попытки выдавливания российского газа из Европы в пользу американского СПГ имеют исключительно прагматическую экономическую подоплеку со стороны США и политический инструментарий реализации). // «Нефтегазовая Вертикаль», январь 2019, №1-2, с.87-94 (часть 2-я цикла из четырех статей).
- [6] А.Конопляник. Этапы большого пути. Как Вашингтон пытается продвинуть в Европу свой СПГ и не пустить туда российский трубопроводный газ // «Нефтегазовая Вертикаль», февраль 2019, № 3-4, с. 60-68 (часть 3-я цикла из четырех статей).
- [7] А.Конопляник. Врубаясь в Европу. США используют любые методы для «продавливания» своего СПГ на европейский газовый рынок // «Нефтегазовая Вертикаль», март 2019, № 5, с. 61-69 (часть 4-я цикла из четырех статей).
- [8] René Schutte (N.V. Nederlandse Gasunie). Production of Hydrogen. // Masterclass in Hydrogen, May 2019, Moscow, Energy Center of Moscow Skolkovo School of Management jointly with the Energy Delta Institute Energy Business School, 23.05.2019
- [9] А.Конопляник. От нового рекорда к новой нормальности? К итогам опроса представителей газового бизнеса в рамках 12-й Европейской газовой конференции // «Нефтегазовая Вертикаль», март 2019, № 5, с. 70-77.
- [10] A.Konoplyanik. New Russian Gas Export Record to become a New Standard // “Global Gas Perspectives”, 20.03.2019
- [11] O.Aksyutin. Future role of gas in the EU: Gazprom’s vision of low-carbon energy future. // 26th meeting of GAC WS2, Saint-Petersburg, 10.07.2018 (<https://minenergo.gov.ru/node/14646>; [www.fief.ru/GAC](http://www.fief.ru/GAC));
- [12] PJSC Gazprom’s feedback on Strategy for long-term EU greenhouse gas emissions reduction to 2050 // [https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/ares-2018-3742094/feedback/F13767\\_en?p\\_id=265612](https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/initiatives/ares-2018-3742094/feedback/F13767_en?p_id=265612)
- [13] А.Конопляник. Перспективы взаимодействия РФ и ЕС в сфере декарбонизации. Есть ли возможности для расширения рынка для российского газа в Европе? (часть 1) // «Нефтегазовая вертикаль», август 2019, №13, с.101-105; (часть 2) // «Нефтегазовая вертикаль», сентябрь 2019, №14, с.43-49; (часть 3) // «Нефтегазовая вертикаль», сентябрь 2019, №15, с.26-32