



## Проектная работа «Возобновляемые источники энергии»

Автор:

**Ерофеев Константин,**  
ученик 11 «А» класса ГОУ СОШ № 648, г. Москва

Научный руководитель:

**Благочевская Галина Дмитриевна,**  
учитель физики ГОУ СОШ № 648, г. Москва

### Актуальность темы

«Энергия — хлеб промышленности» — эта фраза является эпиграфом данной работы. Энергия — это главная движущая сила, стержень для развития народного хозяйства. Для интенсификации промышленности любого государства, раз-

вития технологических процессов, роботизации промышленности необходимы большие объёмы энергии.

Опережающее развитие энергетики определяет уровень развития всех отраслей экономики и, в первую очередь, промышленности. Источники энергии в развитии экономики, хозяйства страны используются разные, но возобновляемые источники энергии ещё до конца не изучены, а значит, и полностью не используются. Тема «Возобновляемые источники энергии» по этой причине является актуальной для исследований и изучения.

### Формы работы над темой

#### 1. Подбор научной литературы:

- подбор материалов школьной библиотеке по теме проекта для анализа, сопоставления, сравнения;
- выбор материалов для исследования в домашней подборке литературы;
- систематизация материалов по теме проекта из сети Интернет.

#### 2. Постановка проблемы:

- решение задач с техническим содержанием;
- определение нерешённых проблем по теме;
- определение личных направлений работы по теме;
- определение круга исследуемых проблем по теме проекта.

### Рецензия

В проектной работе Ерофеева Константина по теме «Возобновляемые источники энергии» изложены исследования автора в соответствии с темой, отмечены моменты и этапы исследования. Константин отразил своё видение проблемы и способы её решения. Автор показал свои навыки исследовательской деятельности:

- умение обобщать отдельные элементы информации в основной части работы;
  - умение выделять структурно значимые составляющие части и связывать их друг с другом;
  - соответствие выводов в заключении поставленным целям из введения;
  - доступность изложения материалов исследования;
  - логичность и чёткость при формулировке выводов из проанализированной информации и собственного исследования.
- Работа интересна по теме, отражает актуальную проблему современности, может быть использована в решении проблем использования источников энергии.

Рецензент: Благочевская Г.Д.

118

3. Консультации, беседы, встречи по теме проекта.
4. Исследования на базе кабинета физики и кабинета информатики и информационных технологий, ГОУ СОШ № 648.
5. Обобщение материалов по теме.
6. Описание, теоретическое обоснование темы.
7. Подготовка стендовых материалов и презентации.

## Основные этапы исследовательской работы

1. Подготовка теоретической части: изучение научной литературы по теме, подбор материалов для сопоставления, составление библиографии работы.
2. Подготовительный период для исследований по теме: сбор статистического материала, подготовка оборудования.
3. Исследование по теме проекта.
4. Подготовка видео- и фотоматериалов по теме исследования, сортировка по этапам исследования, подбор фотографий для презентации проекта, фотомонтаж.
5. Оформление материалов в форме проектной работы в соответствии с темой проекта.
6. Подготовка презентации.

## Научная часть

Россия — одна из немногих стран мира, полностью удовлетворяющих свои потребности в газе и экспортирующей его в другие страны. Удельный вес запаса российского газа в мировом балансе составляет 33,2%. Начальные потенциальные ресурсы газа оцениваются в 212 трлн куб. м. Степень разведанности ресурсов составляет 27%.

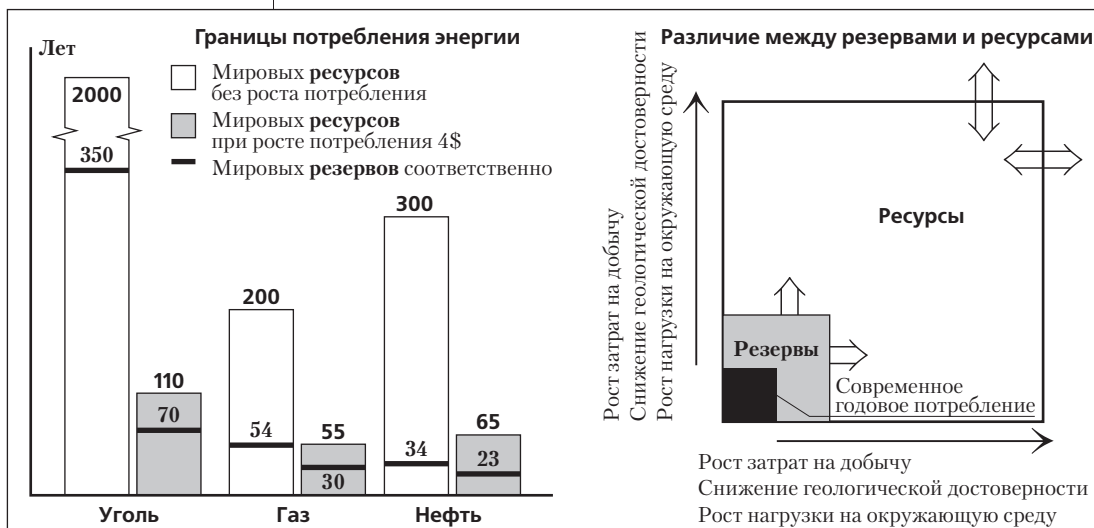
Если верить рекламе, природный газ — это новое «экологически чистое» топливо. Действительно, в нём практически нет серы. Действительно, из него образуется меньше углекислого газа на единицу энергии, чем из угля и нефти. Но природный газ — почти на 100% метан — во много раз более мощный «парниковый газ», чем двуокись углерода. На многих месторождениях природного газа происходит его утечка, тем самым усугубляется парниковый эффект. Размеры утечек газа в западных странах — это строго охраняемая коммерческая тайна. В бывшем Советском Союзе длина трубопроводов такова, что они могут обогнуть Землю более 5 раз. Статистика аварий на трубопроводах показывает, что утечки составляют там как минимум 10%. Расширение добычи природного газа может иметь такие же угрожающие последствия, как и разработка нефтяных месторождений. Новые электростанции на природном газе увеличивают наше электропотребление, но теряют при этом свыше половины энергии, содержащейся в этом топливе. Газ может облегчить переход от ископаемого топлива



к другим источникам энергии, но если и все возможности для сохранения энергии и для использования чистых возобновляемых её источников не будут реализованы, решить проблему глобального потепления с его помощью мы не сможем.

Мир зависит от нефти. Мы не можем обойтись без ежедневных 65 млн баррелей нефти, несмотря на ужасные последствия для окружающей среды и наших жизней. Только из автомобильного бензина образуется  $\frac{1}{2}$  часть углекислого газа, ведущего к глобальному потеплению, не говоря уже о ядовитом угарном газе и других токсичных газах и окислах азота, приводящих к кислотным дождям. Автомобили выбрасывают выхлопные газы в атмосферу. Другие нефтепродукты – дизельное топливо, печное топливо, топливо для реактивных двигателей, флотский мазут для кораблей, тяжёлый мазут для электростанций также являются причинами парникового эффекта и загрязнения воздуха. Миллионы баррелей нефти из протекающих трубопроводов загрязняют почву. Нефтехимические заводы отравляют всё в округе.

Мы сжигаем более 3500 млн т угля в год. Более пятидесяти государств добывают уголь, и ещё больше сжигают его. Подземная добыча угля – это грязная и опасная работа, а добыча открытым способом уродует ландшафт. Сжигаемый уголь – это одна из основных причин глобального потепления. При его сгорании образуется больше углекислого газа на единицу энергии, чем при сгорании нефти или природного газа. В мире уже построено более 1300 крупных электростанций, работающих на угле, и почти все они используют технологию, приводящую к потере  $\frac{2}{3}$  содержащейся в топливе энергии. Ведущие эксперты по климату утверждают, что если мы надеемся в будущем контролировать процесс глобального потепления, мы должны сократить выбросы углекислого газа в атмосферу.



В природе запасы энергии огромны. Её несут солнечные лучи, ветры и движущие массы воды, она хранится в древесине, залежах газа, нефти, каменного угля. Практически безгранична энергия, «запечатанная» в ядрах атомов вещества. Но не все её формы пригодны для прямого использования.

По оценкам специалистов, к 2100 г. население Земли возрастёт до 11–12 млрд. Из всего разведанного запаса топлива можно извлечь в лучшем случае только 50%. Другими словами, если человечество не изменит структуру топливно-энергетического комплекса, то сжигать нефть и газ мы можем ещё лет 50, а уголь — лет 250.

В процессе производства энергии наша планета (атмосфера, земля, реки, моря) постепенно превращается в экологически опасную свалку. Самый крупный недостаток энергетических установок на ископаемом топливе — большой объём отходов (как твёрдых, так и газовых). Выделяемые газы обуславливают усиление «парникового эффекта» и связанные с ним повышение средней температуры атмосферы Земли (а следовательно, повышение уровня Мирового океана, заболачивание низменных мест — житниц во многих странах, наступление пустынь), выпадение «кислотных дождей», возникновение «озоновых дыр». Шлаки и зола засоряют территорию. Тем не менее, энергетические ресурсы почти всех стран на 70–80% представляют собой именно ископаемое топливо. Оно, самое дешёвое и самое эффективное, пока остаётся основой энергетики (на 75%).

Ископаемое топливо расходуется такими темпами, что его запасы могут истощиться во второй половине столетия. Атомные электростанции, когда-то считавшиеся хорошей альтернативой, оказались опасными, что продемонстрировано аварией в Чернобыле в 1986 г.

Решение этой проблемы видится в использовании так называемых альтернативных источников энергии на фоне всемерной экономии ископаемого топлива.

Уже многие десятилетия человечество борется над решением задачи по эффективному использованию низкопотенциальных источников энергии — воды, ветра, солнца. Запасы этих источников неисчерпаемы.

Как известно, различие между невозобновляемыми источниками и возобновляемыми состоит в том, что использование первых оказывает заметное влияние на биосферу, приводит к дополнительному нагреву её участков. Поэтому эти виды источников энергии называют добавляющими, а вторые — недобавляющими. Действительно, забирая солнечные лучи в установки, которые расположены на поверхности Земли, человек изымает энергию из цикла её нагревания, а затем (после использования) возвращает планете в том же количестве в виде тепла. Иначе говоря, сколько взято из энергетического фонда, столько и вернулось в среду



обитания в виде тепла. Напротив, добавляющая энергия может рассматриваться как энергия, загрязняющая среду обитания человека.

При современных технологиях преимущественно производится добавляющая энергия. Её рост обостряет качественно новую проблему защиты географической оболочки и биосферы от прямого энергетического перегрева. Энерговооружённость человечества стремительно увеличивается, и это приводит к повышению средних температур приземных слоёв атмосферы. При сохранении современных темпов технического развития хозяйственная деятельность людей через 50–70 лет окажет существенное воздействие на климатические условия многих стран и регионов мира. Возможны таяния полярных льдов, активизация селей, возникновение засухи в одних районах земного шара и значительное увеличение осадков в других.

Согласно мнению учёных, безопасный предел использования добавляющей энергии (своего рода лимит для человечества) составляет не более 0,1% мощности падающей на Землю солнечной энергии, т. е. около 100 млрд кВт. Сейчас земная цивилизация производит для своих нужд (промышленность, быт, транспорт) добавляющую энергию мощностью 10 млрд кВт — всего в 10 раз меньше допустимого предела.

Последние десятилетия ежегодный прирост энергопроизводства составляет около 3% в год. При сохранении такого темпа прироста добавляющей энергии допустимый предел будет достигнут через 75 лет. Уже в середине XXI в. рост производства невозобновляемых видов энергии должен быть прекращён, или последствия грозят глобальным кризисом цивилизации.

Вышеизложенное является главным аргументом в пользу масштабного использования возобновляемых источников энергии: солнечной, ветровой, океанской и др.

Возобновляемая энергия составляет пока незначительную часть от всей энергии, которая используется на земном шаре человеческим обществом. Она участвует в естественном круговороте энергии и веществ.

Для того чтобы не нарушать естественный круговорот веществ и энергии в биосфере, человечеству необходимо уменьшить потребление энергии, ограничить дальнейший рост энергетических мощностей, установить квоты на производство энергии во всех государствах мира. А это неизбежно приведёт к обострению политических, экономических и экологических конфликтов.

Ещё один весомый аргумент. Многие учёные считают, что развитие энергетики на невозобновляемом топливе ставит жёсткий предел численности населения планеты, которое составило в 2006 г. 6,5 млрд человек и ежегодно увеличивается на 75–80 млн человек. Таким образом, в перспективе человечество столкнётся с энергодемографическим кризисом.

## Энергия солнца

Солнце — лишь одна из миллиардов звёзд, но оно — источник энергии для всего живого и для самой Земли. Из всех альтернативных источников энергия солнца является самой чистой и безопасной.

Когда-то считали, что Солнце горит, но мы знаем теперь, что излучаемая им энергия выделяется в результате ядерных реакций, при которых водород преобразуется в гелий. Около 30% солнечного излучения отражается атмосферой Земли, а ещё 20% поглощается. В результате лишь 50% его достигает поверхности нашей планеты, но это эквивалентно всей энергии, вырабатываемой примерно 170 миллионами самых мощных электростанций мира. Мощность солнечной энергии, поступающей на поверхность Земли, оценивается в 20 млрд кВт, что эквивалентно  $1,2 \cdot 10^{24}$  т условного топлива в год. Для сравнения: мировые запасы органического топлива составляют, по самым оптимистическим прогнозам, всего  $6 \times 10^{12}$  т, т.е. в 20 раз меньше.

Поток солнечного излучения, несомненно, является самым обильным источником недобавляющей энергии. Подсчитано, что использование лишь 0,01% общего потока солнечной энергии могло бы полностью обеспечить современные мировые потребности человека в энергии.

Солнечная энергия обладает неоспоримыми преимуществами перед традиционным органическим и ядерным горючим. Во-первых, это исключительно чистый вид энергии, который не загрязняет окружающую среду, а само её использование не связано с опасностью для биологических систем. Во-вторых, использование солнечной энергии в больших масштабах не нарушает сложившегося в ходе эволюции энергетического баланса Земли. Подсчитано, что без вреда для биосферы можно изъять около 3% всего потока, падающего на планету.

Солнечную энергию можно использовать напрямую (посредством улавливания техническими устройствами). Это космическая гелиоэнергетика. Возможно и опосредованное использование её — через продукты фотосинтеза, круговорот воды, движение воздушных масс и другие процессы, которые обуславливаются солнечными явлениями (наземная гелиоэнергетика).

Многие лесные пожары возникают в жару по вине солнечного света, сфокусированного капельками утренней росы. Ещё в 400 г. до н. э. греки научились использовать энергию солнца для разжигания костра с помощью наполненного водой стеклянного шара. К 200 г. до н. э. похожий способ с использованием вогнутых зеркал для фокусировки солнечных лучей стали применять в Китае.

В современной бытовой солнечной печи сфокусированные лучи разогревают пищу. Вместо вогнутого зеркала в некоторых





печах используют ряд плоских отражателей, установленных под углом и направленных на место размещения пищи.

Все дома частично обогреваются Солнцем, но есть проекты, позволяющие максимально использовать этот даровой источник энергии и таким образом значительно снизить плату за отопление.



В таких домах установлены большие окна на стороне, освещаемой полуденным солнцем, и намного меньшие окна на противоположной, более прохладной стороне. В некоторых домах жалюзи из теплоизолирующих материалов закрываются на ночь, что позволяет сохранить большую часть тепла, накопленного за день. Это — пассивная солнечная технология.

Подсчитано, что в США для обогрева помещений и горячего водоснабжения расходуется до 25% производимой в стране энергии. В России, где климат суровее, эта доля значительно выше. Использование солнечной энергии — относительно простой и достаточно экономический путь решения указанной проблемы.

**Солнечная печь в Монлуи (французские Пиренеи). Следящие за солнцем зеркала отражают свет на полированную поверхность параболического отражателя. Он направляет энергию на печь, которая может разогреться до температуры 3000°С.**

Наиболее распространено улавливание солнечной энергии посредством различного вида коллекторов, в которых она преобразуется в тепловую и нагревает тот или иной теплоноситель. В простейшем виде это тёмного цвета поверхности для улавливания тепла и приспособления для его накопления и удержания.

Солнечная энергия может также использоваться для водяного отопления домов. Лучи Солнца нагревают воду внутри плоских коллекторных панелей, поглощающих (в отличие от радиаторов отопления) излучение для нагрева воды. Эти панели обычно устанавливают на крыше дома под углом, чтобы улавливать максимальное количество прямых солнечных лучей. Холодная вода протекает через панели и нагревается поглощаемым ими солнечным светом. Солнечные водонагреватели используются для целей тепло- и горячего водоснабжения в южных климатических зонах. Дублирующей системой (в тёмное время суток, например) по отношению к солнечному водонагревателю служит традиционная топливная котельная.

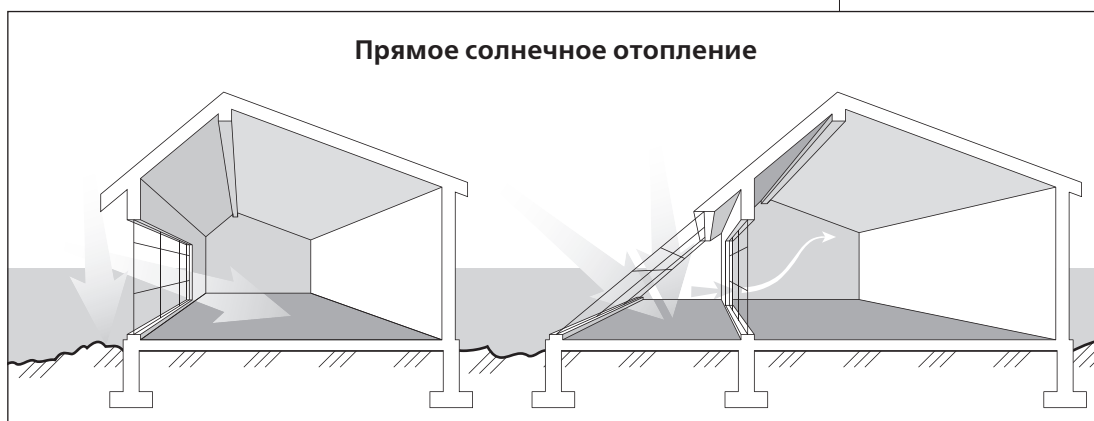
В СССР ещё в 1977 г. вступил в строй первый завод по массовому производству солнечных водонагревателей. В 1980 г. во Франции введена в эксплуатацию система теплоснабжения жилого дома, основанная на комбинированном использовании плоских гелиоприёмников, теплонасосных установок и расположенного в грунте теплового аккумулятора. На крыше дома

установлены 60 коллекторов солнечной энергии суммарной площадью 90 м<sup>2</sup>, под помещением размещены пластмассовые трубки, через которые осуществляется теплообмен с грунтом в режимах накопления и потребления энергии. Отопление обеспечивается через напольные низкотемпературные обогревательные панели. При использовании системы для отопления дома объёмом 418 м<sup>3</sup> и площадью 170 м<sup>2</sup> была получена годовая экономия энергии в 65% по сравнению с системой электрического отопления.

О масштабах внедрения гелиоустановок, отличающихся высокой экологичностью, говорят такие данные: ещё в 1982 г. гелиоустановками в США было оснащено более 300 тысяч зданий, а в Японии более 113 тысяч. Для России, где стремительно дорожает электроэнергия, это, несомненно, пример для подражания.

В основе солнечных электростанций (СЭС) лежит технология концентрирования солнечной энергии на поверхности парогенератора с помощью специальных отражающих зеркал (гелиостатов). Сотни и тысячи таких зеркал соединяют солнечные «зайчики» в единое пятно, что обеспечивает высокотемпературный (до 4000оС) подогрев любого вещества, вплоть до плавления многих металлов.

В 1986 г. в Крыму вступила в строй первая отечественная СЭС-5 мощностью 5 тыс. кВт. Она представляет собой башню высотой 70 м, на которой установлен круговой парогенератор, высота и диаметр которого равны 7 м. Вокруг башни по концентрическим кругам размещено 1600 зеркальных гелиостатов. Общая площадь зеркальной поверхности составляет 40 тыс. м<sup>2</sup>.



Автоматизированная система управления обеспечивает с помощью ЭВМ такое положение каждого гелиостата, что отражённые лучи независимо от положения Солнца на небосводе в каждый момент времени направляются строго на поверхности парогенератора. В отличие от обычных электростанций на СЭС-5 ус-





тановлены также аккумуляторы энергии. Это теплоизолированные ёмкости, в которых под большим давлением хранится перегретая вода. В случае облачности или после захода Солнца пар из верхней полости аккумуляторов может быть направлен на паровую турбину. Число солнечного сияния в Крыму позволяет обеспечить продолжительность работы СЭС-5 в течение 1920 ч/год. За это время электростанция может выработать около 6 млн кВт/ч электроэнергии и обеспечить экономию до 2 тыс. т условного топлива.

Перспективно преобразование солнечной энергии в электрическую посредством использования фотоэлементов, в которых солнечная энергия преобразуется в электрическую без всяких дополнительных устройств. КПД фотоэлементов пока невелик, но они отличаются медленной изнашиваемостью из-за отсутствия каких-либо подвижных частей. Трудности широкомасштабного применения фотоэлементов обусловлены их дороговизной и необходимостью отведения больших территорий для их размещения. Частично последняя проблема решается тем, что для размещения батарей можно использовать крыши и стены домов. Недавно в США введена в эксплуатацию СЭС с батареями, состоящими из 108 ориентированных в пространстве панелей с кремниевыми элементами мощностью 1 МВт.

Фотоэлектростанции используются в Калифорнии для превращения солнечной энергии в электричество, что позволяет справляться с пиковыми нагрузками, возникающими в летние месяцы, когда интенсивно работают установки кондиционирования воздуха. СЭС есть в Испании, Италии, Израиле, Японии.

По мнению специалистов, гелиоконденсаторные установки могут сыграть очень важную роль в решении локальных проблем некоторых пустынных районов мира и, возможно, даже некоторых южных стран в целом. Однако для этого необходимо снизить площади и расход конструкционных материалов фокусирующих отражателей.

Между тем, когда требуется получение небольшого количества энергии, использование фотоэлементов уже в настоящее время экономически целесообразно: это калькуляторы, телефоны, телевизоры, кондиционеры, маяки, буи и т. п.

Солнечные элементы — это электронные устройства, где за счёт фотоэлектрического эффекта, свет преобразуется в электроэнергию. Каждый элемент производит немного энергии, поэтому для обеспечения электроснабжения в достаточном объёме необходимы батареи таких соединённых друг с другом элементов. Элемент состоит из тонкого слоя полупроводникового материала, обычно кремния. В некоторых солнечных элементах применяют другой полупроводник — арсенид галлия. Они менее эффективны, чем кремниевые, но могут работать при гораздо более высоких температурах, благодаря чему их можно применять на спутниках,

подвергающихся мощному воздействию солнечных лучей в космосе. На энергии солнечных спутников работают большинство искусственных спутников; она также используется в некоторых электронных калькуляторах и часах.

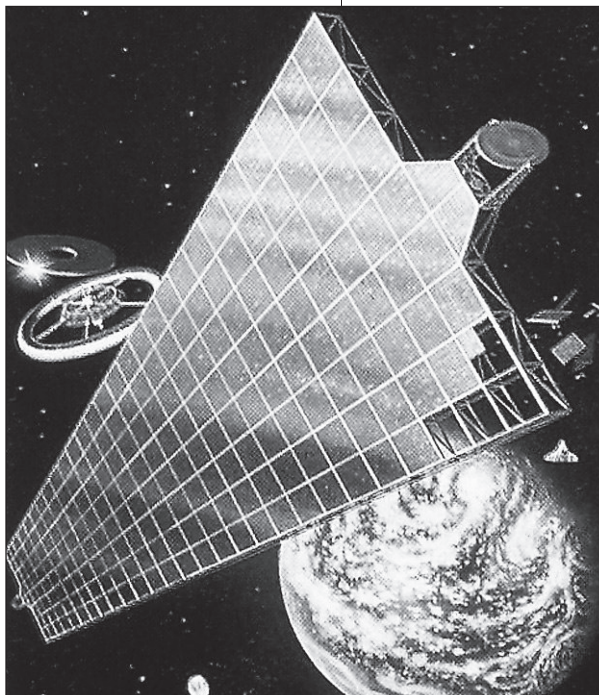
В 1981 г. лёгкий самолёт «Солар Челленджер» пересёк Ла-Манш, используя солнечный свет как единственный источник энергии. Крылья самолёта были покрыты солнечными элементами, производящими энергию для управления электроприводом воздушного винта. В штате Флорида, США, телефон-автомат работал от батареи солнечных элементов, установленной на крыше будки.

В некоторых отдалённых районах большие батареи солнечных элементов обеспечивают большую часть бытовой электроэнергии, которая используется для зарядки батарей, работающих ночью.

Солнечные элементы очень надёжны. После установки они практически не нуждаются в уходе и могут годами работать без обслуживания. В Великобритании есть маяки, работающие в автоматическом режиме от солнечных элементов. Батареи таких элементов используются также в ряде автоматических метеостанций, расположенных вдоль побережья и в море.

Электроэнергия, получаемая от солнечных элементов, зависит не от тепла, а от света. Благодаря этому посадочный радиомаяк мощностью 360 кВт может работать на солнечной энергии в условиях мерзлоты на Аляске.

Проект использования солнечной энергии, предложенный американским инженером Питером Глейзером, может обеспечить нас энергией из космоса. По замыслу автора, должны быть запущены 40 солнечных орбитальных электростанций (СОЭ), оснащённых огромными батареями солнечных элементов. Полученная энергия будет преобразовываться в пучки микроволн, посылаемых на приёмные станции на Земле. Там микроволны будут преобразованы обратно в электричество. К сожалению, птицы и неметаллические самолёты просто сгорят при попадании на них мощных пучков микроволновой энергии, посылаемых СОЭ.



**Солнечный модуль, состоящий из ряда кремниевых фотоэлектрических элементов, последовательно соединённых друг с другом для увеличения напряжения, получаемого при попадании на них солнечного света. Стандартный модуль этого типа вырабатывает максимум 2 ампера при напряжении 17 вольт, а получаемая мощность равна 34 ватта.**



Однако на пути широкомасштабного применения космических электростанций (КСЭС) стоит пока не решённая проблема о способе передачи энергии на поверхность Земли.

Передавать выработанную в космосе электроэнергию предложено, в частности, с помощью СВЧ-излучения, которому не мешают ни толща атмосферы, ни тучи. Достигнутые успехи в развитии полупроводниковой электроники позволят в перспективе использовать приборы, непосредственно преобразующие солнечное излучение в СВЧ-мощность. Прежде чем приступить к сооружению КСЭС, следует оценить уровень их экологической опасности. Очевидно, что мощные пучки СВЧ-излучения не могут не сказаться на состоянии атмосферы и её верхней части — ионосферы. Известно, что СВЧ-излучение, особенно его высокочастотная составляющая, сильно поглощается молекулами воды и кислорода и может вызвать локальный нагрев воздуха.

Вопрос о том, быть или не быть на орбите Земли космическим электростанциям, остаётся пока открытым. Задача сложная, прежде всего в экологическом отношении, комплексная, охватывающая научные, инженерные, экономические, социально-политические аспекты.

## Энергия воды

Люди издавна задумывались над тем, как «запрячь» реки, заставить их работать. Уже в древности — в Египте, Китае, Индии — водяные колёса поднимали на поля воду. Водяные мельницы для помола зерна появились задолго до ветряных — в государстве Урарту (на территории нынешней Армении), но были известны ещё в XIII в. до н.э. Водяные колёса оставались главным способом получения энергии более 2000 лет. После ископаемого топлива вода является не только важнейшим, но и древнейшим источником энергии.

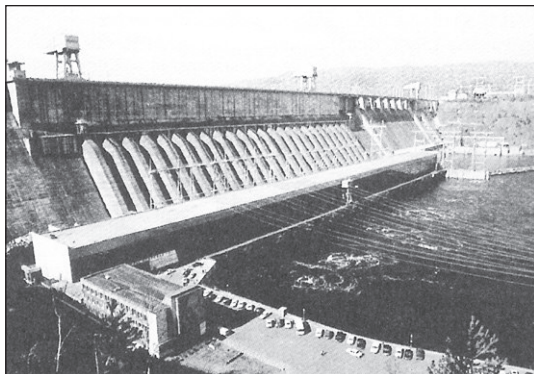
Созданные во второй трети XIX в. гидротурбины, с гораздо более высоким КПД, длительное время использовались для непосредственного привода станков и машин через систему зубчатых, канатных и ременных передач. Сегодня гидротурбины применяют только для приведения в действие генераторов на гидроэлектростанциях (ГЭС).

Первоисточником энергии служит солнце, испаряющее воду из океанов, озёр и рек. Водяной пар конденсируется в виде дождя, выпадающего в возвышенных местностях и стекающего вниз в моря. Гидростанции встают на пути этого стока и перехватывают энергию движущейся воды — энергию, которая иначе была бы израсходована на перенос отложений к морю.

Водные ресурсы относятся к неисчерпаемым, т.к. при рациональном использовании они непрерывно возобновляются в процессе влагооборота.

Первые гидроэлектростанции использовали реку в её естественном виде, но сейчас в большинстве случаев строят плотины, чтобы увеличить высоту падения воды и выровнять её поступление. Сооружение гидроэнергетических установок обходится дорого, но их эксплуатация сравнительно дешёва, потому что «топливо» бесплатно. ГЭС — высокоэффективные предприятия: они производят около 10% мировой электроэнергии при самой низкой себестоимости.

Первая промышленная гидроэлектростанция в России была введена в действие в 1896 г. Её построили на реке Охте для энергоснабжения местного порохового завода. Тогда же в США началась эксплуатация Ниагарской ГЭС постоянного тока.



Плотина Красноярской ГЭС



Плотина Саяно-Шушенской ГЭС

Принцип работы гидроэлектростанций при всём разнообразии конструкций одинаков: вода под напором из верхнего бьефа (водоёма перед плотиной) поступает в водоприёмник и по водоводам направляется к турбинам — колёсам диаметром более 10 м с лопастями. Струя с силой бьёт в лопасти, раскручивая вал машины, на котором закреплён генератор, начинающий вырабатывать электроэнергию. По толстым проводникам — шинам она передаётся на повышающий трансформатор, затем на распределительное устройство и под высоким напряжением по линиям электропередачи идёт к потребителям. Гидрогенераторы обычно вырабатывают электроэнергию напряжением 6–16 кВ. Их мощность может превышать 650 МВт.

Современная ГЭС представляет собой комплекс гидротехнических сооружений (для концентрации потока воды и создания её напора), а также энергетического оборудования, преобразующего энергию этого напора с помощью гидротурбин в механическую, а затем — через гидрогенераторы — в электрическую.

На равнинных реках при относительно небольшом напоре воды, когда высота её столба над турбиной не превышает 30–40 м, сооружают так называемые русловые гидроэлектростанции.





На реке строят шлюзы или водозаборные сооружения для орошения полей и водоснабжения. К русловым относятся, например, Волховская и Волжская ГЭС.

Нередко расположить гидроэлектростанцию непосредственно в русле бывает сложно из-за неудобной для строительства горной местности. Тогда электростанцию сооружают в близости — там, где вести работы удобнее, и отводят к ней реку или часть реки. Это деривационная гидроэлектростанция. Крупнейшие ГЭС такого типа — Роберт-Мозес (США), Ингурская (Грузия), Нечако-Кемано (Канада), Харспронгет (Швеция).

Существуют и гидроаккумулирующие электростанции. Их строят там, где нагрузка в энергетических системах в течение суток неравномерна. Мощность такой станции довольно высока: например, у Корнуоллской ГЭС в США она достигает 1620 МВт.

При гидроэлектрической генерации энергии электричество получают, используя энергию воды, перетекающей из высшего уровня к низшему и вращающей при этом турбину. Некоторые страны, такие как Новая Зеландия, Швейцария, Норвегия и Канада, получают буквально всю свою электрическую энергию из этого источника, при этом даже электрохимическая индустрия основана на энергии гидроэлектростанций.

Этот метод имеет преимущества: не загрязняет атмосферу, легко управляется приём поворота механизированного клапана на подаче воды, поэтому проблем, связанных с пиковыми нагрузками, нет. Однако гидроэнергетика не безвредна для окружающей среды, имеются трудности в широком развитии гидроэлектрических ресурсов. Требуется накопление больших объёмов воды, затопление долин и обширных площадей земли, часто ценной для коммерческого использования и для отдыха людей, или ненарушенных заповедных земель, в которых происходят желательные экологические изменения. Плотины и водохранилища не только выводят из оборота затопляемые земли, но и влияют на качество воды, которая накапливается и постепенно спускается. Кроме того, страдает и русло реки ниже плотины. В зависимости от сезона вода, поступающая из водохранилища, может содержать очень мало растворённого кислорода, и тогда она окажется неблагоприятной средой для рыб и других водных организмов.

В связи с трудностями, возникающими на станциях, использующих ископаемое топливо при пиковых нагрузках, развитие гидроэлектростанций поощрялось производителями электроэнергии. Одной из последних идей в этой области является «накачивание» аккумуляторов — метод, который может быть использован также в системах солнечной или ветряной энергетики. Ночью, по окончании пиковой нагрузки, тепловые или ядерные станции перекачивают воду, обратно на верхний уровень. При этом применяются неиспользуемые или простаивающие

мощности основных станций, часто ядерные. В настоящее время пиковые потребности в электричестве часто обеспечиваются старыми городскими электростанциями, что ведёт к повышению уровня эмиссий, к потреблению газа или жидкого топлива, которые могли быть лучше использованы для других целей. Замена их «накачиваемыми» гидроаккумуляторами имеет много преимуществ как экономических, так и экологических.

Что касается гидроэнергии, которая в настоящее время обеспечивает  $\frac{1}{3}$  мирового производства электроэнергии, то наиболее перспективными, с точки зрения будущего увеличения её выработки, являются страны третьего мира.

В то же время с эксплуатацией гидроэлектростанций связано много сложных экологических проблем:

1. Под водохранилища ГЭС отчуждаются большие площади земель, в т. ч. лучших в сельскохозяйственном отношении. Около 88% общего числа водохранилищ в нашей стране сооружены в условиях равнин.

2. Крупные водохранилища оказывают заметное влияние на локальные климатические условия. Так, в долине Енисея на сотни километров ниже Красноярской ГЭС зимой устанавливаются густые холодные туманы, что вызвано сбросом через турбины относительно тёплых донных вод водохранилища.

3. На горных реках с крутым падением русла и узкими ущельями накопление больших объёмов воды нарушает и без того неустойчивое равновесие блоков земной коры.

4. Образующиеся водохранилища на равнинных реках существенно замедляют скорость обмена вод.

5. Плотины ГЭС преграждают путь на нерест проходным рыбам, резко ухудшают состояние нерестилищ, поскольку снижение скорости воды способствует заилению.

Есть все основания считать, что строительство крупных ГЭС на равнинных реках России не имеет перспективы в отличие от так называемых малых гидроэлектростанций (МГЭС).

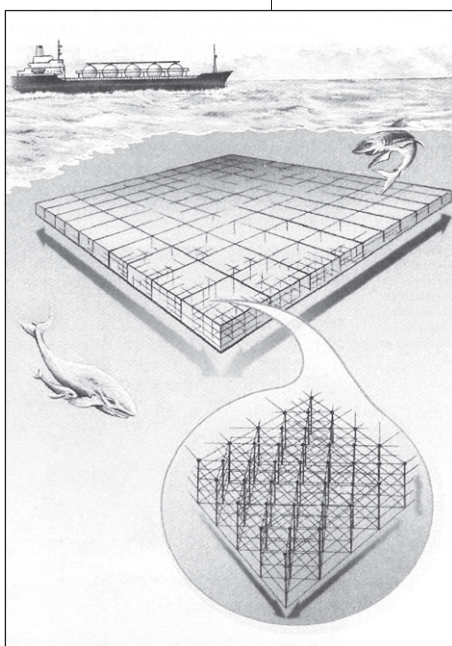
МГЭС практически не изменяют природные условия, не затопляют большие земельные площади и даже снижают пики половодья, улучшают водообмен и аэрацию. Их можно рассматривать как пример экологически обусловленного природопользования, мягкого вмешательства в природные процессы. Водоохранилища, создававшиеся на малых реках, обычно не выходили за пределы русел. Они гасят колебания воды в реках и стабилизируют уровни грунтовых вод под прилегающими пойменными землями. Это продуктивно сказывается на продуктивности и устойчивости как водных, так и пойменных экосистем.

Директор Лаборатории энергетики воды и ветра Северо-Восточного университета в городе Бостоне (США) профессор Александр Горлов создал особую турбину. Она не нуждается в сильном напоре и эффективно работает, используя кинетичес-





кую энергию водяного потока — реки, океанического течения или морского прилива. Проект первой в мире океанской электростанции уже разработан. Она будет сооружена во Флоридском проливе, где берёт начало Гольфстрим.



**Океанская электростанция на Гольфстриме. Проект**

Будущее энергетики, безусловно, связано со строительством океанских электростанций. Они более экономичны, чем атомные, правда, уступают тепловым и речным. Зато в отношении экологической безопасности океанские электростанции не имеют себе равных.

С середины XX века началось изучение энергетических ресурсов, относящихся к «возобновляемым источникам энергии».

Океан — гигантский аккумулятор и трансформатор солнечной энергии, преобразуемой в энергию течений, тепла и ветров. Энергия приливов — результат действия приливообразующих сил Луны и Солнца. Энергетические ресурсы океана представляют большую ценность как возобновляемые и практически неисчерпаемые.

Уровень воды на морских побережьях в течение суток меняется три раза. Через каждые 6 ч 12 мин прилив сменяется отливом. Приливы и отливы — источник экологически чистой энергии, не зависящий ни от сырьевых запасов, ни от капризов погоды. Только часть мощности приливов, которая рассеивается на трение и вихревое движение масс воды, составляет около 1 млрд кВт, что соответствует энергетическому потенциалу почти всех рек мира.

Впервые идея использования энергии приливов и отливов была реализована во Франции: в 1967 г. там дала ток первая в мире ПЭС. Годом позже в СССР была пущена Кислогубская ПЭС, несколько отличающаяся от французской. Она была построена в устье реки Ура в 60 км западнее Мурманска, где высота прилива составляет 1,1–3,9 м.

Для устройства простейшей приливной электростанции (ПЭС) нужен бассейн — перекрытый плотиной залив или устье реки. В плотине имеются водопропускные отверстия и установлены турбины. Во время прилива вода поступает в бассейн. Когда уровни воды в бассейне и море сравниваются, затворы водопропускных отверстий закрываются. С наступлением отлива уровень воды в море понижается, и, когда напор становится достаточным, турбины и соединённые с ним электрогенераторы начинают работать, а вода из бассейна постепенно уходит. Проектная мощность ПЭС зависит от характера прилива в районе строительства станции, от объёма и площади приливного бассейна, от числа турбин, установленных в теле плотины.

В России продолжают работы по созданию более мощных ПЭС. В частности, конструкторы работают над так называемой капсульной машиной с диаметром рабочего колеса 10 м. Имеются и грандиозные проекты освоения энергии приливов в различных частях страны. Так, в Мезенском заливе можно отсечь от моря огромный бассейн плотиной протяжённостью 90 км и разместить в ней 800 капсульных гидроагрегатов общей мощностью 15 млн. кВт. Энергию ПЭС (50 млрд кВт/ч в год) можно будет направлять в объединённые энергосистемы центра и северо-запада страны. В Охотском море, изолировав 36-километровой плотиной Тугурский залив, можно построить ПЭС мощностью 6,7 млн. кВт и получить 16 млрд кВт/ч электроэнергии в год, что эквивалентно мощности очень крупной тепловой или атомной электростанции.

В приливных электростанциях двустороннего действия турбины работают при движении воды из моря в бассейн и обратно. ПЭС двустороннего действия способна вырабатывать электроэнергию непрерывно в течение 4–5 ч с перерывами в 1–2 ч четыре раза в сутки. Для увеличения времени работы турбин существуют более сложные схемы — с двумя, тремя и большим количеством бассейнов. Однако стоимость таких проектов весьма высока.

С точки зрения экологии ПЭС имеет бесспорное преимущество перед тепловыми электростанциями, сжигающими нефть



ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЕ  
РАБОТЫ  
УЧАЩИХСЯ

Научно-техническое  
направление

Единственная в мире  
крупная приливная  
электростанция  
в устье реки Ранс  
во Франции.

Плотины,  
установленные  
в водоподъёмной  
плотине, работают  
от энергии  
приливов и отливов,  
но вырабатывают  
мало  
электроэнергии.

133

ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ  
РАБОТА ШКОЛЬНИКОВ / 2'2009



и каменный уголь. Благоприятные предпосылки для более широкого использования энергии морских приливов связаны с возможностью применения трубы Горлова, которая позволяет сооружать ПЭС без плотин, сокращающая расходы на их строительство.

## Энергия ветра

Ветровая энергия — это огромная энергия движущихся воздушных масс. Запасы энергии ветра более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии всех рек планеты. Постоянно и повсюду на земле дуют ветры — от лёгкого ветерка, несущую желанную прохладу в летний зной, до могучих ураганов, приносящих неисчислимый урон и разрушения.

Энергия ветра в конечном итоге есть результат тепловых процессов, происходящих в атмосфере планеты. Причина активных процессов перемещения воздушных масс заключается в различии плотностей нагретого и холодного воздуха. Таким образом, первоначальным источником энергии ветра является энергия солнечного излучения, которая переходит в одну из своих форм — энергию воздушных потоков.

Уже очень давно, видя, какие разрушения могут приносить бури и ураганы, человек задумался над тем, нельзя ли использовать энергию ветра.

Ветряные мельницы с крыльями-парусами из ткани первыми начали сооружать древние персы свыше 1,5 тыс. лет назад. В дальнейшем ветряные мельницы совершенствовались. В Европе они не только мололи муку, но и откачивали воду, сбивали масло, как, например, в Голландии. Ветряные мельницы когда-то были привычным элементом пейзажа в любой стране. Так, в России в XIX веке функционировало почти 250 тыс. мельниц с суммарной мощностью около 1,5 млн. кВт. Первый ветроэлектрогенератор был сконструирован в Дании в 1890 г. Через 20 лет в стране работали уже сотни подобных установок.

Энергия ветра очень велика. Её запасы, по оценкам Всемирной метеорологической организации, составляют 170 трлн кВт/ч в год. При этом над территорией России сосредоточена значительная часть мировых ветровых ресурсов. Наиболее перспективные регионы для внедрения ветроэнергетики находятся на Севере, в Поволжье, Ростовской и Волгоградской областях. Эту энергию можно получать, не загрязняя окружающую среду. Но у ветра есть два существенных недостатка: его энергия сильно рассеяна в пространстве, и он непредсказуем — часто меняет направление, вдруг затихает даже в самых ветреных районах земного шара, а иногда достигает такой силы, что ломает ветряки.

Строительство, содержание, ремонт ветроустановок, кругло-суточно работающих в любую погоду под открытым небом, стоят

недёшево. Ветроэлектростанция такой же мощности, как ГЭС, ТЭЦ или АЭС, по сравнению с ними должна занимать гораздо большую площадь. К тому же ветроэлектростанции небезвредны: они мешают полётам птиц и насекомых, шумят, отражают радиоволны вращающимися лопастями, создавая помехи приёму радиопередач в ближайших населённых пунктах.

Принцип работы ветроустановок очень прост: лопасти, которые вращаются за счёт силы ветра, через вал передают механическую энергию к электрогенератору. Тот в свою очередь вырабатывает энергию электрическую. Получается, что ветроэлектростанции работают, как игрушечные машины на батарейках, только принцип их действия противоположен. Вместо преобразования электрической энергии в механическую, энергия ветра превращается в электрический ток.

Интерес к использованию ветра для получения электроэнергии оживился в последние годы. Было установлено, что в районах с интенсивным движением воздуха ветроустановки вполне могут обеспечивать энергией местные потребности. Первая в мире ветровая электростанция (ВЭС) с диаметром рабочего колеса 30 м и мощностью 100 кВт была построена в СССР в 1931 г.

Современная ветроэнергетика — преобразование энергии ветра во вращательное движение лопастного колеса, в колебания, которые воспринимаются пьезоэлектрическими преобразователями, или поступательное движение объекта с помощью ветродвигателей (парусов, роторов). КПД ветроустановок достигает относительно больших значений: 0,2–0,5.

Для получения энергии ветра применяют самые разные конструкции: «ромашки»; винты вроде самолётных пропеллеров с тремя, двумя и даже одной лопастью (тогда у неё есть груз-противовес); вертикальные роторы, напоминающие разрезанную вдоль и насаженную на ось бабочку; некое подобие «вставшего дыбом» вертолётного винта: наружные концы его лопастей загнуты вверх и соединены между собой. Вертикальные конструкции хороши тем, что улавливают ветер любого направления; остальным приходится по ветру.

В Испании довольно долго работала установка, сама создававшая для себя ветер. Построили очень высокую трубу, обширный круг в её основании покрыли полиэтиленовой плёнкой на каркасных опорах. Под жарким испанским солнцем земля и воздух под плёнкой нагревались, и в трубе возникала ровная постоянная тяга. Встроенная в трубу крыльчатка вращала генератор. Тяга не прекращалась ни в пасмурные дни, ни ночью, земля долго хранит тепло. Однако эксплуатация такой установки обходилась довольно дорого.

Чтобы как-то компенсировать изменчивость ветра, сооружают огромные «ветряные фермы». Ветродвигатели там стоят рядами на обширном пространстве и работают на еди-





**Современная ветроэлектростанция.**  
**Ветряная установка мощностью 600 кВт построена в Тверской области в конце XX в.**

ную сеть. На одном краю «фермы» может дуть ветер, на другом в это время тихо. Ветряки нельзя ставить слишком тесно, чтобы они не загораживали друг друга. Поэтому «ферма» занимает много места. Такие «фермы» есть в США, во Франции, в Англии, а в Дании «ветряную ферму» разместили на прибрежном мелководье Северного моря: там она никому не мешает и ветер устойчивее, чем на суше. Чтобы снизить зависимость от постоянного направления и силы ветра, в систему включают маховики, частично сглаживающие порывы ветра, и разного рода аккумуляторы. Чаще всего они электрические. Но применяют также воздушные (ветряк нагнетает воздух в баллоны; выходя оттуда, его ровная струя вращает турбину с электрогенератором) и гидравлические (силой ветра вода поднимается на определённую высоту, а падая вниз, вращает турбину). Ставят даже электролизные аккумуляторы. Ветряк даёт электрический ток, разлагающий воду на водород и кислород. Их запасают в баллонах и по мере необходимости сжигают в топливном элементе (т.е. в химическом реакторе, где энергия горючего превращается в электричество) либо в газовой турбине, вновь получая ток, но уже без резких колебаний напряжения, связанных с капризами ветра.

Сейчас в мире работает более 30 тыс. ветроустановок разной мощности. Германия получает от ветра 10% своей электроэнергии, а всей Западной Европе ветер даёт 2500 МВт электроэнергии. По мере того, как ветряные электростанции окупаются, а их конструкции совершенствуются, цена «воздушного» электричества падает.

По генерируемой мощности ВЭС подразделяют на три класса: 1) до 5 кВт, их применяют в качестве автономных источников питания насосов, для отопления помещений и т. п.; 2) от 5 до 100 кВт, их размещают в районах с децентрализованной системой электроснабжения, и они предназначены для привода различных устройств, в том числе и электрогенераторов; 3) свыше 100 кВт, предназначены для параллельной работы с неветровыми электростанциями равной или большей мощности.

Хотя ВЭС принято считать экологически безопасными, это не так, их эксплуатация выявила ряд отрицательных факторов. Во-первых, при работе они генерируют инфразвук с частотой ниже 16 Гц, который вызывает у людей угнетённое состояние, чувство беспокойства и дискомфорта, оказывает негативное воздействие на наземных животных и птиц. Следовательно, терри-

тория, где размещены ВЭС, становится опасной в качестве среды обитания.

Во-вторых, в случае широкомасштабного применения ВЭС отчасти нарушается тепловой баланс в районах их размещения из-за изменения условий переноса тепла вдоль земной поверхности. В конечном итоге может произойти изменение розы ветров в расположенных рядом промышленных районах, что усилит загрязнение воздушного бассейна.

В третьих, вследствие отражения радиоволн УКВ- и СВЧ-диапазона от движущихся лопастей ВЭС нарушается нормальная работа навигационной аппаратуры авиалайнеров и ухудшается приём телевизионных передач.

Для устранения указанных недостатков было предложено два выхода: 1) прямое преобразование (без ветряка) энергии ветра

в электрическую и 2) вынос ВЭС в море, открытый океан.

Исследования показали, что скорости ветра увеличиваются по мере удаления от береговой линии. Так, на расстоянии 40 км от берегов скорость возрастает на 20–25%, что позволяет получить от неё в 2 раза больше энергии при тех же параметрах ВЭС. Кроме того, размещение ВЭС в морских акваториях позволяет обеспечить энергией добывающие платформы и использовать земельные участки для выращивания сельскохозяйственной продукции. В Швеции на расстоянии 250 м от берега строится ВЭС мощностью 200 кВт, которая будет передавать энергию по подводному кабелю. В этой стране разработан проект, предусматривающий установку 300 ветряков в течение 20 лет, что в перспективе должно обеспечить производство 2% электроэнергии от уровня современного потребления. Размеры ветроустановок поражают: на башнях высотой 90 м будут вращаться двухлопастные пропеллеры с размахом лопастей 80 м. В то же время экологичность проекта вызывает определённые сомнения: возможны помехи рыболовству, судоходству, отрицательные последствия на развитие гидробионтов.



**Ветряная мельница.**  
Такие мельницы работали в сёлах ещё в 20-х гг. XX в.





## Выводы

Указанные источники энергии имеют как положительные, так и отрицательные свойства.

К положительным относится повсеместная распространённость большинства их видов, экологическая чистота. Эксплуатационные затраты по использованию нетрадиционных источников не содержат топливной составляющей, так как энергия этих источников как бы бесплатна.

Отрицательные качества — это малая плотность потока (удельная мощность) и изменчивость во времени большинства НВИЭ. Первое обстоятельство заставляет создавать большие площади энергоустановок, «перехватывающие» поток используемой энергии (приёмные поверхности солнечных установок, площадь ветроколеса, протяжённые плотины приливных электростанций и т.п.). Это приводит к большой материалоемкости подобных устройств, а следовательно, к увеличению удельных капиталовложений по сравнению с традиционными энергоустановками. Правда, повышенные капиталовложения впоследствии окупаются за счёт низких эксплуатационных затрат, но на начальной стадии они чувствительно «бьют по карману» тех, кто хочет использовать НВИЭ.

Больше неприятностей доставляет изменчивость во времени таких источников энергии, как солнечное излучение, ветер, приливы, сток малых рек, тепло окружающей среды. Если, например, изменение энергии приливов строго циклично, то процесс поступления солнечной энергии, хотя в целом и закономерен, содержит, тем не менее, значительный элемент случайности, связанный с погодными условиями. Ещё более изменчива и непредсказуема энергия ветра.

Говоря о производстве электроэнергии, следует заметить, что она представляет собой весьма специфический вид продукции, который должен быть потреблён в тот же момент, что и произведён. Её нельзя отправить «на склад», как уголь, нефть или любой другой продукт, поскольку фундаментальная научно-техническая проблема аккумуляирования электроэнергии в больших количествах пока не решена, и нет оснований полагать, что она будет решена в обозримом будущем.

Для малых автономных ветровых и солнечных энергоустановок возможно и целесообразно применение электрохимических аккумуляторов, но при производстве электроэнергии за счёт этих нерегулируемых источников в промышленных масштабах возникают трудности, связанные с невозможностью постоянного сопряжения производства электроэнергии с её потреблением (с графиком нагрузки).

Что же касается «бесплатности» большинства видов НВИЭ, то этот фактор нивелируется значительными расходами на при-

обретение соответствующего оборудования. В результате возникает некоторый парадокс, состоящий в том, что бесплатную энергию способны использовать, главным образом, богатые страны. В то же время наиболее заинтересованы в эксплуатации НВИЭ развивающиеся государства, не имеющие современной энергетической инфраструктуры, то есть развитой сети централизованного энергоснабжения. Для них создание автономного энергообеспечения путём применения нетрадиционных источников могло бы стать решением проблемы, но в силу своей бедности они не имеют средств на закупку в достаточном количестве соответствующего оборудования. Богатые же страны энергетического голода не испытывают и проявляют интерес к альтернативной энергетике в основном по соображениям экологии, энергосбережения и диверсификации источников энергии.

По моему мнению, возобновляемые источники энергии создают минимум экологических проблем, выработка электроэнергии с их помощью должна рассматриваться в перспективе как главнейшая.

Проектное исследование

## «Основы солнечной энергетики»

### I. Преобразование световой энергии в электрическую

Модель: «Электромобиль».

#### Солнечная ЛЕГО-батарея

Технические характеристики

*Прямое освещение:*

$$U_{\text{вых}} = 3 \text{ В}$$

$$I_{\text{вых}} = 200 \text{ мА}$$

*Солнечное освещение через окно*

$$U_{\text{вых}} = 3 \text{ В}$$

$$I_{\text{вых}} = 100 \text{ мА}$$

*При освещении лампой 60 Вт; 25 см*

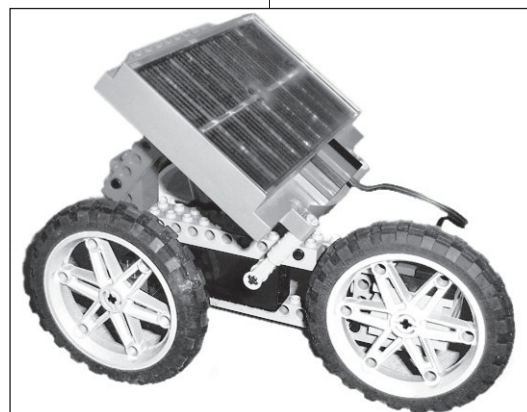
$$U = 2,5 \text{ В}; \quad I = 8 \text{ мА}.$$

*При освещении лампой 60 Вт; 8 см*

$$U = 2,5 \text{ В}; \quad I = 40 \text{ мА}.$$

**Мотор:**

$$U_{\text{max}} = 8 \text{ В (начинает вращаться при напряжении 1 В)}.$$



#### Это важно!!!

Подсчитано, что в погожий день сила потока солнечной энергии, которая падает на каждый м<sup>2</sup> поверхности Земли составляет око-



ло 800 ватт. Этого количества энергии достаточно, чтобы довести до кипения стакан воды, а количества энергии, попадающего на один гектар Земли ежедневно, достаточно, чтобы привести в движение электродвигатель мощностью 10 тыс. киловатт.

На широте Москвы за обычный средний день на площадь 10 квадратных метров падает около 30 кВт/ч энергии. Для сравнения: средняя квартира потребляет около 3 кВт/ч энергии в сутки.



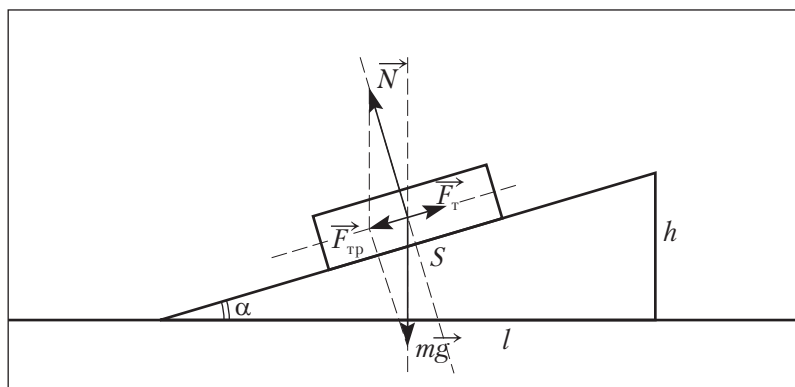
**Цель:** Оценить преимущества от использования солнечной батареи в модели автомобиля.

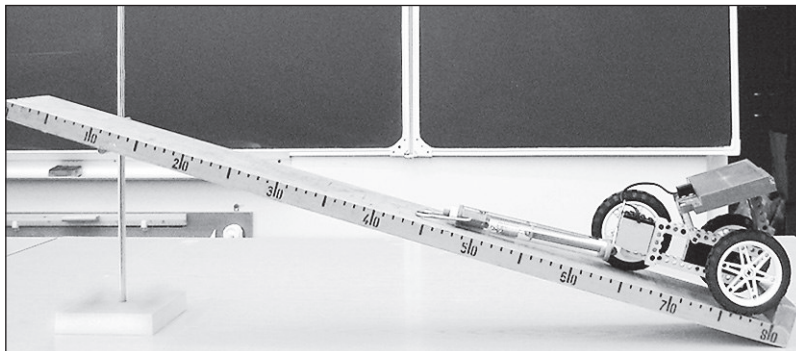
**Ход работы:**

1. Вначале измеряю усилие, необходимое для движения автомобиля по горизонтальной плоскости.
2. Сооружаю наклонную плоскость или горку для движения автомобиля вверх.
3. Устанавливаю модель автомобиля с солнечной батареей на эту плоскость. Включаю лампу, моделируя солнечную погоду.
4. Регулирую высоту подъема наклонной плоскости до тех пор, пока автомобиль не сможет продолжать движение вверх и остановится.

	Сила, необходимая для движения автомобиля, Н	Высота горки, см
Солнечная батарея и освещение (солнечно)	0,5	15
Солнечная батарея и без света (пасмурно)	0,2	5
Солнечная батарея отключена от модели	1	0

Сравниваем силу тяги, создаваемую солнечной батареей при разном уклоне горки.





$$F_{\text{тр}} = \mu N \quad (1)$$

$$\mu = \text{tg} \alpha = \frac{h}{l} \quad (2)$$

$$N_x = mg_x \quad N = mg \sin \alpha \quad (3)$$

$$\sin \alpha = \frac{h}{S} \quad (4)$$

$$F_{\text{тр}} = \frac{h}{l} \cdot mg \sin \alpha = \frac{h}{l} \cdot mg \frac{h}{S} \quad (5)$$

$$F_{\text{тр1}} = F_{\text{тр2}} \quad (6)$$

$$\frac{F_{\text{тр1}}}{F_{\text{тр2}}} = \frac{\mu_1 \cdot mg \frac{h_1}{S}}{\mu_2 \cdot mg \frac{h_2}{S}} = \frac{\mu_1 h_1}{\mu_2 h_2} \quad (7)$$

$$l = 80 \text{ см}; \quad h_1 = 15 \text{ см}, \quad \mu_1 = 0,18; \quad h_2 = 5 \text{ см}, \quad \mu_2 = 0,06$$

$$\frac{F_{\text{тр1}}}{F_{\text{тр2}}} = \frac{0,15 \cdot 0,18}{0,05 \cdot 0,06} = 3 \cdot 3 = 9$$

**Вывод:** сила тяги, развиваемая электромобилем в солнечный день, больше силы тяги, развиваемой электромобилем в пасмурный день в 9 раз.

### Вывод

«+» Энергия света легко и быстро преобразуется в электрическую. При эксплуатации солнечная батарея мобильна (ремонта или быстрая замена в случае неисправности). Возможность установки на реальный автомобиль.

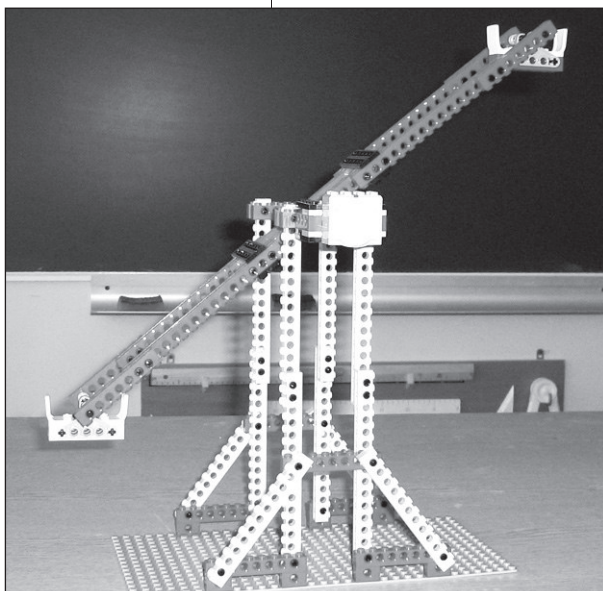
Нерасходуемую электроэнергию можно запастись на конденсаторе как источник энергии.

«-» При движении реального автомобиля меняется угол падения световых лучей, т.е. освещённость на по поверхность фотоэлемента, что может привести к скачкообразной подаче эл. энергии на двигатель (необходимость механизмов защиты), последствиями чего может стать выход из строя эл. двигателя и привести к возникновению аварийной ситуации на дороге.



## II. Запасаем энергию

Модель: «Колесо обозрения».



«ЛЕГО-конденсатор» состоит из конденсатора ёмкостью 1 Фарада (1Ф) и дополнительного электрического контура для использования вместе с мотором/генератором или солнечной батареей.

Предусмотрена защита конденсатора от бросков напряжения до 18 В.

$$U_{\max} \text{ зарядки} = 4 \text{ В.}$$

**Аккумуляция энергии.** В заряженном до 2,5В в конденсаторе запасается около 3,125 Дж энергии. Если часть её потратить на вращение мотора, который остановится при напряжении на клеммах 1 В, остаток энергии составит порядка 0,5 Дж.

Таким образом, на вращение потрачено:  $3,125 - 0,5 = 2,75$  Дж.



### Правила безопасной работы

- ☞ Избегаю попадания воды на конденсатор.
- ☞ Не допускаю замыкания клемм конденсатора.
- ☞ Не допускаю разрушения корпуса конденсатора.

**Цель:** сможет ли солнечная батарея выработать достаточно электроэнергии, чтобы полностью зарядить конденсатор.

### Последовательность работы

1. Подключаю солнечной батареи к конденсатору.
2. Включаю на одну минуту лампы, чтобы зарядился конденсатор. При полностью заряженном конденсаторе светится индикатор.
3. Соединяю конденсатор с колесом обозрения.
4. Подсчитываю количество полных оборотов колеса.

Число оборотов, сделанных при зарядке конденсатора в течение 60 с – 24.

Число оборотов, сделанных при зарядке конденсатора в течение 90 с – 48.



## Вывод

Чем больше время зарядки конденсатора, тем больше энергия эл. поля конденсатора, тем большую механическую работу совершает колесо.

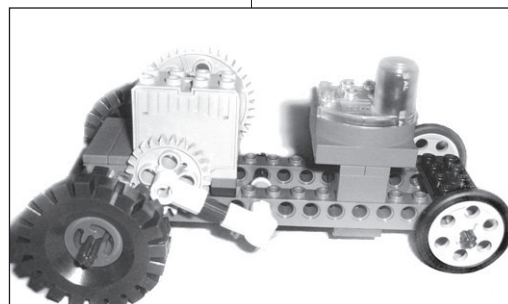
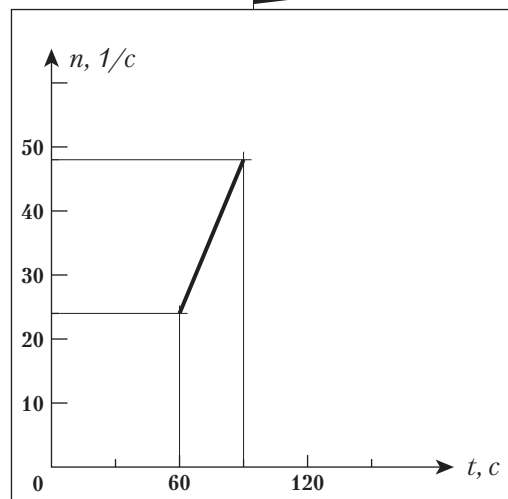
Возможна ситуация: владелец аттракциона хочет использовать солнечную энергию, поэтому вместе с солнечной батареей целесообразно использовать конденсатор для использования колеса обозрения в пасмурные дни, а также регулятор скорости вращения колеса.

## III. Запасаем. Передаём. Используем

**Цель:** зарядить от солнца LEGO-конденсатор и затем запасённую в нём электроэнергию использовать для движения автомобиля.

### Порядок работы

1. Использую модель автомобиля.
2. Соединяю батарею с конденсатором и заряжаю его в течение нескольких минут.
3. Размечаю испытательную дорожку и устанавливаю модель на линии старта.
4. Отсоединяю конденсатор от батареи и подсоединяю к автомобилю.
5. Запускаю модель по испытательной дорожке. Определяю скорость движения и расстояние, которое модель проедет.
6. Расстояние, пройденное моделью равно 250 см.
7. Скорость автомобиля равна 50 см/с (при полной освещённости поверхности солнечной батареи).



## Список литературы

1. Денисов В.В. Промышленная экология. Москва — Ростов-на-Дону: «МарТ», 2007.
2. Древо познания. Универсальный иллюстрированный справочник для всей семьи: Научно-познавательная коллекция «Маршалл Кавендиш», 2000.
3. Николайкина Н.Е. Промышленная экология. Инженерная защита биосферы. М.: Академкнига, 2006.
4. Проценко А.Н. Энергия будущего. М.: Молодая гвардия, 1980.
5. Энциклопедия для детей. Техника. М.: Аванта +, 1999.
6. Энциклопедия для детей. География. М.: Аванта +, 1999.
7. Юдасин Л.С. Энергетика: проблемы и надежды. М.: Просвещение, 1990.
8. LEGO educational division. //http://www.lego.com