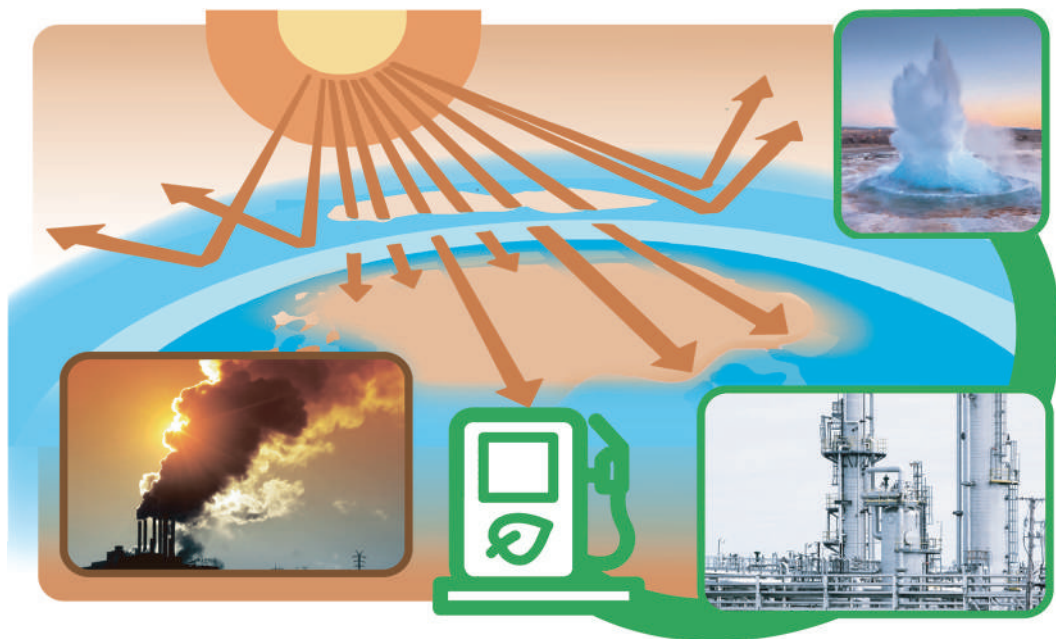




НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ЭНЕРГЕТИКА В КОНТЕКСТЕ НОВОЙ ПАРАДИГМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА¹

Доктор технических наук, профессор О.Б. ЦВЕТКОВ,
кандидаты технических наук, доценты
Ю.А. ЛАПТЕВ и В.В. МИТРОПОВ
(Национальный исследовательский университет ИТМО),
кандидат технических наук, доцент А.О. ПРОСТОРОВА
(Санкт-Петербургский политехнический университет
им. Петра Великого (СПбГПУ))

DOI: 10.7868/50233361923050051

Введение

В статье рассмотрены энергоэкологические ориентиры мировой экономики, индустрии холода и низкотемпературной энергетики, соответствующие

стратегическим инициативам климатического саммита (2015 г., Париж) и Кигалийской поправке к Монреальскому протоколу о поэтапном сокращении гидрофторуглеродов (2016 г., г. Кигали, Руанда).

Доминирующими условиями устойчивого развития энергетического сектора на долгосрочную перспективу признаны

¹ Материалы Восьмой российской национальной конференции по теплообмену (Москва, 17–22 октября 2022 г.).

вопросы изменения климата и проблемы антропогенных выбросов парниковых газов. Обсуждается трансформация тенденций развития глобальной энергетики, их полезность и роль в геополитике, экономике и в социальном прогрессе. Показана взаимосвязь аспектов энергетической безопасности, проблем энергоносителей, изменений энергетической формулы в новой реальности парадигмы энергетического перехода.

Хладагенты – ирония судьбы

1970 г. был первым геофизическим годом Земли. В это же время советские академики А.П. Александров и М.И. Будыко высказали предположение, что антропогенные выбросы диоксида углерода могут вызвать климатические изменения на планете. По итогам первого геофизического года появились сообщения о присутствии на высоте 40–45 км от поверхности земли следов хладагента R11 (CCl₃F – трихлорфторметан). Через несколько лет учёные-химики из Беркли (США) обратили внимание на опасность разрушения озонового слоя Земли этим хладагентом. В 80-х годах были опубликованы результаты наблюдений за озоновым слоем на английской полярной станции Халли-Бей вблизи Южного полюса в течение 15 лет. За этот период концентрация озона снизилась более чем на 30%.

В марте 1985 г. в Вене на конгрессе, посвящённом защите озонового слоя, было рекомендовано принять самые неотложные меры к сохранению нашей планеты от пагубного ультрафиолетового излучения. И в сентябре 1987 г. под эгидой ООН был принят

На конгрессе в Вене, посвящённом защите озонового слоя, было рекомендовано принять самые неотложные меры к сохранению нашей планеты от пагубного ультрафиолетового излучения. И в сентябре 1987 г. под эгидой ООН был принят протокол, запрещающий хладагенты, содержащие хлор и бром.

протокол, запрещающий хладагенты, содержащие хлор и бром. С 1 января 1996 г. запрещено, например, производство популярного хладагента R12 (CCl₂F₂ – дифтордихлорметан), а с 1 января 2021 г. – не менее популярного R22 (CHClF₂ – хлордифторметан).

Пристальное внимание к хладагентам проявилось более масштабно в Киотском протоколе 1997 г. Галопроизводные, в том числе шестифтористая сера и метан, были признаны виновниками глобального потепления. Потенциал глобального потепления каждого из этих соединений может в тысячи, десятки тысяч раз превышать потенциал диоксида углерода. Это коснулось и озонобезопасных соединений, которые не разрушали озоновый слой, таких как R134a, R125, R32, R143a и других, очень распространённых рабочих веществ. К тридцатым годам XXI века они исчезнут из индустрии холода, их место займут природные хладагенты и галоолефины (хладагенты на основе предельных углеводородов)².

История холодильных агентов привела к появлению понятий потенциалов разрушения озонового слоя и глобального потепления. Теперь по системе ИСО (международная система качества) каждая низкотемпературная система в ходе проектирования должна быть оценена величиной выбросов парниковых газов за всё время её существования. Учитываются все выбросы, имевшие место при производстве компонентов этой установки, включая хладагенты и их утечки за время её

² Coulomb D. World tendencies and priorities in development of low-temperature engineering // Вестник Международной академии холода. 2012. № 4. С. 3–72.

работы, а также выбросы парниковых газов при производстве электроэнергии, потреблённой самой низкотемпературной системой за весь жизненный цикл её существования. По данным на 2021 г., техника низких температур производит 7.8% мирового выброса парниковых газов, оцениваемых в 70 млрд т диоксида углерода.

В технике низких температур примерно половина и даже более этих выбросов связаны с производством электроэнергии:

$$M = \alpha B,$$

где M – производство электроэнергии, кВтч; α – масса парниковых газов при производстве 1 кВтч; B – число часов работы низкотемпературной системы за весь жизненный цикл. Величина α меняется от 0.5 до 1.3 (кг CO_2)/(кВтч) в зависимости от сжигаемого топлива. Величина α максимальна при сжигании бурых углей и минимальна при сжигании газообразных углеводородов.

Предлагаемый сегодня выход – производство энергии с помощью возобновляемых источников (ВИЭ) – солнце, ветер, вода (кроме крупных ГЭС), геотермальные источники и биотопливо. Речь идёт о климатической нейтральности, обнулении парниковых выбросов. США и ЕС планируют достигнуть этой цели к 2050 г., КНР – к 2060 г. И что же будет с традиционными энергоресурсами? В настоящее время доля ВИЭ в общем балансе мирового энергопотребления невелика: ~ 7–9%.

Сейчас энергосектор даёт 60–70% выбросов диоксида углерода, но при этом лишь 20% мировой системы электрифицировано. Доля ВИЭ в производстве электроэнергии в Российской

Федерации составляет пока менее 1%. К 2040 г. Россия увеличит эту долю в 10 раз за счёт угля – его потребление сократится с 15 до 7%. Началось строительство Кольской ВЭС (ветровая электростанция). На Ставрополье мощность ветряков достигает 1.2 ГВт. “Росатом” ввёл в эксплуатацию крупнейшую в РФ Кочубеевскую электростанцию. Газпромбанк выделяет ВетроОГК (“Ветроэнергетическая отдельная генерирующая компания”) 40 млрд руб. на строительство ветроэлектростанции. До 2035 г. планирует вложить в развитие ВИЭ ещё более 1 трлн руб.

Пока, как отмечено выше, доля ВИЭ в общем балансе мирового энергопотребления невелика (7–9%), но она будет необратимо расти. Строят приливные турбины (Франция, Канада, Юго-Восточная Азия, Южная Америка). Ветровые турбины монтируют в море (Франция). Возникает естественный вопрос: что же будет с традиционными энергоресурсами? Каковы перспективы нефти, нефтехимии, природного газа? Любое решение рождает проблемы. В Россий-

ской Федерации много углеводородов, но их много и в Саудовской Аравии.

Наступающий энергетический переход – новая парадигма. Существенная трансформация рынка топлива связана с развитием решений на основе водорода. Чистый водород – одно из самых прорывных решений, так как он не только источник энергии, но и способ её хранения.

Япония заявила о намерении переходить к водородной экономике при отходе от углеводородного топлива. Метод производства водорода – традиционный, с использованием угля, но

Предлагаемый сегодня выход – производство энергии с помощью возобновляемых источников (ВИЭ) – солнце, ветер, вода (кроме крупных ГЭС), геотермальные источники и биотопливо. Речь идёт о климатической нейтральности, обнулении парниковых выбросов.

при этом выбросы огромны. Технология более чистая, если электроэнергию для электролиза получают с помощью ВИЭ.

Ещё важнее сформировать спрос на водород. Кто главный потребитель водорода: транспорт, промышленность или строительство? К 2030 г. в Японии будет 800 тыс. машин с водородным двигателем, никаких природных газов. Но месторождений водорода нет. При электролизе воды затраты энергии много больше, чем мы сможем получить, утилизирував водород.

Существует много способов производства водорода, но в основе необходимо оторвать водород от углерода и кислорода. Более половины водорода в мире производят методом паровой конверсии, а использование при этом метана – самый дешёвый и доступный способ. Второй способ – электролиз. Но в таком случае будет нужна энергия. Водород очень летуч и как топливо будет ещё долго соседствовать с традиционными углеводородами и литий-ионными аккумуляторами (в электромобилях). Проблемы безопасности может решить твёрдый водород, например, боран аммиака с 20-процентным содержанием водорода. 1 г гранул водорода отдаёт 1 л газообразного H_2 .

Более далёкая перспектива – ВИЭ. Здесь номер 1 – солнце, а также геотермальная и ядерная энергетика. Взрывы природного газа – частые, а водород – это уже бомба. В России “Газпром” и “Росатом” в 2024 г. пускают водородные установки, в том числе на АЭС.

Заключение

Как использовать энергию, чтобы было лучше для всех?

Сегодня мировую политику определяет нефть. Пора также вспомнить о добыче редкоземельных металлов, лития, например, для батареек. Перспектива нефти: плавное сокращение применения в качестве топлива, с одной стороны, и развитие нефтехимии – с другой. Аналогичная ситуация с природным газом. Задача: надо адаптироваться к новой реальности!

По мнению академиков РАН С.В. Алексеенко и В.В. Клименко, глобальное потепление, даже если отказаться от органического топлива, не остановится! Так что не нужно масштаб-

ных резких изменений в структуре энергетики. Это будет просто крахом для всей экономики. Перспектива энергетики РФ – органическое топливо и парогазовые технологии, а также глубокая переработка угля³.

Еврорынок для нас не единственный: Китай не собирается отказываться от углеводородов. В ЕС только большая семерка

перейдёт на активное применение ВИЭ. Вспомним зиму 2021 г.: энергокризис в Европе из-за проблем с ВИЭ, а в Китае уже не хватает электроэнергии на освещение квартир.

Применение энергетической формулы скажется на отношении стран. В ЕС Россию представляют как противника ВИЭ. Геополитика и энергополитика – это уже не нефть и газ. Любое решение рождает проблемы. Достаточно ли у нас доверия к соседям? Мы живём в эпоху низкого доверия.

Более далёкая перспектива – ВИЭ. Здесь номер 1 – солнце, а также геотермальная и ядерная энергетика. Взрывы природного газа – частые, а водород – это уже бомба. В России “Газпром” и “Росатом” в 2024 г. пускают водородные установки, в том числе на АЭС.

³ 1) Радченко Р.В., Мокрушин А.С., Тюльпа В.В. Водород в энергетике. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 229 с.;

2) COP 22: The role of refrigeration in the combat against climate change // Int. J. Refrigeration. 2017. Vol. 74. P. 1–10.

Если Вас интересуют проблемы энергетики, экономики и экологии:
энергетическая политика и безопасность стран и регионов,
нефте- и газодобыча, энергопроизводство и его экологические последствия,
энергосберегающие технологии,
прошлое, настоящее и будущее атомной энергетики,
перспективы развития местных возобновляемых
гелио-, ветро- и гидроресурсов,
доступно и точно изложенные ведущими
отечественными и зарубежными специалистами,
а также разнообразные социальные проблемы, связанные с развитием
топливно-энергетического комплекса, и многое другое
(вопросы образования, здоровья, управления, природопользования и т.д.),
Вам, несомненно, нужен ежемесячный иллюстрированный журнал
Президиума Российской академии наук:

“ЭНЕРГИЯ: ЭКОНОМИКА, ТЕХНИКА, ЭКОЛОГИЯ”

Наш девиз – доступность и достоверность.
Именно поэтому журнал “Энергия”
называют в числе самых авторитетных источников
точной информации по проблемам экономики, экологии, энергетики.
Формат журнала удобен для:
– проведения дискуссий и рассмотрения различных точек зрения
по актуальным проблемам развития энергетики
и смежным научно-техническим направлениям;
– рассмотрения новых и малоизученных методов получения
и преобразования видов энергии, с выявлением их перспектив
для практического применения.
Будут приветствоваться также публикации обзорных статей:
– о деятельности различных отделений РАН;
– о наиболее важных результатах фундаментальных научных исследований
и прикладных разработок, полученных в ведущих отечественных
институтах и университетах.
Наряду со специальными материалами в каждом номере “Энергии”
Вы найдете материалы,
посвященные гуманитарным проблемам современного мира.
Подписной индекс – 39448.
Желающие могут оформить льготную подписку на 2023 г.
Для физических лиц в редакции (цена годовой подписки 3840 руб.)
E-mail: energy@iht.mpei.ac.ru
Для юридических лиц в издательстве (цена одного номера 1000 руб.)
E-mail: journals@naukapublishers.ru