



Научный совет
по комплексным проблемам развития энергетики
при Президиуме РАН

ОИВТ РАН, 125412, Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2
Тел: +7 (495) 483-81-22; E-mail: volkov_ep@ihed.ras.ru

ПРОТОКОЛ № 5

Место проведения заседания:

Москва, Ленинский проспект д. 32А, Президиум РАН, зеленый зал

Время проведения: 14 марта 2024 г., 14:00

Заседание Научного совета по комплексным проблемам развития энергетики при Президиуме РАН (далее – Научный совет) проводилось совместно с Экспертным комитетом по высокотехнологическому направлению развития «водородной энергетики» при Межведомственной рабочей группе по развитию водородной энергетики (далее – Экспертный комитет).

Присутствовали:

Председатель Научного совета, академик РАН Э.П. Волков.

Члены Совета: вице-президент РАН, академик РАН С.М. Алдошин, академик РАН В.А. Стенников (зам. Председателя), академик РАН С.П. Филиппов (зам. Председателя), академик РАН С.В. Алексеенко, академик РАН Ю.Г. Драгунов, академик РАН Н.Н. Пономарев-Степной, чл.-корр. РАН А.Л. Максимов, чл.-корр. РАН В.И. Ильгисонис, чл.-корр. РАН Ю.К. Петреня, чл.-корр. РАН Г.Г. Ольховский, д.т.н. П.В. Илюшин (ученый секретарь), д.т.н. Е.О. Адамов, д.т.н. О.В. Жданеев, д.э.н. Е.Л. Логинов (официальный представитель Е.П. Грабчака), д.т.н. А.В. Кейко.

Члены Экспертного комитета: вице-президент РАН, академик РАН С.М. Алдошин, чл.-корр. РАН А.Л. Максимов, чл.-корр. РАН В.И. Ильгисонис, д.т.н. В.С. Литвиненко, д.т.н. О.В. Жданеев, д.х.н. А.Г. Ишков, д.х.н. Б.М. Булычев, д.х.н. Ю.А. Добровольский, д.т.н. А.М. Лидер.

Приглашенные: академик РАН В.В. Клименко, академик РАН А.А. Коротеев, академик РАН В.Г. Шпак, чл.-корр. РАН А.Ю. Вараксин, чл.-корр. РАН Б.А. Григорьев, чл.-корр. РАН А.В. Дедов, чл.-корр. РАН В.А. Казарян, чл.-корр. РАН Н.Н. Кудрявцев, чл.-корр. РАН Б.Г. Покусаев, чл.-корр. РАН Н.А. Прибатурин, чл.-корр. РАН М.И. Соколовский, чл.-корр. РАН В.А. Ямщиков, д.т.н. Е.И. Школьников, д.т.н. А.Н. Тугов, д.т.н. В.А. Зейгарник, д.т.н. Б.И. Нигматулин, к.т.н. А.К. Шуртаков, к.ф.-м.н. Д.О. Дуников.

Со вступительным словом выступили председатель Экспертного комитета по высокотехнологическому направлению развития «водородной энергетики» при Межведомственной рабочей группе по развитию водородной энергетики вице-президент РАН, академик РАН С.М. Алдошин и председатель Научного совета, академик РАН Э.П. Волков.

Кворум для проведения совместного заседания имеется.

Научный совет совместно Экспертным комитетом рассмотрел следующие вопросы:

1. Доклад «О включении работ по алюмоводной технологии получения водорода в перечень перспективных технологий водородной энергетики с целью создания новых (прорывных) технологий».

Докладчики: директор направления научно-технических исследований и разработок госкорпорации «Росатом», чл.-корр. РАН В.И. Ильгисонис, г.н.с. ОИВТ РАН, д.т.н., профессор Е.И. Школьников, руководитель группы проектов ОК «РУСАЛ», к.т.н. А.К. Шуртаков.

2. Доклад «Современное состояние и перспективы угольной электроэнергетики».

Докладчик: заведующий отделением парогенераторов и топочных устройств ОАО «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени

теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»), д.т.н., ст.н.с., А.Н. Тугов.

Отметили по 1 вопросу:

1. Как альтернатива электролизу воды для массового производства углероднейтрального водорода прорывным решением может стать получение водорода путем гидротермального окисления алюминия. Совместно с современными научными и технологическими достижениями в хорошо отлаженном в РФ процессе промышленного производства алюминия путем электролиза эвтектики глинозема (Al_2O_3) в криолите для регенерации алюминия комплексная алюмоводная технология конкурентоспособна по отношению к наиболее инновационным мировым технологиям электролиза воды.

2. Преимущества алюмоводной технологии заключаются в следующем:

– технология при использовании электроэнергии от АЭС и ГЭС экологически чистая (выдает «зеленый» водород), безотходная, циклическая, использует только отечественное оборудование, все процессы замкнутые и не требуют дополнительных мат ресурсов, содержит дополнительную тепловую энергию (за счет собственного тепла экзотермической реакции окисления алюминия), которая используется для компримирования водорода до требуемых параметров (400 – 700 атм) без затрат электроэнергии;

– используется один расходный реагент – электроэнергия, поэтому установки по производству водорода могут быть размещены в любом географическом регионе;

– конечный продукт – товарный водород (чистота 99,98 %; давление – 400 – 700 атм), который может отгружаться с водородопроизводящих производств в баллонах из композитных материалов и транспортироваться заказчикам;

– низкие капитальные затраты – в 3 – 4 раза меньше, чем у самых мощных протонно-обменных электролизеров воды (0,61 доллара за 1 кг водорода против 2,6 доллара за 1 кг водорода у электролизеров);

– технология линейно масштабируется и в настоящее время подготовлен к

применению на пилотной установке с отработанным экологически чистым электролизером РА-300, перерабатывающим 2 т алюминия в сутки и пилотным модулем с одним реактором ГТООА производительностью 0,8 млн. нормальных м³ в год;

– энерготехнологический комплекс на основе АЭС малой мощности с 10 подобными установками и более мощными электролизерами РА-550 (4 т/сутки) будет производить 16 млн. нормальных м³ высококачественного товарного «зеленого» водорода без затрат дополнительных ресурсов, кроме электроэнергии;

3. Недостатком технологии является повышенный расход электроэнергии 108 – 126 кВт·ч/кг водорода против 60 – 65 кВт·ч/кг водорода у современных, самых мощных в мире, протонно-обменных электролизеров воды (мощность 5 МВт). Эксплуатационные затраты на получение 1 кг водорода при использовании алюмоводной технологии – 2,86 доллара, у протонно-обменных электролизеров – 1,495 доллара.

Исходя из разнонаправленных капитальных и эксплуатационных затрат ниша преимущества получения водорода методом гидротермального окисления алюминия лежит в интервале цены электроэнергии 1 – 3 цента за кВт·ч.

4. Стоимость товарного водорода (чистота 99,98 %; давление 400-700 атм) будет на уровне 2,5 – 3 доллара за кг.

В обсуждении доклада по 1 вопросу выступили:

Д.т.н. Б.И. Нигматулин, д.х.н. Б.М. Булычев, д.х.н. Ю.А. Добровольский, вице-президент РАН, академик РАН С.М. Алдошин, д.т.н. Е.О. Адамов, чл.-корр. РАН В.И. Ильгисонис, академик РАН Н.Н. Пономарев-Степной, д.х.н. А.Г. Ишков, д.т.н. О.В. Жданеев, академик РАН Э.П. Волков.

Итоги открытого голосования:

«ЗА» – 13,

«ПРОТИВ» – 3,

«ВОЗДЕРЖАЛСЯ» – 5.

Решили по 1 вопросу:

Большинством голосов членов Научного совета и Экспертного комитета рекомендовать включение работ по алюмоводной технологии получения водорода (реализация пилотной установки) в перечень перспективных технологий водородной энергетики с целью создания новых (прорывных) технологий.

Отметили по 2 вопросу:

1. В валовом мировом производстве электроэнергии по-прежнему доминирует угольная генерация: ее доля на текущий момент составляет около 36 %, а общий объем электроэнергии, произведенной угольными ТЭС в 2022 г. достиг рекордного значения – 10191 ТВт·ч. Ожидать в ближайшее время существенного сокращения этих показателей не приходится. В мире фиксируется устойчивый рост мощностей на угольных ТЭС, так в XXI веке их суммарная установленная мощность выросла в 1,9 раза, превысив 2,1 ТВт.

2. Выбросы CO₂ в мировом электроэнергетическом секторе составляют около 40 % от общего объема выбросов CO₂, связанных с энергетическим использованием ископаемых топлив. В 2022 г. они превысили 12,4 млрд т, что в 1,8 раза больше, чем в 2000 г. Причиной роста являются глобальный спрос на электроэнергию, который увеличился за этот же период в 1,9 раза, достигнув в 2022 г. нового максимума – 28510 ТВт·ч, значительное количество из которого было выработано угольными ТЭС. Доля угольных ТЭС в общемировом производстве электроэнергии в XXI веке оставалась стабильной (на уровне 36 – 40 %), превалируя над другими первичными источниками энергии. Доля выбросов CO₂ угольными ТЭС оценивается на уровне 75 % от всех выбросов CO₂ в электроэнергетическом секторе.

3. Ожидать значительного снижения выбросов CO₂ угольными ТЭС в ближайшее время за счет вывода из эксплуатации угольных ТЭС не приходится, так как сокращение объемов угольной электрогенерации в одних странах компенсируется ростом в других. В 2022-2023 гг. было закрыто меньше угольных ТЭС, чем в любой другой год после 2014 г. В Китае в 2021-2023 гг.

ежегодно выводилось из эксплуатации только 0,1 % мощностей на угольных ТЭС от суммарно установленных, а количество новых угольных ТЭС, получивших разрешение и находящихся в стадии строительства, в 2022 г. достигло самого высокого уровня с 2015 г. В Индии не планируют закрывать угольные ТЭС в перспективе до 2030 г. В Евросоюзе в 2022 г. возобновили работу 26 «старых» угольных энергоблоков, которые находились в резерве.

4. В последние годы некоторому сокращению выбросов CO₂ угольными ТЭС способствовало то обстоятельство, что ввод новых угольных мощностей осуществлялся в основном за счет строительства современных энергоблоков СКД и ССКП. Эти энергоблоки характеризуются высокой экономичностью и, следовательно, пониженными удельными выбросами CO₂ в окружающую среду. Сейчас в мире уже работает более 530 энергоблоков типа ССКП общей электрической мощностью около 448 ГВт. За счет вывода устаревшего оборудования и ввода современного существенно поменялась структура угольной электрогенерации в мире. ТЭС с энергоблоками ССКП и СКД составляют почти 47 % от общей мощности угольных ТЭС, в Китае – 58 %, в Японии – 76 %, в Корее – 89 %. Это способствовало снижению удельных выбросов с 466 г CO₂/кВт·ч в 2000 г. до 436 г CO₂/кВт·ч в 2022 г.

5. В мире развиваются технологии, способствующие улавливанию CO₂ для его последующего захоронения: парогазовые установки с внутрицикловой газификацией, кислородное сжигание, технологии с использованием связанных между собой реакторов с кипящим и циркулирующим кипящим слоем (полигенерирующие системы и химические циклы). В перспективе за счет улавливания, захоронения и использования CO₂ планируется снизить общемировые выбросы от производства электроэнергии примерно на 15 %.

6. В России угольные ТЭС производят не более 17 % от всей выработанной в стране электроэнергии. Суммарная установленная мощность угольных ТЭС не превышает 39 ГВт, что составляет около 16 % от общей установленной мощности всех электростанций в ЕЭС России.

7. В электроэнергетическом секторе России выбросы CO₂ в 2022 г. составили около 4,1 млн т. С 2000 г. они выросли всего лишь на 22 % несмотря

на то, что годовой спрос на электроэнергию за этот период увеличился на 34 %. Удельные выбросы CO₂ в 2022 г. находились на уровне 367 г CO₂/кВт·ч, что ниже мирового показателя (436 г CO₂/кВт·ч). В России доля выбросов CO₂ угольными ТЭС оценивается на уровне 35 – 45 % от общего количества выбросов парниковых газов, связанных с производством электроэнергии, а абсолютные выбросы CO₂ российскими угольными ТЭС не превышают 0,5 % от общемировых, связанных с использованием ископаемых топлив.

8. На угольных ТЭС России в основном работает низкоэффективное оборудование со сроком службы больше паркового ресурса и значительными выбросами загрязняющих веществ и парниковых газов в окружающую среду, что обуславливает необходимость их реконструкции и модернизации.

9. В настоящее время актуальной задачей для российской электроэнергетики является снижение негативного влияния угольных ТЭС на окружающую среду за счет уменьшения выбросов загрязняющих веществ. Из-за низкого вклада угольных ТЭС России в суммарные выбросы парниковых газов в мире, вопросы снижения выбросов CO₂ угольными ТЭС уходят на второй план. Тем не менее, сокращение выбросов парниковых газов в секторе электроэнергетики России все же происходит, в основном за счет замещения угля природным газом и увеличением доли ПГУ.

10. Одним из реальных направлений снижения выбросов CO₂ в России при использовании угля является повышение эффективности работы существующих ТЭЦ и более масштабное внедрение комбинированной выработки электроэнергии и тепла в городах, в которых ЖКХ по-прежнему широко использует угольные котельные, за счет закрытия последних.

11. Необходимость внедрения на угольных ТЭС высокоэффективного, но дорогостоящего оборудования (например, блоков ССКП) или технологий, способствующих улавливанию CO₂ (ПГУ-ВЦГ) для сокращения выбросов парниковых газов не столь очевидна, как за рубежом, и требует разработки детального технико-экономического обоснования. К тому же, этот путь вряд ли даст ощутимый эффект в снижении выбросов CO₂ в мировом масштабе.

12. Доля России в общемировом производстве электроэнергии из угля составляет не более 1,9 %. В тоже время по разведанным месторождениям угля Россия занимает второе место в мире (около 15 % мировых запасов) после США (более 23 % мировых запасов). Запасы угля в России превышают 162 млрд т. Доля России в мировой добыче угля составляет около 5,5 % (шестое место после Китая, Индии, США, Индонезии и Австралии). В абсолютном значении этот показатель находится на уровне 440 млн т/год. В России имеются крупные месторождения угля с благоприятными условиями добычи. Регионы, в которых они расположены, для своего развития нуждаются в дополнительной выработке электроэнергии и тепла. По объемам потребления угля Россия находится на четвертом месте в мире с долей 3 %, а основными потребителями угля остаются угольные ТЭС (более 50 %).

Сравнивая данные по запасам, добыче и потреблению угля можно считать, что в России имеются все предпосылки для увеличения его использования на угольных ТЭС, учитывая, что текущее потребление угля составляет менее 0,1 % от разведанных запасов.

В обсуждении доклада по 2 вопросу выступили:

Д.х.н. Б.М. Булычев, чл.-корр. РАН А.Л. Максимов, д.т.н. Б.И. Нигматулин, чл.-корр. РАН В.А. Ямщиков, д.х.н. А.Г. Ишков, академик РАН Стенников В.А., чл.-корр. РАН Г.Г. Ольховский, чл.-корр. РАН Ю.К. Петреня, академик РАН Э.П. Волков.

Решили по 2 вопросу:

Заслушав и обсудив второй доклад Научный совет РАН по комплексным проблемам развития энергетики с целью разработки обоснованной концепции развития угольной электрогенерации предлагает **просить Правительство РФ:**

1. Поручить Минэнерго России и Российской академии наук провести технико-экономическое обоснование использования угля на перспективу до 2050 г. для электростанций, функционирующих в составе ЕЭС России и в локальных энергосистемах.

2. Поручить Минэнерго России и Российской академии наук, с привлечением энергомашиностроительных предприятий, научно-исследовательских организаций и субъектов электроэнергетики, разработать программу технического перевооружения находящихся в эксплуатации угольных ТЭС для достижения наилучших экологических и экономических показателей с учетом особенностей конкретных регионов размещения ТЭС.

3. Поручить российским научно-исследовательским институтам по профильной тематике, в рамках выполнения Госзаданий, разработать перечень угольных экологически безопасных технологий, по экономическим показателям сопоставимых с природным газом, для их широкого применения в электроэнергетике России при модернизации существующих энергоустановок и производства новых.

4. Рекомендовать научным и научно-техническим организациям при планировании развития и/или модернизации угольной электрогенерации особое внимание уделять разработке технических решений с учетом требований по охране окружающей среды на базе отечественного оборудования.

5. Пересмотреть в сторону ужесточения нормативы выбросов загрязняющих веществ угольными ТЭС с учетом лучших зарубежных практик.

Председатель Научного совета,
академик РАН



Э.П. Волков

Ученый секретарь
Научного совета, д.т.н.



П.В. Илюшин