

УДК 620.9

DOI: 10.52531/1682-1696-2025-25-1-34-42

Научная статья

EDN: HKREID

ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ В УСЛОВИЯХ РОСТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

В.В. БЕССЕЛЬ^{1,2}, А.С. ЛОПАТИН¹,
А.В. МУРАДОВ¹, М.Н. ФИЛАТОВА¹

¹ РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ НЕФТИ И ГАЗА

(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ) ИМЕНИ И.М. ГУБКИНА,
МОСКВА, РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

² ООО «НЬЮТЕК СЕРВИСЭЗ», МОСКВА,
РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

Вопросы, связанные с трансформацией глобальной энергетики, во многом определяют перспективы устойчивого развития мировой экономики и затрагивают стратегические интересы ведущих экономических стран, в том числе и России. В статье обоснована необходимость вовлечения всех возможных энергетических ресурсов для обеспечения мирового экономического развития в условиях, когда, несмотря на существенно большие инвестиции в единицу производимой энергии из возобновляемых источников по сравнению с тепловой энергетикой, они не смогут в ближайшие десятилетия удовлетворить растущие потребности человечества в потреблении энергии, и углеводороды в среднесрочной перспективе продолжат доминировать в мировой энергетике.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: энергетика, энергопотребление, энергопереход, энергетические ресурсы, органическое топливо, возобновляемые источники энергии

Вопросы, связанные с развитием мировой энергетики, широко обсуждаются не только в кругу ученых, специалистов и экспертов в этой области, но, являясь во многом определяющими в обеспечении устойчивого развития мировой экономики, стали объектом пристального внимания широкого круга людей, зачастую далеких от понимания реальных проблем и перспектив энергетики. Следствием этого являются абсолютно противоположные и ничем не подкрепленные модели энергетического будущего нашей планеты, распространяемые в средствах массовой информации. Поток информации о глобальном потеплении, энерге-

Original article

THE TRANSFORMATION OF GLOBAL ENERGY IN THE CONTEXT OF INCREASING ENERGY CONSUMPTION

V.V. BESSEL^{1,2}, A.S. LOPATIN¹,
A.V. MURADOV¹, M.N. FILATOVA¹

¹ NATIONAL UNIVERSITY OF OIL AND GAS
«GUBKIN UNIVERSITY», MOSCOW, RUSSIAN
FEDERATION

² NEWTECH SERVICES LLC, MOSCOW,
RUSSIAN FEDERATION

Issues related to the transformation of global energy largely determine the prospects for sustainable development of the global economy and affect the strategic interests of leading economic countries, including Russia. The article substantiates the need to involve all possible energy resources to ensure global economic development in an environment where, despite significantly large investments in a unit of energy produced from renewable sources compared to thermal energy, they will not be able to meet the growing energy consumption needs of mankind in the coming decades, and hydrocarbons will continue to dominate the global economy in the medium term. energy industry.

KEYWORDS: energy, energy consumption, energy transfer, energy resources, organic fuels, renewable energy sources

тическом кризисе, возобновляемых источниках энергии (ВИЭ), конце века углеводородов, уникальных энергетических проектах ежедневно обрушивается с новостных лент телевидения, страниц интернета. И в этом нет ничего удивительного, ибо само понятие энергии нельзя рассматривать сегодня только в физическом, техническом и технологических аспектах, не обращая внимание на экономические, политические, социально-философские, психологические и другие факторы.

Энергетика – отрасль стратегическая, определяющая и мощь государств, имеющих доступ к энергии и благосостояние населения. Однако, что мы отчетливо видим в последние годы, энергетика может быть использована в далеко не способствующих провозглашенным еще на конференции ООН по окружающей среде и развитию в Рио-де-Жанейро в 1992 г. и разви-

тых в ряде документов на сентябрьском саммите ООН 2015 г. целях устойчивого развития человечества, а в прямо противоположных, связанных с давлением на неугодные страны, диверсиями, вооруженными конфликтами. В этой связи нельзя не отметить, и это прекрасно понимали многие из тех, кому мы обязаны современными достижениями энергетики, что она является и страшным оружием, способным уничтожить нашу планету.

Вопросы, связанные с этим, освещены в целом ряде работ, в том числе, выполненных с участием авторов статьи [4–6, 11–16 и др.].

Отметим, что экономическое развитие неизбежно вызывает рост энергопотребления, что, в свою очередь, помимо опасений, связанных с увеличением нагрузки на окружающую нас среду, вызывает и опасения другого рода – а хватит ли нам ресурсов для энергетического будущего хотя бы в среднесрочной перспективе, пока не будет найден решающий эту проблему источник энергии?

На рисунке 1 показана динамика потребления энергии в мире и по его отдельным регионам за период 1984–2023 гг. [21].

Как видно из приведенных данных, мировое потребление энергии выросло в ~2,1 раза с 7,06 млрд т н.э. в 1984 г. до 14,8 млрд т н.э. в 2023 г. [21].

Наибольший рост энергопотребления показали бурно развивающиеся страны Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР) – в ~5,22 раза

(~10,54% ежегодно) и страны Ближнего Востока – в ~5,1 раза (~10,38% ежегодно).

Меньшие темпы роста отмечались в странах:

- Африки рост – в ~2,7 раза (~4,25% ежегодно);
- Центральной и Южной Америке – в ~2,62 раза (~4,04% ежегодно);
- Северной Америки – в ~1,35 раза (~0,86% ежегодно).

В странах Европы за указанный период энергопотребление выросло в ~1,08 раза (~0,21% ежегодно) с 1,71 млрд т н.э. в 1984 году до 1,86 млрд т н.э. в 2023 г., однако устойчивый рост наблюдался до 2006 г., когда потребление энергии выросло до 2,22 млрд т н.э., а после этого наблюдается устойчивое снижение потребления энергии.

Если судить по приведенному графику, то в странах СНГ наблюдалось снижение потребления энергии ~0,76 (~0,6% ежегодно). Однако, анализируя данные, приведенные в Статистическом обзоре мировой энергетики за 2023 год [21], следует отметить что после развала СССР до 1998 г. энергопотребление стран СНГ (без Украины, данные по которой были отнесены к Европе) снизилось до 0,74 млрд т н.э. в 1998 г. в силу катастрофического развала экономики, а начиная с 1999 г. устойчиво росло в течение 25 лет (~1,18% ежегодно, что выше, чем ежегодные темпы роста энергопотребления в странах Северной Америки и Европы).

Ежегодный рост мирового энергопотребления за анализируемый период (~2,74%) был вызван увеличе-

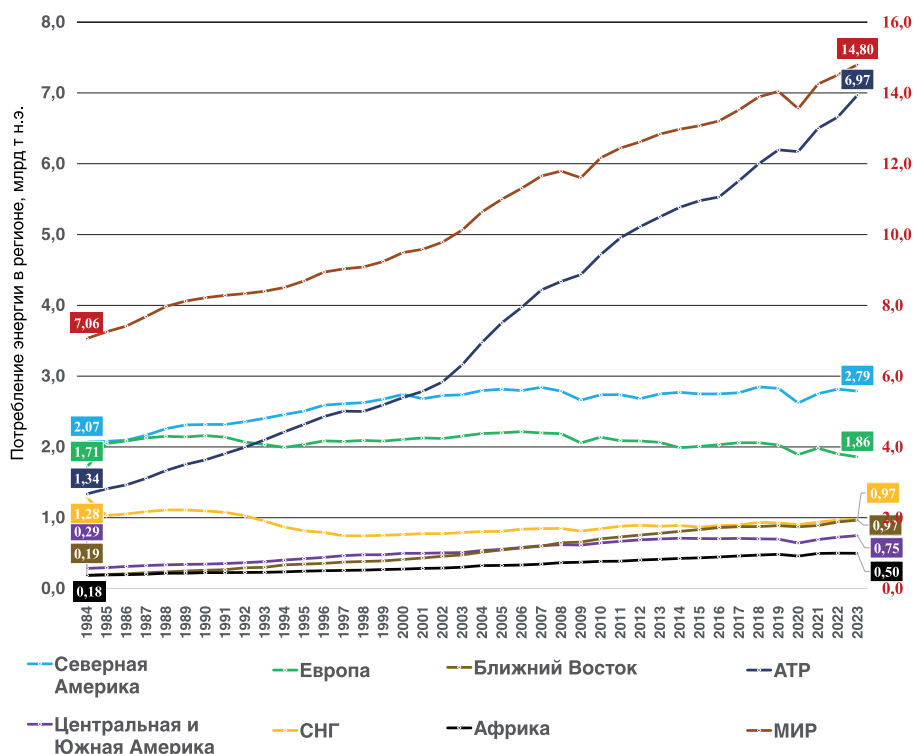


РИС. 1.

Динамика энергопотребления (млрд т н.э.) в мире и регионах мира в 1984–2023 гг.

нием потребления энергии на душу населения (рис. 2) и ростом численности населения Земли [21].

Как видно из приведенных данных душевое потребление энергии за 40 лет выросло на 24,3% (с 1,48 до 1,84 т н.э.). Устойчивый рост душевого потребления энергии (~0,6% ежегодно) был связан прежде всего (за исключением 2009 г. – года глобального экономического кризиса, и 2020 г. – года массовой эпидемии COVID):

– с формированием новых технологических укладов;

– с ростом уровня «энергетического комфорта».

Прекрасно понимая, что в мире остается немало регионов, где сложно говорить об «энергетическом комфорте», и в них потребление энергии будет неизбежно значительно увеличиваться, нельзя не отметить, что и в странах-лидерах энергопотребления с высоким уровнем жизни вряд ли стоит ожидать снижения уровня душевого потребления, ибо подавляющее большинство населения этих стран, как показывают многочисленные опросы, жить хуже, отказывая себе в отдельных элементах комфорта, не хочет.

А есть ли тенденция к сокращению населения Земли? Отдельные группы ученых придерживаются точки зрения, что этот период настанет буквально в ближайшие годы. Но на чем основаны их прогнозы?

Когда в 2017 г. 50 нобелевских лауреатов спросили, что представляет наибольшую угрозу для будущего человечества, треть из них выразили мнение, что это «грядущая перенаселенность планеты» [27].

Сложно не согласиться с тем аргументом ученых, обосновывающих грядущее снижение населения, что чем люди здоровее, богаче, лучше образованы и дольше живут – тем они, как правило, имеют меньше детей. Но в настоящее время и в среднесрочной перспективе рост населения приходится связывать не с состоятельными странами, такими как США, Германия, Китай и др., где уровень рождаемости уже сейчас недостаточен для поддержания численности их населения.

Пик прогноза окончания роста населения планеты даже учеными-сторонниками этой теории все время сдвигается и в настоящее время прогнозируется на 2040-е–2050-е годы, после чего, согласно, например, анализу 2020 г., проведенному исследователями Фонда Гейтса, ожидается, что к концу века население Земли сократится на 1 млрд человек по сравнению с пиковым значением, а в крайнем сценарии может сократиться почти на 2 млрд человек [7].

На наш взгляд, если не рассматривать возможность катастрофических войн, которые вообще могут поставить вопрос о существовании человечества, и если не прогнозировать искусственно созданные или возникшие естественным путем эпидемии еще более страшные, чем вызванные коронавирусом COVID-19, то никаких реальных оснований для вывода о предстоящем сокращении населения планеты в

В.В. БЕССЕЛЬ, А.С. ЛОПАТИН,
А.В. МУРАДОВ, М.Н. ФИЛАТОВА
ТРАНСФОРМАЦИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ
В УСЛОВИЯХ РОСТА ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭНЕРГИИ

среднесрочной перспективе не наблюдается, а в том, что пока весьма значителен ежедневный и ежегодный рост населения, несложно убедиться по данным счетчика населения [17].

По данным из отчета Немецкого фонда мирового населения (Deutsche Stiftung Weltbevölkerung, DSW), население Земли увеличилось на 81,6 миллиона человек в 2024 г. и составляет 8,156 млрд человек. По оценкам ООН, через 12 лет население Земли может превысить 9 миллиардов человек [18].

Как показывают многочисленные исследования, в том числе проведенные с участием авторов данной статьи, если рост численности населения продолжится такими же темпами, как с 1960 г. – 70–90 млн человек в год, то можно оценить, что к 2100 г. численность населения Земли достигнет 12–14 млрд человек [17].

На основании данных по росту душевого потребления и росту численности населения Земли был сделан прогноз глобального потребления энергии до 2100 г. [13], результаты которого показаны на рис. 3.

Прогнозные оценки энергопотребления до 2100 г. были сделаны по трем возможным сценариям [13]:

- «энергозатратный», предполагающий, что никаких существенных инфраструктурных изменений в глобальной энергетике не будет;
- «консервативный», предполагающий, что до 15–20% энергетической инфраструктуры будет модернизировано до современного уровня;
- «энергоэффективный», который предполагает, что до 50% глобальной энергетической инфраструктуры будет модернизировано до современных требований.

Для оценки адекватности полученных прогнозных значений было проведено сравнение с подобными результатами ведущих энергетических компаний и аналитических агентств, которые также указаны на рис. 3.

Несмотря на то, что на полученные энергетическими «majors» оценки колоссальное давление оказывала так называемая «зеленая повестка», прогнозы энергопотребления, особенно в 2040–2050 гг., соответствуют «энергоэффективному» сценарию и достаточно близко подходят к оценкам, сделанным по «консервативному» сценарию, который, как показывает практика жизни, скорее всего и будет реализован [13].

Таким образом, мы с достаточной степенью достоверности можем оценить, что если будет реализован «энергоэффективный» сценарий (что маловероятно), глобальное энергопотребление к 2050 г. вырастет до 16–18 млрд т н.э., а к 2100 г. – до 24–26 млрд т н.э. (то есть фактически удвоится к существующему уровню); а при «консервативном» сценарии (вероятность реализации которого наибольшая) к 2050 г. энергопотребление вырастет до 20–22 млрд т н.э., к 2100 г. – до 34–36 млрд т н.э. (то есть почти утроится к существующему уровню).

И если даже допустить снижение темпов роста и даже некоторое сокращение населения Земли во



РИС. 2.

Динамика душевого потребления энергии (т н.э.) за период 1984–2023 гг.

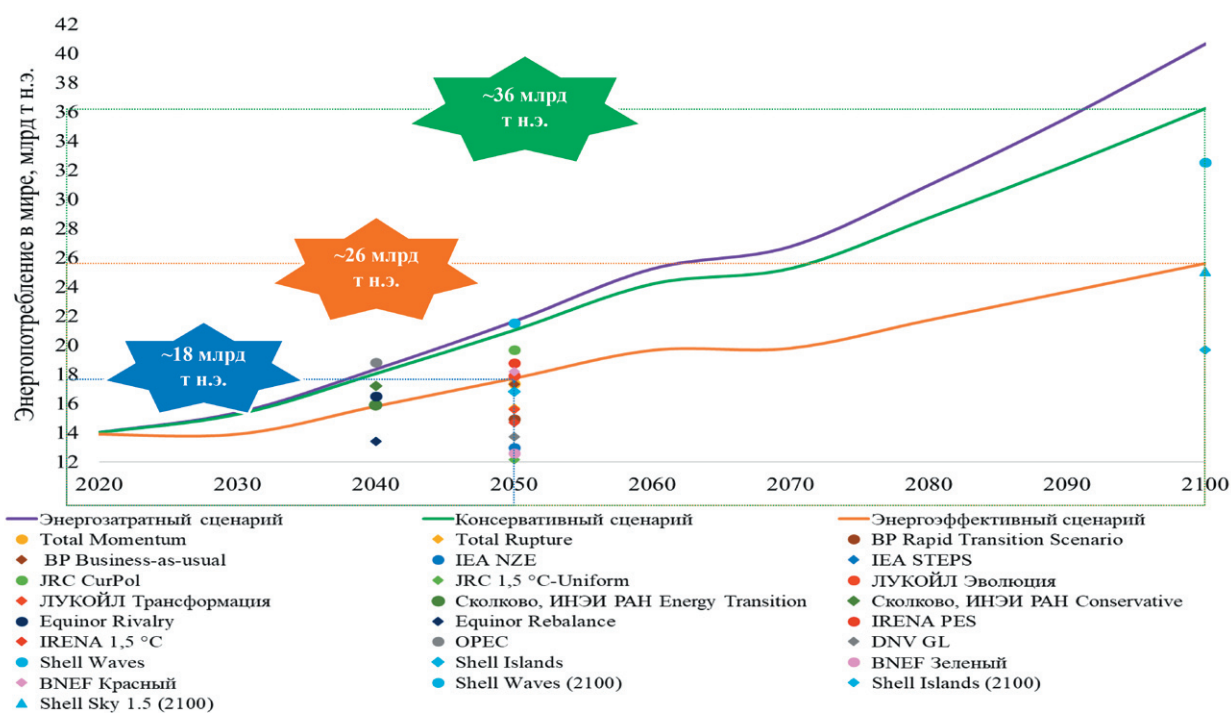


РИС. 3.

Прогноз глобального энергопотребления (млрд т н.э.) до 2100 года

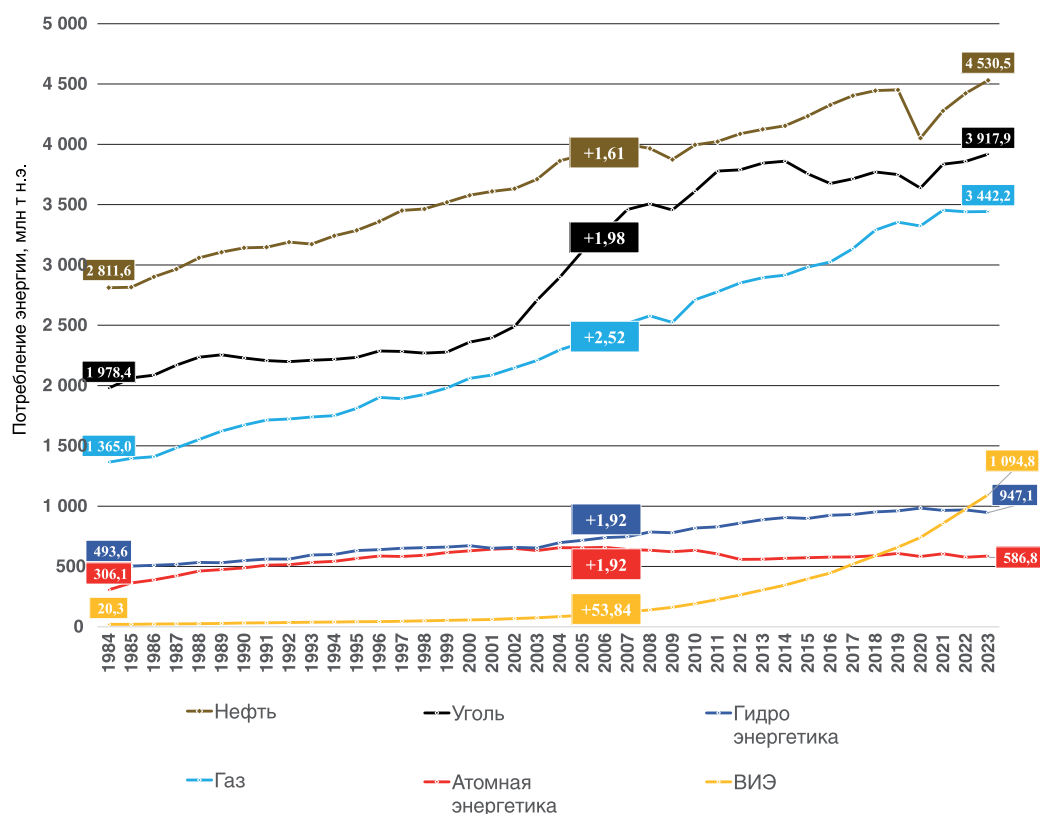


РИС. 4.

Динамика потребления энергии (млн т н.э.) из разных источников в 1984–2023 гг.

ТАБЛИЦА 1.

Запасы нефти (млрд т), газа (трлн м³) и УВС (млрд т н.э.) на конец 2020 г., добыча нефти (млн т), газа (млрд м³) и УВС (млн т н.э.) в 2023 г. и значение коэффициента "reserves-to-production ratio" (лет добычи) в мире и регионах

Регион	Запасы нефти, млрд т	Добыча нефти, млрд т	R-P-R нефти, лет	Запасы газа, трлн м³	Добыча газа, млрд м³	R-P-R газа, лет	Запасы УВС, млрд т н.э.	Добыча УВС, млн т н.э.	R-P-R УВС, лет
Северная Америка	36,1	1207,5	29,9	15,2	1261,1	12,1	49,2	2290,0	21,5
Центральная и Южная Америка	50,8	378,1	134,4	7,9	162,0	48,8	57,6	517,2	111,4
Европа	1,8	152,1	11,7	3,2	204,3	15,7	4,5	327,5	13,8
Россия	14,8	541,7	27,3	37,4	586,4	63,8	46,9	1045,0	44,9
СНГ (без России)	5,1	133,6	38,1	19,2	187,2	102,6	21,6	294,2	73,3
Ближний Восток	113,2	1413,9	80,1	75,8	712,7	106,4	178,3	2025,7	88,0
Африка	16,6	341,5	48,8	12,9	253,6	50,9	27,6	559,3	49,4
АТР	6,1	345,7	17,5	16,6	691,8	24,0	20,3	939,6	21,6
Мир	244,4	4514,1	54,1	188,1	4059,2	46,3	405,9	7998,4	50,7

второй половине века (что на нашей достаточно быстро меняющейся планете в этот период предсказать практически невозможно), то вопрос «а хватит ли нам ресурсов для энергообеспечения растущей мировой экономики даже в среднесрочной перспективе?» остается весьма актуальным.

Для ответа на него рассмотрим динамику потребления энергии из различных источников за период 1984–2023 гг. (рис. 4) [21].

Как следует из рисунка, в мире наблюдался устойчивый рост потребления энергии из всех доступных на настоящий момент источников [21]:

- нефти – в ~1,61 раза (~1,53% ежегодно);
- угля – в ~1,98 раза (~2,45% ежегодно);
- природного газа – в ~2,52 раза (~3,8% ежегодно);
- возобновляемых источников энергии (без гидроэлектростанций, в основном энергии солнца и ветра) – в ~53,8 раз (~132% ежегодно);
- гидроэлектростанций (ГЭС) ~ в 1,92 раза (~2,3% ежегодно);
- атомных электростанций (АЭС) ~ в 1,92 раза (~2,3% ежегодно).

Статистические данные убедительно свидетельствуют о том, что наиболее быстрыми темпами развивалась энергетика на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). Но делать из этого вывод, как это считают многие ученые, специалисты и аналитики, что очередной энергопереход – это переход на ВИЭ (и, прежде всего, солнечную и ветровую энергию), на наш взгляд, вряд ли возможно в условиях, когда их доля в мировом балансе энергопотребления в условиях существенно больших вложений для получения единицы потребляемой энергии, политических решений целого ряда стран, активной поддержки инвестиционными потоками на межгосударственном и национальном уровне составила в 2023 г. величину порядка 7,5%, а с учетом ГЭС – 14%.

Не отрицая перспектив использования ВИЭ, нельзя не ответить, что доминирующим источником они станут, когда будут открыты принципиально новые источники энергии, а сложившаяся ситуация в мировой экономике требует вовлечения для ее энергообеспечения всех возможных источников энергии. Как видно из данных рис. 4, углеводороды являются и в среднесрочной перспективе останутся основными энергетическими ресурсами. При этом, учитывая климатическую повестку, будет снижаться доля нефти и угля, а, несмотря на всевозможные санкционные ограничения, в мировом энергобалансе неизбежно возрастет роль природного газа, как наиболее чистого органического топлива [11, 12, 24]. Именно с этим связаны многочисленные исследования с целью ответа на вопрос: а хватит ли и насколько углеводородов топлива для устойчивого развития мировой экономики?

Для оценки этого принят критерий «the reserves-to-production ratio» (RPR – коэффициент соотноше-

ния запасов к добыче) – фундаментальный показатель, позволяющий оценить, как долго будут доступны ресурсы при текущих темпах добычи [26].

Данные по доказанным извлекаемым запасам углеводородного сырья на конец 2020 г., их добыче, а также расчетные значения коэффициента RPR (лет добычи) сведены в табл. 1 [22, 26].

Отметим, что к доказанным извлекаемым запасам («proved reserves» по категории подсчета запасов SPE-PRMS) можно отнести 244,4 млрд т нефти, включая 26,2 млрд т битумов битуминозных песков Канады (~10,7% от запасов) и 42 млрд т высоковязкой битуминозной нефти пояса реки Ориноко в Венесуэле (~17,2% от запасов), а также 188,1 трлн м³ природного газа [22]. Общее количество углеводородов, отнесенных к запасам, составляет 405,9 млрд т н.э.

Тем не менее, при существующем уровне добычи запасов углеводородов хватит только на 51 год.

Подробный анализ ситуации с запасами и их восполнением по странам и регионам приведен авторами в работах [4, 5].

Конечно, можно рассуждать о погрешности анализируемых данных по запасам углеводородов, о том, что отнесение углеводородов к запасам зависит от политической и экономической ситуации, предполагаемой продажи или покупки активов и целого ряда других факторов, что данные о запасах углеводородов, приведенные различными экспертами, существенно различаются, что в расчетах никак не учитывается возобновляемость нефти и газа и их нетрадиционные ресурсы и т.д. Тем не менее, по мнению большинства экспертов в области энергетики, эти данные являются наименее политизированными и свободными от конкурентной зависимости, что позволяет использовать их для проведения анализа.

Безусловно, оценивая запасы углеводородов, нельзя не остановиться на вопросе об их генезисе, в частности на концепции абиогенного глубинного происхождения, основанной на представлении о том, что генерация углеводородов происходит в глубинных слоях Земли вследствие неорганического синтеза.

Не останавливаясь подробно на особенностях и исторических аспектах существующих гипотез генезиса, которые подробно рассмотрены в работах [10, 14, 25 и др.], отметим, что результаты экспериментальных исследований, полученные в течение последних десятилетий, в том числе с участием ученых Губкинского университета, и накопленные геологические наблюдения подтверждают позволяют говорить о возобновляемости углеводородных ресурсов на нашей планете. В то же время интенсивность их отбора на многие порядки превышает интенсивность возобновления, а технические и технологические трудности в настоящий момент делают эксплуатацию глубинных залежей невозможной или экономически невыгодной [9].

Кроме традиционных запасов углеводородов в мире существуют его нетрадиционные (распределенные и трудноизвлекаемые) ресурсы, обзор которых представлен в ряде работ авторов [1, 12, 23 и др.]. К нетрадиционным ресурсам газа, например, относятся: сланцевый газ, газ плотных формаций, газ угольных пластов, газовые гидраты, водорастворимые газы континентов [17]. Запасы нетрадиционных ресурсов исследованы далеко не полностью, но даже имеющиеся данные показывают, что они огромны. Достаточно отметить, что средняя оценка потенциальных ресурсов газогидратного метана, проведенная различными экспертами, составляет 10^{15} – 10^{16} м³ метана, что существенно больше, чем традиционно природного газа. Однако создание технологий для разработки залежей газогидратов находится в фазе исследований, хотя и появились успешные результаты: экспериментальная добыча японскими специалистами из морского газогидратного месторождения в прогибе Нанкай (Nankai) и пилотный проект Китая в Южно-Китайском море на площади Шензу (Shenhu) [12].

Принимая все это во внимание, можно достаточно уверенно утверждать, что объем неразведанных ресурсов традиционных и нетрадиционных углеводородов (и особенно газа) значительно превышает потребности человечества на ближайшие несколько сотен лет.

В то же время существующие технико-технологические ограничения и экономическая целесообразность позволяют вовлечь в разработку только незначительную часть имеющихся запасов.

Все это обосновывает практический тезис об ограниченности запасов органического топлива на современном этапе технологического развития, а также ограниченности возможного времени использования ресурсов углеводородов с целью удовлетворения проблем энергопотребления в мире.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для удовлетворения растущих потребностей в энергии мы вынуждены вовлечь в баланс энергопотребления все доступные виды топлива и энергии, постепенно, по мере технологических возможностей и реальной доступности, пытаемся заменить энергетически неэффективные и экологически грязные виды топлива эффективными и экологически чистыми

Ускоренные темпы развития ВИЭ (в основном солнечной и ветровой энергетики) объясняются, прежде всего, жесткими требованиями, зачастую навязываемыми «зеленой» повесткой, существенно большими инвестициями в единицу добываемой энергии, чем в других отраслях энергетики, что зачастую оказывает негативное влияние на развитие экономики многих стран мира.

Углеводороды являются и останутся, по крайней мере в среднесрочной перспективе, основой глобаль-

ной энергетики, источником важнейших химических производств.

При этом вероятность нахождения существенных запасов традиционных углеводородов, способных продлить век углеводородной энергетики на несколько десятилетий невелика, так как большинство бассейнов осадконакопления хорошо изучены, а сложившаяся ситуация с восполнением запасов углеводородов, как показано в работе [5], не является приемлемой для выработки долгосрочной стратегии их производства.

Это является одной из предпосылок того, что рано или поздно произойдет смена энергетической парадигмы в мире и переход к использованию новых, значительно более энергетически эффективных и экологически чистых видов энергии [8, 11, 12, 19, 20, 24 и др.].

В этой связи крайне актуальными становятся задачи [4, 5]:

- поиска новых месторождений и совершенствования технологий добычи углеводородов;
- роста добычи в труднодоступных районах и увеличения доли нетрадиционных источников углеводородов;
- сбережения добываемых углеводородов;
- диверсификации энергоресурсов, использования ВИЭ там, где это эффективно и экономически оправданно, например, в виде гибридных технологий для удаленных и автономных объектов в регионах, где нет энергетической инфраструктуры либо она недостаточно развита [3, 23 и др.];
- поиска новых источников глобальной энергии.

Все это в полной мере относится и к России, которая, благодаря огромным запасам органического топлива и развитой инфраструктуре его производства для удовлетворения внутренних потребностей и экспорта, большого потенциала развития возобновляемых источников энергии, запасов редкоземельных металлов, необходимых в возобновляемой энергетике, имеет значительные конкурентные преимущества, разумное использование которых позволяет занять лидирующие позиции по многим направлениям мировой энергетики, внести достойный вклад в решение стоящих перед человечеством экологических проблем, способствовать дальнейшему экономическому развитию страны [2, 5, 11, 12 и др.].

ЛИТЕРАТУРА

1. БЕССЕЛЬ В.В. Нетрадиционные углеводородные ресурсы – альтернатива или миф? // Деловой журнал Neftegaz.RU. 2013. № 9(21). С. 64–70.
2. БЕССЕЛЬ В.В., ЛОПАТИН А.С. Стратегия экспорта российских углеводородов // Нефть, газ и бизнес. 2015. № 1. С. 3–10.
3. БЕССЕЛЬ В.В., КУЧЕРОВ В.Г., ЛОПАТИН А.С., МАРТЫНОВ В.Г., МИНГАЛЕЕВА Р.Д. Эффективность использования автономных комбинированных энергоустановок малой и средней мощности на

- возобновляемых источниках энергии // Газовая промышленность. 2016. № 5–6(737–738). С. 87–92.
4. БЕССЕЛЬ В.В., ЛОПАТИН А.С., МАРТЫНОВ В.Г. О состоянии ресурсной базы углеводородного сырья // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2024. № 12(396). С. 5–16.
 5. БЕССЕЛЬ В.В., ЛОПАТИН А.С., МАРТЫНОВ В.Г., МИНГАЛЕЕВА Р.Д. К вопросу оценки запасов углеводородов в мире и России // Труды РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. 2024. № 4(317). С. 5–16.
 6. БЕССЕЛЬ В.В., ЛОПАТИН А.С., МАРТЫНОВ В.Г., МИНГАЛЕЕВА Р.Д. Прогнозирование энергообеспечения экономики России на среднесрочную перспективу // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2022. № 8(212). С. 5–14. – DOI 10.33285/1999-6942-2022-8(212)-5-14.
 7. Грядет большая нехватка людей – и это вызовет глобальный экономический хаос. <https://habr.com/ru/companies/getmatch/articles/697246/>
 8. ДЕГТЯРЕВ К. Ключевые тенденции потребления энергии в XXI веке // Энергетическая политика. 2021. № 5(159). С. 54–63. DOI 10.46920/2409-5516-2021-5159-54
 9. КУЧЕРОВ В.Г., БЕССЕЛЬ В.В. Оценка глобальных геологических ресурсов и запасов нефти: миф и реальность // Нефтяное хозяйство. 2021. № 10. С. 14–18. DOI 10.24887/0028-2448-2021-10-14-18
 10. КУЧЕРОВ В.Г., ГЕРАСИМОВА И.А. Генезис нефти и природного газа: конкуренция парадигм // Вопросы философии. 2019. № 12. С. 106–117. DOI 10.31857/S004287440007530-8
 11. МАРТЫНОВ В.Г., БЕССЕЛЬ В.В., ЛОПАТИН А.С. Экологичность энергетики и структура энергопотребления мировой экономики // Труды РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина. 2023. № 3(312). С. 7–18. DOI 10.33285/2073-9028-2023-3(312)-7-18
 12. МАРТЫНОВ В.Г., БЕССЕЛЬ В.В., КУЧЕРОВ В.Г., ЛОПАТИН А.С., МИНГАЛЕЕВА Р.Д. Природный газ – основа устойчивого развития мировой энергетики. М.: Изд. центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2021. 173 с.
 13. МАРТЫНОВ В.Г., БЕССЕЛЬ В.В., ЛОПАТИН А.С., МИНГАЛЕЕВА Р.Д. Прогнозирование глобального энергопотребления на среднесрочную и долгосрочную перспективы // Нефтяное хозяйство. 2022. № 8. С. 30–34. DOI: 10.24887/0028-2448-2022-8-30-34
 14. МАРТЫНОВ В.Г., КУЧЕРОВ В.Г., БЕССЕЛЬ В.В., ЛОПАТИН А.С. Неорганический синтез нефти как фактор устойчивого развития глобальной энергетики // Энергетическая политика. 2022. № 1(167). С. 20–29. DOI: 10.46920/2409-5516-2022-1167-20-29
 15. МАСТЕПАНОВ А. М. Перспективы глобального энергопотребления в оценках ведущих зарубежных прогностических центров // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2023. № 12(228). С. 38–52. DOI 10.33285/1999-6942-2023-12(228)-38-52
 16. МИНГАЛЕЕВА Р.Д., БЕССЕЛЬ В.В. Устойчивое развитие крупнейших экономик мира требует все больше энергии // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2022. № 3(207). С. 57–63. DOI 10.33285/1999-6942-2022-3(207)-57-63
 17. Население Земли. https://countrysmeters.info/ru/World#historical_population
 18. Подсчитано, как выросло население Земли в 2024 году. <https://lprime.ru/20241230/naselenie-853963465.html?ysclid=m5jk6i3qyg481176918>
 19. Постуглеводородная экономика: вопросы перехода / Под ред. Е.А. Телегиной. М.: Изд. центр РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, 2017. 406 с.
 20. Развитие возобновляемой энергии в России: технологии и экономика: Учебное пособие/ Под ред. А.Б. Чубайса, В.А. Зубакина, А.Е. Копылова. М.: Издательская группа «Точка», 2020. 464 с.
 21. Energy Institute Statistical Review of World Energy, 2023. <https://www.energyinst.org/statistical-review>
 22. Energy Institute Statistical Review of World Energy, 2024. <https://www.energyinst.org/statistical-review>
 23. ESG-трансформация как вектор устойчивого развития: в 3 т. Т. 1 / Под общ. ред. К.Е. Турбиной, И.Ю. Юргенса. М.: Аспект Пресс, 2022. 631 с.
 24. KUTCHEROV V.G., BESSEL V.V., LOPATIN A.S. The paradigm shift in the global energy market: domination of natural gas // 17th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017: Conference proceedings, Vienna, Austria, 27–29.11.2017. Sofia: STEF92 Technology LTD. P. 813–820. DOI: 10.5593/sgem2017H/43/S29.102
 25. KUTCHEROV V., KRAYUSHKIN V. The deep-seated abiogenic origin of petroleum: from geological assessment to physical theory // Review of Geophysics. 2010. Vol 48. RG1001. DOI:10.1029/2008RG000270.
 26. NICOLE A. Reserves-to-Production Ratio: Definition, Significance, and Applications. <https://www.supermoney.com/encyclopedia/reserves-to-production-ratio>
 27. Nobel laureates: population growth a major threat <https://populationmatters.org/news/2017/09/nobel-laureates-population-growth-a-major-threat/>

REFERENCES

1. BESSEL V.V. Unconventional hydrocarbon resources – alternative or myth? *Delovoy zhurnal Neftegaz.RU*. 2013; 9(21); 64–70. (In Russian).
2. BESSEL V.V., LOPATIN A.S. Strategy of export of Russian hydrocarbons. *Neft', gaz i biznes*. 2015; 1; 3–10. (In Russian).
3. BESSEL V.V., KUCHEROV V.G., LOPATIN A.S., MARTYNOV V.G., MINGALEEVA R.D. Efficiency of using autonomous combined power plants of small and medium capacity on renewable energy sources. *Gazovaya promyshlennost'*. 2016; 5–6(737–738); 87–92. (In Russian).
4. BESSEL V.V., LOPATIN A.S., MARTYNOV V.G. On the state of the hydrocarbon resource base. *Geologiya*,

- geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*. 2024; 12(396);5–16. (In Russian).
5. BESSEL V.V., LOPATIN A.S., MARTYNOV V.G., MINGALEEVA R.D. On the issue of estimating hydrocarbon reserves in the world and Russia. *Trudy RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina*. 2024;4(317);5–16. (In Russian).
 6. BESSEL V.V., LOPATIN A.S., MARTYNOV V.G., MINGALEEVA R.D. Forecasting the energy supply of the Russian economy in the medium term. *Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom*. 2022;8(212);5–14. DOI 10.33285/1999-6942-2022-8(212)-5-14. (In Russian).
 7. A big shortage of people is coming – and this will cause global economic chaos. <https://habr.com/ru/companies/getmatch/articles/697246/>. (In Russian).
 8. DEGTAREV K. Key trends in energy consumption in the 21st century. *Energeticheskaya politika*. 2021;5(159);54–63. DOI 10.46920/2409-5516-2021-5159-54. (In Russian).
 9. KUCHEROV V.G., BESSEL V.V. Assessment of global geological resources and oil reserves: myth and reality. *Neftyanoye khozyaystvo*. 2021;10;14–18. DOI 10.24887/0028-2448-2021-10-14-18. (In Russian).
 10. KUCHEROV V.G., GERASIMOVA I.A. Genesis of oil and natural gas: competition of paradigms. *Voprosy filosofii*. 2019;12;106–117. DOI 10.31857/S004287440007530-8. (In Russian).
 11. MARTYNOV V.G., BESSEL V.V., LOPATIN A.S. Environmental friendliness of energy and the structure of energy consumption of the world economy. *Trudy RGU nefti i gaza imeni I.M. Gubkina*. 2023;3(312);7–18. DOI 10.33285/2073-9028-2023-3(312)-7-18. (In Russian).
 12. MARTYNOV V.G., BESSEL V.V., KUCHEROV V.G., LOPATIN A.S., MINGALEEVA R.D. Natural gas is the basis for the sustainable development of world energy. Moscow: Izd. tsentr RGU nefti i gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina. 2021;173. (In Russian).
 13. MARTYNOV V.G., BESSEL V.V., LOPATIN A.S., MINGALEEVA R.D. Forecasting global energy consumption in the medium and long term. *Oil industry*. 2022;8. 30–34. DOI: 10.24887/0028-2448-2022-8-30-34. (In Russian).
 14. MARTYNOV V.G., KUCHEROV V.G., BESSEL V.V., LOPATIN A.S. Inorganic synthesis of oil as a factor of sustainable development of global energy. *Energeticheskaya politika*. 2022;1(167);20–29. DOI: 10.46920/2409-5516-2022-1167-20-29. (In Russian).
 15. MASTEPANOV A.M. Prospects for global energy consumption in the assessments of leading foreign forecasting centers. *Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom*. 2023;12(228);38–52. DOI 10.33285/1999-6942-2023-12(228)-38-52. (In Russian).
 16. MINGALEEVA R.D., BESSEL V.V. Sustainable development of the world's largest economies requires more and more energy. *Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom*. 2022;3(207);57–63. DOI 10.33285/1999-6942-2022-3(207)-57-63. (In Russian).
 17. The population of the Earth. https://countrymeters.info/ru/World#historical_population. (In Russian).
 18. It is calculated how the world's population has grown in 2024. <https://1prime.ru/20241230/naselenie-853963465.html?ysclid=m5jk6i3qyg481176918>. (In Russian).
 19. Post-carbohydrate economy: issues of transition. Ed. by E.A. Telegina, Moscow: Izd. tsentr RGU nefti i gaza (NIU) imeni I.M. Gubkina. 2017: 406. (In Russian).
 20. Development of renewable energy in Russia: technologies and economics. A textbook. Ed. by A.B. Chubais, V.A. Zubakin, A.E. Kopylov. Moscow: Tochka Publishing Group, 2020; 464. (In Russian).
 21. Energy Institute Statistical Review of World Energy, 2023. <https://www.energyinst.org/statistical-review>
 22. Energy Institute Statistical Review of World Energy, 2024. <https://www.energyinst.org/statistical-review>
 23. ESG-transformation as a vector of sustainable development: in 3 volumes Vol. 1. Ed. by K.E. Turbina, I.Y. Yurgens. M.: Aspect Press, 2022:631. (In Russian).
 24. KUTCHEROV V.G., BESSEL V.V., LOPATIN A.S. The paradigm shift in the global energy market: domination of natural gas: Conference proceedings of the 17th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2017. Vienna, Austria, 27–29.11.2017. Sofia: STEF92 Technology LTD, 2018: 813-820. DOI: 10.5593/sgem2017H/43/S29.102.
 25. KUTCHEROV V., KRAYUSHKIN V. The deep-seated abiogenic origin of petroleum: from geological assessment to physical theory. *Review of Geophysics*. 2010;48; RG1001. DOI:10.1029/2008RG000270.
 26. NICOLE A. Reserves-to-Production Ratio: Definition, Significance, and Applications. <https://www.supermoney.com/encyclopedia/reserves-to-production-ratio>
 27. Nobel laureates: population growth a major threat <https://populationmatters.org/news/2017/09/nobel-laureates-population-growth-a-major-threat/>

Бессель Валерий Владимирович,

к.т.н., доцент, профессор кафедры термодинамики и тепловых двигателей ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина», исполнительный вице-президент ООО «НьюТек Сервисес»,
 ☎ тел.: +7 (499) 507-84-84, e-mail: vbessel@nt-serv.com

Лопатин Алексей Сергеевич,

д.т.н., профессор, зав. кафедрой термодинамики и тепловых двигателей, ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»
 ☎ тел.: +7 (499) 507-80-30, e-mail: lopatin.a@gubkin.ru

Мурадов Александр Владимирович,

д.т.н., профессор кафедры металловедения и неметаллических материалов, ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»
 ☎ тел.: +7 (499) 507-88-35, e-mail: antikor.int@mail.ru

Филатова Марина Николаевна,

д.с.н., профессор, зав. кафедрой философии и социально-политических технологий, ФГАОУ ВО «Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина»
 ☎ 119991, г. Москва, Ленинский проспект, д. 65, корп. 1;
 119991, Moscow, Leninsky Prospekt, 65/1;
 тел.: +7 (499) 507-89-33, e-mail: filatova.m@gubkin.ru