ISSN 0233-3619

ЭНЕРГИЯ
ENERGY

ЭКОНОМИКА • ТЕХНИКА • ЭКОЛОГИЯ

3'2011

Атомный дирижабль – техническая фантастика или реальность?

стр. 51

ЭНЕРГИЯ
ENERGY

ЭКОНОМИКА · ТЕХНИКА · ЭКОЛОГИЯ

3'2011

Ежемесячный научно-популярный
и общественно-политический
иллюстрированный журнал
Издается с января 1984 г.

© Российская академия наук, 2011 г.
© Редколлегия журнала "Энергия:
экономика, техника, экология"
(составитель), 2011 г.

2
В.Б. БЕТЕЛИН
Эксафлопные вычисления
и энергетическая
безопасность США
в период 2010–2020–2030 гг.

6
О.С. ПОПЕЛЬ
Нетрадиционные возобновляемые
источники энергии – новый сектор
современной энергетики
и результаты работ ОИВТ РАН

13
В.Ф. ЦИБУЛЬСКИЙ,
Н.Н. ПОНОМАРЁВ-СТЕПНОЙ
Об экономии энергии

16
Е.Г. ГАШО
Разнообразие регионов
и системность программ
энергосбережения

22
В.А. МАРКОВ
Новая технологическая платформа
для российской электроэнергетики

30
Л.А. ГОРБАЧЁВА
Дистанционный мониторинг
нефтяных загрязнений

36
ПРЕСС-КЛИП

38
Сергей ГОЛУБЧИКОВ
Арктика и геополитическое
будущее России

44
Д.А. СОЛОВЬЁВ, А.А. СОЛОВЬЁВ
Использование энергетического
потенциала гидросферы Земли

51
В.М. МОРДАШЁВ
Атомный дирижабль –
техническая фантастика
или реальность?

58
А.Э. ПОХИЛ, Н.А. НИКОЛЬСКАЯ
"Предсказание" атмосферой
перемещения супертайфуна Мелисс

62
Вверх по лестнице, ведущей вниз
(беседа корреспондента журнала
Т.Л. Мышко с С.В. Гальпериным)

70
И.Г. СУХАНОВА, Л.А. ДЁМИНА
Инновационное образование
на фестивале науки

74
Л.Ю. ИСМАИЛОВА
Как успеть за цифровой лавиной

78
Вячеслав ДАВЫДОВ
Охватила депрессия – что делать?

Журнал издается под руководством
Президиума Российской академии наук

Москва
Издательство "Наука"
2011

Источник: Всемирная Ядерная Ассоциация (WNA)

* Сентябрь 2010.
** Мощность на выдачу.

родном арктическом форуме, проходившем в Москве, что Правительство РФ готово в ближайшие 30 лет потратить 10 трлн руб. на освоение арктического шельфа. Это самое надёжное средство вложения бюджетных денег, если власть думает о будущем нации, о переходе на принципы устойчивого развития. При нынешних темпах расходования нефти и газа 130 млрд. т у т. углеводородов арктического шельфа хватит России на 1000 лет (США – только на 150 лет, всему миру – на 25 лет).

В одной из своих последних работ (инструкция "Плавающим по Ледовитому океану") М.В. Ломоносов писал: "Таким образом, путь и надежда чужим пресечётся, российское могущество прирастать будет Сибирью и Северным океаном и достигнет до главных поселений европейских в Азии и Америки"[10]. Геополитическое пророчество первого русского естествоиспытателя мирового значения, 250-летие которого будет отмечаться в 2011 г. (8 ноября), сбывается. Символично, что в этот юбилейный для России год (добавим и 50-летие полёта Юрия Гагарина) баталии вокруг будущего России разворачиваются вокруг проблемы национальной принадлежности трансарктического хребта, названного в честь М.В. Ломоносова. От решения этой проблемы во многом зависит будущее нашей страны, и не только геополитическое.

Укрепить арктическое могущество России, сделать её на многие века крупнейшей энергетической державой могут ресурсы Арктики. Даже если добыча углеводородов в Арктике начнётся и через полвека, вкладывать деньги в эту территорию нам необходимо сегодня. Иначе будет поздно.

[10] *Цит. по : "Арктика – мой дом. История освоения Севера в биографиях великих людей". М.: Северные просторы. 2000. С. 114.*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА ГИДРОСФЕРЫ ЗЕМЛИ

Кандидат физико-математических наук Д. А. СОЛОВЬЁВ,
доктор физико-математических наук А. А. СОЛОВЬЁВ

За последние 200 лет глобальное потребление энергии возросло более чем в 30 раз и составило 13 Гт[1] условного топлива. По крайней мере, к 2050 г. при таком темпе роста энергопотребления можно ожидать удвоения потребления всех видов энергоресурсов. Запасы традиционных углеводородных источников энергии (нефть и газ) не безграничны. Поэтому в последние годы всё больше внимания уделяется возобновляемым источникам энергии, в том числе тем, которые используют энергетические ресурсы водной оболочки нашей планеты – гидросферы.

Гидросфера Земли является потенциальным источником большинства ресурсов, необходимых для жизнедеятельности и жизнеобеспечения всего человечества и его дальнейшего устойчивого развития. Гидросфера нашей планеты содержит и аккумулирует в себе огромные запасы энергии различных видов. Совокупность водных масс океанов, морей, рек и озёр представляет собой до сих пор не раскрытый потенциал физической, химической, тепловой и других, возможно до сих пор не известных, видов энергии. Именно по этой причине так резко повысилось вни-

[1] *Гигатонна = 10^{12} кг = 4.184 · 10^{18} Дж энергии, освобождающейся при детонации 1 млрд т тринитротолуола.*

© Д.А. Соловьёв

мание к развитию всего комплекса наук о Земле и, едва ли не в первую очередь, к изучению энергетических возможностей Мирового океана. Во всех развитых странах мира ассигнования на развитие этой тематики за последние годы существенно возросли. Также становится очевидно, что сохранение жизнеобеспечивающей экологической обстановки на планете стало проблемой первостепенного значения, и в решении этой проблемы океаны, моря, реки, озера и другие водные ресурсы играют одну из ведущих ролей.

Рассмотрим оценки потенциала энергетических ресурсов земной гидросферы. Энергетическим потенциалом гидросферы принято называть ту её часть, которая может быть практически использована при современном уровне техники преобразования. Многочисленные оценки этой части энергии гидросферы свидетельствуют о том, что она примерно в два раза превышает уровень современного потребления энергии в мире , который определяется цифрой около $0.3 \cdot 10^{21}$ Дж в год (рис. 1, 2). Больше всего энергии сосредоточено в океане, преимущественно в виде тепла, поскольку океан представляет собой гигантский тепловой аккумулятор. Так, тепловая (внутренняя) энергия, соответствующая перегреву поверхностных вод океана по сравнению с донными, например на 20 °С, имеет величину порядка 10^{26} Дж. Кинетическая энергия океанских течений оценивается величиной порядка 10^{18} Дж. Таким образом, суммарная энергия мирового океана превышает величину 10^{34} Дж.

Однако в настоящее время используются лишь малая толика этой энергии, в связи с тем, что такая энергетика до сих пор считалась малоперспективной. В то же время быстрое истощение запасов ископаемого топлива и ограниченность запасов ядерного топлива заставляют уделять всё большее внимание поискам возможностей экономически обоснованного использования энергии не только перепадов уровня воды в реках, но и других видов энергии гидросферы Земли. В ближайшей перспективе массовое замещение углеводородных энергоносителей на современном уровне технологии возможно за счёт строительства новых гидро- и атомных электростанций, а также за счёт развития биоэнергетических технологий и использования возобновляемых источников энергии. Широкое развитие неуглеводородных видов энергетики рассматри-

Рис. 1.
Соотношение потребления энергетических ресурсов в мире в 2010 г.

Рис. 2.
Энергетический потенциал источников энергии Мирового океана.

вается в дополнительном сценарии МЭА (Международное энергетическое агентство), предполагающем активное вмешательство государств в мировую энергетику в случае сохранения стабильно высоких цен на ископаемые энергоносители. Вероятность наступления этого сценария подтверждается и форсайтом потребления энергии до 2050 г. по методу Дельфи, проведённым МЭА, а также альтернативным сценарием МЭА и Институтом энергетической стратегии (ИЭС).

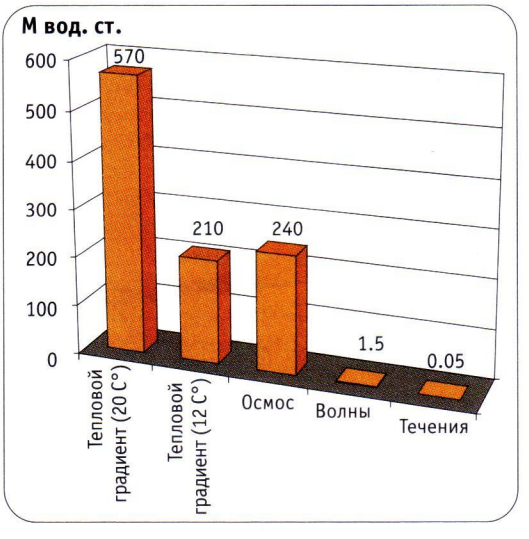
Океан содержит в себе множество различных видов энергии: энергию приливов и отливов, океанских течений, термальную энергию, и многие другие, которые необходимо эффективно трансформировать для последующего использования. Для количественной оценки энергетического потенциала гидросферы, как правило, используют обобщенную внесистемную единицу измерения – метр водяного столба (1 метр водяного столба равен гидростатическому давлению столба воды высотой в 1 м при наибольшей плотности воды при температуре около 4° С и ускорении свободного падения g = 9.81 м/с^2). Эта величина называется плотностью потока потенциальной энергии давления и характеризует степень концентрации данного вида энергии. С помощью этого понятия удобно сравнивать между собой различные виды энергии в океане. Например, для разности температур между тёплым и холодным слоями в 20 °С плотность потока потенциальной энергии давления составляет 570 м водяного столба. Такой напор мог бы существовать в грандиозном водохранилище с плотиной высотой более полукилометра. А для температурной разности в 12 °С плотность потока равна 210 м. Обе эти цифры (210 и 570 м) рассчитаны с учётом КПД тепловой машины, работающей по циклу Карно.

Подобную плотность потока в океане имеет ещё только энергия градиента солёности (осмоса) – 240 м. Другие виды энергии океана имеют значительно меньшие значения плотности потока. Так, для ветровых волн она составляет 1.5 м, а для океанских течений – лишь 0.05 м (рис. 3).

Естественно возникает вопрос. Каким образом в гидросфере осуществляется трансформация энергии? Условно основные способы трансформации энергии гидросферы Земли можно разделить на два вида: искусственные и естественные (таблица 1). К искусственным способам трансформации энергии гидросферы относятся способы, связанные с применением различных технических (механических, электрических и т.п.) устройств преобразования тепловой, кинетической и химической энергии. Данные способы характеризуются определённой степенью сложности их применения и технической реализации. Естественные способы трансформации энергии гидросферы характеризуются прежде всего преимущественным использованием природных процессов и материалов, потенциально доступных в качестве первичного ресурса получения энергии.

Приведём краткую характеристику основных способов преобразования энергии гидросферы. Вначале рассмотрим методы утилизации кинетической энергии движения океанических масс воды. Энергия течений Мирового океана по величине близка к энергии, получаемой от

Рис. 3.
Плотность потоков некоторых видов энергии в океане.



сжигания всех видов топлива на Земле в течение года (примерно 10^{20} Дж). Серьёзную заявку на работы по использованию энергии Гольфстрима, самого мощного течения в Мировом океане, в 2010 году сделали учёные американского аэронавигационного университета. Предполагается использовать около 1% энергии Гольфстрима. Авторы проекта считают, что эта цифра не должна заметно отразиться на общем балансе энергии течения.

Весьма перспективный вид кинетической энергии Мирового океана – энергия волн. В океане много видов волн. Однако с точки зрения выработки электрической энергии заслуживают внимания лишь три их типа: приливные, ветровые и зыбь. Ветровые волны обладают большой разрушительной силой, то есть несут значительную энергию. Несколько миллионов штормов ежегодно случается в Мировом океане. Было подсчитано, что 1 км^2 водной поверхности с волнами высотой около 5 м обладает мощностью около 3 млн кВт. А штормовая погода может охватить площадь в несколько тысяч квадратных километров. Соответственно, волновая мощность Мирового океана оценивается цифрой около 3 млрд кВт. Запасы энергии ветровых волн и зыби огромны, но степень разработанности проблемы её использования пока недостаточна, лишь в последнее десятилетие были сделаны некоторые шаги в деле практического использования энергии ветровых волн и зыби – для выработки электрической энергии.

Значительно раньше началось использование энергии приливных волн, отличающихся чёткой регулярностью: два раза в сутки в определённое время появляются приливные волны заранее известной высоты. Эти свойства – строгая периодичность и определённая высота – позволили людям очень рано научиться использовать их энергию: уже в XI в. в Европе строили мельницы, работающие за счёт энергии прилива. В наши дни приливные электростанции – самые мощные среди других волновых электростанций, но, к сожалению, их можно построить не на любом участке побережья (и, как правило, не там, где особенно нужна энергия). У нас в стране самые мощные приливы имеются вдали от индустриальных центров или районов с большим потреблением энергии – у берегов Камчатки, где их общая энергия равна примерно 10^{19} Дж в год.

Речная гидроэнергетика является наиболее развитой областью возобновляемой энергетики. Она берёт своё начало от водяных колёс и мельниц, используемых человечеством на заре своего развития. Отличительной особенностью воды является то, что её можно использовать многократно, как это происходит в каскадах гидростанций, причём её физическая природа остаётся неизменной, в отличие от органических энергоносителей и биомассы, которые в результате отдачи энергии изменяют своё физическое состояние, образуя другие вещества. Отсутствие процессов нагревания охлаждения в гидростанциях даёт возможность получать высокий КПД преобразования энергии воды в электрическую, зависящий главным образом от КПД турбины и генератора. Следующей особенностью

Таблица 1

Основные способы трансформации энергии гидросферы Земли

I. Искусственные	II. Естественные
Вид источника трансформируемой энергии:	
1.1. Приливы, течения, волны	2.1. Биота (планктон, нектон, бентос)
1.2. Градиент температуры	2.2. Синтез биомассы (фотосинтез, хемосинтез)
1.3. Градиент солености	2.3. Сырьевые ресурсы (нефть, газ, химические элементы, газовые гидраты)
1.4. Химические связи (получение водорода, изменение химической структуры воды)	2.4. Гидротермы ("Черные курильщики")

гидростанций является то, что гидротехнические сооружения (плотина, здание станции, водоводы и т.д.) и их оборудование используются в течение 50 и более лет. Имеются ГЭС, проработавшие 100 лет. Это означает, что построенные в начальных экономических условиях, они, многократно окупившись, продолжают производить наиболее дешёвую энергию. Наиболее крупными недостатками мощных ГЭС являются затопление земель, заиливание водохранилищ, цветение воды в них, изменение микроклимата, а также сравнительно высокие удельные капитальные вложения.

Последние десятилетия характеризуются определёнными успехами в использовании тепловой энергии океана. Согласно исследованиям Гавайского университета в Маноа, подветренные Гавайские острова обладают значительным потенциалом для производства возобновляемой энергии за счёт разницы в температуре поверхностных и глубинных вод океана. Технология преобразования термальной энергии океана (ПТЭО) подразумевает размещение теплового двигателя между потоками теплой воды на поверхности океана и холодной водой, поднимающейся из глубин. Так, на Гавайях созданы установки мини-OTEC (Ocean Thermal Energy Conversion), преобразующие тепловую энергию океана в электрическую. Установка мини-OTEC смогла отдать в электрическую сеть 12–15 кВт, а на собственные нужды потребила около 35 кВт. Опыт, полученный при разработке и опытной эксплуатации установок мини-OTEC, позволил приступить к проектированию тепловых океанских станций на сотни мегаватт. Сейчас разработка новой ОТЭС активно ведётся при финансовой поддержке правительства США. Завод по преобразованию тепловой энергии океана в электрическую, производительность которого составит 10 МВт, должен появиться на Гавайях в 2012–2013 годах.

Есть ещё один малоиспользуемый и недооценённый способ трансформации энергии океана, связанный с солёностью. Запасы энергии градиента солёности, или осмоса по некоторым оценкам не уступают тепловой энергии океана. Осмотические электростанции наиболее актуальны в устьях больших рек, где, как правило, располагаются крупные города. Считается, что подобные станции наиболее перспективны для северных стран, таких как Россия, Канада и государства Скандинавии. Не стоит исключать также и самые южные части Африки и Америки. Глобальный потенциал осмотической энергии эксперты оценивают примерно в 1600–1700 ТВт · ч в год, что эквивалентно половине производимой в Европейском союзе электроэнергии.

Один из перспективных способов использования химической энергии молекул воды – электролиз. Электрический ток пропускается через воду, в результате чего происходит её химический распад с освобождением водорода и кислорода. Имеются в Мировом океане и другие химические источники энергии. Например, сероводород – горючий газ с неплохой калорийностью. Сероводородом очень богато Чёрное море, к тому же его количество там непрерывно возрастает. Есть сероводород и в других районах Мирового океана – общие запасы его очень велики (недостаток этого вида топлива – неприятный запах, но, возможно, будет найден способ его устранения).

Стоит отметить, что вода – не просто вещество в жидкой фазе, а нечто, что может путем изменения своей внутренней структуры хранить, накапливать и передавать информацию. Поэтому воду иногда называют веществом, которое находится в информационно-фазовом состоянии. "Кристаллическая" структура воды объясняет многие её странные свойства, которые до сих пор не находят своего объяснения. Например, феномен растворимости водой многих других веществ. Считается, что вода, испытывающая непрерывное энергоинформационное воздействие, формирует внутри себя определённые структуры, изменённые относительно равновесия к окружающей среде. Такую воду также называют "структурированной". За счёт водородных связей молекулы воды могут образовывать как случайные ассоциаты, не имеющие упорядоченной структуры, так и упорядоченно структурированные кластеры-ас-

социаты. Интересно обратить внимание на любопытные эксперименты известного японского исследователя Массару Эмото, в которых он пытается доказать, что вода способна впитывать, хранить и передавать человеческие мысли, эмоции и любую внешнюю информацию.

Важнейшим энергетическим ресурсом океана является биота (совокупность видов растений, животных и микроорганизмов, обитающих в Мировом океане), так как она даёт до 10% мирового потребления первичной энергии. Ожидается, что биота гидросферы будет играть важную роль в будущем обеспечении энергией при выработке технологического тепла и производстве синтетических видов топлива. Синтетическое топливо из биомассы можно сжигать на электростанциях, использовать на транспорте или в промышленности. Рассматривается возможность строительства водорослевых энергетических плантаций, для создания которых в океане имеются очень широкие возможности как на поверхности воды, так и на дне. Океаны и моря являются "биохимическими реакторами" планеты, в которых за счёт фотосинтеза идёт непрерывное производство органического вещества. В пересчёте на массу органического углерода производительность только фитопланктона составляет около 60 Гт/год (интенсивность мировой добычи нефти составляет в настоящее время примерно 4 Гт/год, а газа – 2 Гт/год). По некоторым оценкам углеводородное топливо из водорослей, при создании в океане обширных плантаций, может производиться по цене, меньшей мировой рыночной цены на него. Более трети поверхности Мирового океана (130 млн км^2) имеет дно с грунтом, пригодным для выращивания быстрорастущих водорослей, из которых можно легко получить горючие газы – метан и этан, широко используемые для самых разных целей.

Водоросли (прежде всего, сине-зелёные) стали первыми организмами, у которых появилась в процессе эволюции способность осуществлять *фотосинтез* с использованием воды в качестве источника водорода и выделением свободного кислорода. Этот механизм преобразования солнечной энергии в биомассу унаследован и многоклеточными растениями. А это означает, что фотосинтез является основным источником первичной биологической энергии и энергия, преобразуемая в тепло при сжигании ископаемого топлива, также является запасённой в процессе фотосинтеза.

Некоторые морские бактерии используют способ питания, при котором источником энергии для синтеза органических веществ из CO_2 служат реакции окисления неорганических соединений. Подобный вариант получения энергии известен как *хемосинтез*. В ходе осуществляемых этими бактериями химических реакций выделяется много энергии, заменяющей в глубинах океана энергию Солнца, а также образуется органическое вещество, из которого состоят их тела.

Мировой океан богат минерально-сырьевыми ресурсами, которые добываются с его дна. Наибольшее значение имеет нефть и газ континентального шельфа. По стоимости они составляют 90% всех ресурсов, получаемых сегодня с морского дна. Морская добыча нефти в общем объёме составляет приблизительно 1/3. Ещё одним богатством глубоководного ложа океана являются железомарганцевые конкреции, содержащие до 30 разных металлов. Они были обнаружены на дне Мирового океана еще в 70-х годах XIX века. Наибольшие площади железомарганцевые конкреции занимают в Тихом океане (16 млн км). Первый опыт добычи конкреций предприняли США в районе Гавайских островов.

Перспективным источником газа в ближайшие 20 лет может стать разработка океанских месторождений газовых гидратов. По некоторым оценкам, мировые запасы метана в газогидратах могут на несколько порядков превышать ресурсы всех разведанных на сегодня других горючих ископаемых.

Гидротермальные источники срединно-океанических хребтов (сокращенно – гидротермы) выбрасывают в океаны под высоким давлением в 250 атм высокоминерализованную горячую воду. На дне вокруг гидротерм обнаружены в больших количествах отложения окислов марганца

и железа. Кроме того, потребляя различные неорганические вещества, в изобилии имеющиеся в гидротермах, живущие там бактерии производят многочисленные органические соединения в процессе хемосинтеза. Ими питаются все животные экологических оазисов, возникающих в тёплых водах вокруг гидротерм.

Вопросы рационального использования природных энергетических ресурсов получили свою практическую реализацию в аспекте развития концепции устойчивого развития общества. Концепция устойчивого развития появилась в результате объединения трёх основных точек зрения: экономической, социальной и экологической. Она является логическим следствием закона тройственного единства, сформулированного профессором В.В. Бушуевым, который гласит, что "все сущности мира, любого эволюционного уровня, независимо от сложности их структурно-функциональной организации, участвуют в развитии как троичные системы". Устойчивое развитие модели использования водных ресурсов, которая направлена на удовлетворение потребностей человека при сохранении окружающей среды, согласуется с тем, что эти потребности могут быть выполнены не только для настоящего, но и для будущих поколений.

Перестройка структуры мировой экономики под давлением угрозы глобального водного кризиса формирует исключительно благоприятные условия для водообеспеченных стран, поскольку неизбежен рост спроса и цен на водоёмкую продукцию. Её экспортёры окажутся в положении, аналогичном тому, которое обеспечивает доходы нынешних экспортёров нефти и газа. В условиях глобального экономического и экологического кризиса на первый план выдвигается водная безопасность. Мировое сообщество трактует её как такое распределение воды и водоёмкой продукции, при котором не возникает угрозы мировой стабильности по причине водных войн, водного терроризма и т.п. Поэтому, мировое сообщество будет жёстко контролировать эффективность и полноту использования водных ресурсов там, где они имеются. Следуя этой логике, понятие водной безопасности на национальном будет предполагать, во-первых, удовлетворение потребностей экономики страны в водных ресурсах и, во-вторых, соответствие потребностям мирового сообщества в эффективном использовании избыточных для национальной экономики водных ресурсов. Здесь нет противоречия между общемировыми и национальными интересами, поскольку для страны выгодно эффективно и устойчиво использовать свои ресурсы, выручая при продаже излишков, как минимум, нормальную прибыль.

Для обеспечения устойчивого развития мировой экономики необходимо в первую очередь обеспечить неистощимость водных ресурсов. Это возможно при общемировом снижении забора воды с развитием систем оборотного водоснабжения. Также важно развивать системы очистных сооружений и создавать водоохранные зоны и проводить непрерывный мониторинг показателей устойчивого водопользования, которые обеспечивают применение комплексного подхода к развитию, управлению и использованию водных ресурсов. Дефицит пресной воды, конечно, не единственный фактор, определяющий предстоящие проблемы устойчивого развития мировой экономики, но, несомненно, один из важнейших, значение которого будет непрерывно усиливаться.

Как показано выше, ресурсы гидросферы имеют широкие перспективы использования как экологически безопасный источник производства энергии и совершения полезной работы. Энергетический потенциал воды в будущем, несомненно, станет базовой основой устойчивого развития мировой энергетики, так как мировой океан представляет собой огромную кладовую различных первичных природных ресурсов, которые вполне сравнимы с ресурсами земной суши. Большинство из описанных здесь способов преобразования энергии гидросферы было открыто достаточно давно, но до последнего времени практически не применялись на практике из-за сложности реализации и низкой экономической эффективности. Но эти ограничения постепенно снимаются, поскольку уже сейчас современный уровень развития техники позволяет успешно преодолеть большинство из этих трудностей.