

УДК 530 (07)
ББК 74.265.1

Ш. Г. Зиятдинов
г. Бирск, Россия

**О роли практикума по решению физических задач в
системе экологического образования учащихся**

В статье обоснована необходимость привлечения практикума по решению физических задач экологического содержания в процесс экологического образования учащихся. Анализируются задачи на оценку перспектив использования и развития основных видов альтернативных источников энергии в современном топливно-энергетическом комплексе.

Ключевые слова: экологическое образование, физические задачи экологического содержания, проблемы энергетики, альтернативные источники энергии.

Sh. G. Ziyatdinov
Birsk, Russia

**On the Role of Physics Problem Solving Sessions
in the System of Ecological Education**

The paper focuses on the necessity of ecological content physics problem solving sessions in the process of ecological education of students and analyzes the tasks on estimating the prospects of the use and development of the main types of alternative energy sources in modern energy production sector.

Keywords: ecological education, physics problems with ecological content, issues of energetics, alternative sources of energy

Сегодняшние школьники в достаточной степени информированы о проблемах взаимодействия природы и общества. Чаще всего эту информацию они получают из научно-методической литературы, СМИ. При этом количественные характеристики экологических ситуаций, оценки последствий воздействия человека на среду, как правило, остаются вне поля зрения. Восполнить этот пробел можно при условии широкого внедрения в учебный процесс количественной оценки результатов взаимодействия человека и природы, мер по оптимизации природопользования и по определению затрат на природоохранные мероприятия. Эффективными способами получения соответствующих количественных характеристик на уроках физики является поиск, составление и решение задач экологического содержания. Практикум по решению комплексных задач физико-экологического содержания относится к активным методам, способствующим усвоению знаний, формированию системного глобального и регионального экологического мышления учащихся – необходимого компонента экологического образования, и является обязательным элементом процесса обучения физи-

ке. Чтобы основные экологические проблемы физической природы и возможности их решения стали ясны учащимся, важно рассматривать конкретные вопросы, темы с физико-экологических позиций, составив физические задачи экологического содержания. Задачи экологического содержания – это такие задачи, содержание которых посвящено практическому применению политехнических знаний для изучения и решения экологических проблем, а так же предполагают воспитание экологической культуры у школьников, развитие интереса к физике и её интеграции с другими науками. Академик А. В. Усова [3, с. 171] отмечает, что «результатом интеграции наук является создание новых методов научного познания, характеризующихся комплексным применением знаний в области различных наук... Процесс интеграции наук требует особого метода мышления, называемого диалектическим, умения комплексно применять знания различных областей наук. Эту задачу призваны решать межпредметные связи в период школьного обучения». Мы считаем, что осмысление понятия «экологический фактор» и его количественных характеристик происходит именно при

непосредственном решении соответствующих задач. Поиск ответов на поставленные задачи и вопросы, их анализ стимулируют самостоятельность учащихся в познании своей «малой родины», формируют их экологическое критическое мышление. Кроме того, в ходе решения подобных задач школьники самостоятельно получают и осмысливают новую для них информацию. Важно здесь и то, что многие экологические проблемы физического содержания поддаются оценке. Здесь, на наш взгляд, следует обратить внимание на три обстоятельства.

Первое – это то, что после изучения обязательной учебной литературы по физике учащиеся к решению задач экологического содержания теоретически подготовлены: основные уравнения и формулы для решения задач им известны.

Второе – в типовых школьных задачниках, учебниках ярких задач, примеров, иллюстраций практически нет. Но в то же время найти в печати, научно-популярной литературе задачи на влияние физических факторов на экологическое состояние окружающей среды не вызывает особого труда. Остается только собрать фактический материал по теме, осмыслить и на этой основе составить задачи для решения.

Третье – учителю следует обратить особое внимание на подбор физических задач и на тщательность анализа результатов с выделением их экологической сути.

В качестве темы обсуждения выберем проблему энергетики.

Энергетика как основа всего прогресса человечества непосредственно является, как ни парадоксально, основой и многих экологических бед. Для понимания «что такое хорошо и что такое плохо» в энергетике необходимы критерии, учитывающие необходимость продолжения хозяйственной деятельности человека и, наряду с этим, минимизирующие наносимый окружающей среде ущерб. В связи с производством энергии кроме проблемы запасов топлива в последние годы ставится другой глобальный вопрос – экологические последствия производства энергии, которые занимают первое место по уровню загрязнения окружающей среды.

Как известно, основа современной энергетики – это ископаемые виды топлива: около 80 % потребляемой энергии получается за счет сжигания органического топлива. Сжигание органического топлива (особенно угля – самого «гряз-

ного» в экологическом отношении) сопровождается «парниковым эффектом» и связанными с ним повышением средней температуры Земли, повышением уровня мирового океана, заболачиванием низменных мест – житницы миллиардных населений многих стран, наступлением пустынь, «кислотными дождями», проблемой шлаков, золы и т. д.

Вопрос – на сколько хватит человечеству органического топлива?

Общие запасы органического топлива в мире оцениваются в 10^{13} т. у. т., при этом возможный коэффициент извлечения в лучшем случае составляет 50 % (т. у. т. – тонна условного топлива с удельной теплотой сгорания 7000 ккал/кг; 1 кал = 4,19 Дж). Известно, что человечество за год сжигает 10^{10} т. у. т. и, таким образом, в перспективе может рассчитывать на $0,5 \cdot 10^{13}$ т. у. т. ископаемого органического топлива. Отметим также, что в общем объеме органического топлива запасы угля составляет 70 %, остальное – нефть и газ. Вместе с тем топливно-энергетические комплексы (ТЭК) развитых стран в основном ориентированы на использование нефти и газа. Например, в структуре ТЭК США уголь составляет 24,5 %, нефть – 41,2 % и 23,4 % – газ, итого: 89,1 %. В ТЭК России уголь составляет 26,2 %, нефть – 31,2 %, газ – 36 %, итого: 93,4 %. Вывод: если человечество не изменит структуру современного ТЭК (сумеет ли сделать в ближайшие годы, что весьма проблематично), то сжигать нефти и газа мы можем еще лет 50, а угля – лет 250. Итог один – при сжигании органического топлива современная мощь человечества ограничена во времени. С физической точки зрения в основе экологических проблем современности лежит связь Энергетика – Экономика – Экология (связь «трех Э»). И перед человечеством встают во весь рост проблемы энергосбережения и поиска альтернативных источников энергии (АИЭ). Данная работа посвящена анализу второй проблемы.

Когда заходит речь об альтернативных традиционных источниках энергии, возникает необходимость учёта следующих моментов:

- каковы ресурсы, устойчивость и мощность данного вида источника энергии;
- себестоимость выработанной энергии и капитальные вложения на осуществление проекта использования АИЭ в сравнении с традиционными;

- каковы затраты для реализации технологии преобразования данной формы энергии в универсальный энергоноситель – электричество;
- «экологическая чистота» источника.

Конкретный анализ перспектив развития АИЭ выделяет две группы источников: возобновляемые источники энергии (ВИЭ) и ядерное топливо.

К возобновляемым энергоресурсам относятся:

- прямая солнечная энергия, которую можно использовать после её преобразования в тепловую или электрическую энергию;
- преобразованная солнечная энергия (энергия рек, ветра, биомассы);
- гравитационная энергия (приливные электростанции и с некоторой оговоркой – геотермальная энергия).

Главными требованиями к АИЭ и ВИЭ являются их **экологическая чистота**, значительная общая мощность и относительная дешевизна (**экономический фактор**). Следует отметить, что мнение специалистов и общее представление населения к вопросу о роли и перспективах развития энергетики довольно сильно расходятся. Например, по результатам опроса Всероссийского центра изучения общественного мнения (ВЦИОМ) от 11 июля 2011 на вопрос «Какой источник энергии, по мнению россиян, должен стать самым главным в будущем?» выясняется следующее: 5 % опрошенных россиян высказались в пользу угля, 8 % и в грядущем не видят замены нефти. Каждый десятый – за мирный атом. Далее по нарастающей природный газ (12 %) и энергия воды (16 %). Но большинство респондентов, порядка 36 %, считают, что источниками энергии в будущем будут, главным образом, солнечные батареи и ветряки. Было опрошено 1600 человек в 138 населенных пунктах в 46 областях, краях и республиках России. Статистическая погрешность не превышала 3,4 % [1].

Однако, по мнению специалистов, в этой области перспективы весьма туманны. В ближайшие десятилетия ВИЭ вряд ли заменят ТЭС. Трудности широкого использования ВИЭ связаны с малой концентрацией источника энергии и соответственно с отчуждением больших площадей земли (солнечная и ветряная энергии), с неравномерностью распределения (экономически выгодное и удобное местоположение преобразователя энергии), ненадежностью источника (суточная, годовая, климатическая зависимость),

большими затратами (материалоёмкость), малостью КПД преобразователей и т. д. Следует особо обратить внимание на то, что непонимание сути, механизмов преобразования, использования ВИЭ, особенно, когда речь идёт о больших мощностях, будоражит общественное мнение, порождая порою нелепые суждения. Отрицательную роль играет также представление о ВИЭ как об «идеально чистых» в экологическом плане источниках. Отсюда следует, что в последние годы население больше интересуется экологическая сторона традиционных видов энергетики в её сравнении с другими АИЭ. При разговоре об АИЭ, замене ими традиционных источников не может быть места эмоциям. Только напор различных общественных движений – «зеленых», «гринпис» и т. д. проблему обеспечения землян энергией не решит. Пока никто из жителей Земли не отказался от прелестей цивилизованной жизни, основанной на энергетике. НТП лишает человечество права на ошибки. Поэтому мы считаем, что формированием у населения научно обоснованных представлений о проблемах энергетики, о ее состоянии и перспективах развития, необходимо заниматься уже в общеобразовательной школе и, в первую очередь, в рамках курса физики.

Приведём ряд задач-оценок по двум основным типам АИЭ, на которые возлагают большие надежды респонденты, и, которые, на наш взгляд, следует решать и анализировать с учащимися на уроках физики с выделением их экологического содержания и перспектив развития.

1. Ветроэнергетика

Какое количество воды может нагреть от 0 до 50°C ветрогенератор, колесо которого имеет радиус 6 м за 1 час работы при скорости ветра 10 м/с? К. П. Д. установки 20 %.

Кинетическая энергия ветра $E_k = mv^2/2$ (1), где m – масса воздушного потока, а v – его скорость. Объем и масса воздушного потока при его плотности ρ за время t через площадь $S = \pi R^2$ соответственно равны $V = Sv t$ и $m = \rho V = \rho S v t$ (2). Полезная работа потока воздуха за время работы двигателя оценивается в лучшем случае как

$$A_{\text{пол}} = \eta A = \eta E_k = \eta mv^2/2 = \eta \rho \pi R^2 v^3 t / 2 \quad (3),$$

т. е. производимая ветряной турбиной мощность электроэнергии пропорциональна скорости ветра в третьей степени и квадрату радиуса колеса. С другой стороны, $A_{\text{пол}} = Q = c m_B \Delta t^0$ (4). Из (3) и (4) следует ответ: $m_B = \eta \rho \pi R^2 v^3 t / (2 c_B \Delta t^0) \approx 230 \text{ кг (!)}$. При решении предполагается, что ис-

пользуется 20 % от всей кинетической энергии потока воздуха в трубе с радиусом 6 м.

После решения задачи-оценки следует проанализировать возможности ветроэнергетики с использованием собранного фактического материала из научно-методической литературы, СМИ.

В настоящее время ветряные турбины работают в различных частях мира. Они используются для бытовой генерации электричества и подзарядки аккумуляторных батарей и являются ценным дополнением к крупномасштабным базисным электростанциям. Турбины эффективно работают при скорости ветра приблизительно 7–20 метров в секунду (или 25–70 км/час). На земном шаре не так много районов, имеющих такие параметры движения воздушных масс. Использование энергии ветра требует дополнительных дублирующих источников электроэнергии или систем аккумулирования энергии на случай более спокойной и безветренной погоды. Наиболее экономичными и практичными являются ветряные коммерческие модули мощностью более 1 МВт, которые могут группироваться в небольшие ветряные станции. Отметим, что совокупность ветроустановок на общую мощность 1000 МВт (*мощность типового агрегата ТЭС или одного ядерного блока АЭС*) занимает площадь 82 км². Это в 4–5 раз больше, чем при использовании фотоэлектрических сооружений, хотя последние также относятся к сооружениям, занимающим большие площади. Установка ветряков на больших площадях связана с тем, что «ветер должен набирать силу». Например, группа ветряков на общую мощность в 1 МВт с ветроколесами диаметром 100 м могут быть размещены на площади в 1 км² в количестве не более 2–3. Курская АЭС мощностью 4000 МВт вместе со своими вспомогательными службами и водоемом-охладителем занимает площадь около 30 км². Альтернативная той же мощности ветряная электростанция займет площадь 320 км².

В настоящее время наиболее оправданы небольшие ветряки для обеспечения дешёвой и экологически безопасной электроэнергией отдельных ферм, дачных участков. В таком случае, как считают специалисты, наиболее оптимальная мощность ветряка около 100–150 кВт. Например, в 2000 г. в Туймазинском районе республики Башкортостан были установлены в качестве эксперимента 4 ветроагрегата с мощностью по 150 кВт. В Дании – одной из ведущих стран мира в области ветроэнергетики действует уже около 2500 ветровых установок со средней мощностью одного ветряка 80 кВт. Дания получает 10 % своей электроэнергии от энергии ветра и, находясь в зависимости от импорта электроэнергии, намерена увеличивать эту долю.

Запасы энергии ветра более чем в сто раз превышают запасы гидроэнергии всех рек планеты. Однако в наши дни двигатели, использующие ветер, покрывают всего одну тысячную мировых потребностей в энергии. Почему же столь обильный, доступный и экологически чистый на первый взгляд источник энергии не находит широкого применения?

Одним из основных недостатков ветряных двигателей является шум, который производят лопасти пропеллера во время вращения. Если ветряк мощный, то шумовое загрязнение делает опасным длительное пребывание людей в зоне работы установки.

Самое слабое место ветровой энергетики – непостоянство воздушных потоков – временная (суточная, сезонная) неустойчивость, что относит ветроэнергетику в разряд низкокачественных источников.

Следующие недостатки ветряков – это довольно высокая себестоимость выработанной ими электроэнергии (табл. 1) и большое отчуждение земельных площадей под комплекс ветряной электростанции из сети ветряных генераторов.

Таблица 1

Сравнительная себестоимость 1 кВт.ч вырабатываемой энергии

Источник энергии	Себестоимость в \$/кВт.ч
Теплоэнергетика	0,03–0,04
Гидроэнергетика	до 0,02
Ветроэнергетика	0,08–0,10
Солнечная энергетика	0,20–0,30
Примечание: себестоимость ветровой и солнечной электроэнергии указана без стоимости аккумулирующих устройств и преобразователей в переменный ток	

Но выводы специалистов о возможной роли ветряной энергетики в будущем довольно оптимистичны. Мировой рынок ветровой энергетики развивается быстрее, чем любой другой вид возобновляемой энергетики. С 1995 г. установленная мощность ветровых электростанций в мире увеличилась более чем в 12 раз: с 4 800 МВт до 59 000 МВт или 59 ГВт (на конец 2005 г.). По прогнозам к концу 2010 г. общая установленная мощность ветровой энергетики в мире должна была достигнуть 150 ГВт, к 2020 г. – 1 073 ГВт и к 2030 г. – около 2 110 ГВт. К концу сценария, в 2050 г. общая установленная мощность ветровой энергетики должна превысить 3 010 ГВт. Ежегодный объем ввода новых мощностей к этому периоду будет составлять 150 ГВт. Доля ветровой энергетики в мировом производстве электроэнергии по прогнозам увеличится в среднем с 2 % в 2010 году до 20 % в 2050 г. При этом себестоимость выработанной ветряками электроэнергии может уменьшиться с 3–3,8 евроцентов/кВт·час для ветропарков с сильными и постоянными ветрами и 4–6 евроцентов/кВт·час для ветропарков со скоростями ветра ниже средних значений в 2010 г. до значений 2,8–3,5 и 4,2–5,6 евроцентов за 1 кВт/час соответственно к 2050 г. [4].

В ряде стран и регионов доля электроэнергии, генерируемой ветровыми станциями, уже составляет реальную конкуренцию традиционной энергетике: в Дании за счет энергии ветра производится 20 % электроэнергии, в Испании этот показатель достиг 8 %. Ветроэнергетика как сектор энергетики присутствует в более чем 50 странах мира. Страны с наибольшей установленной мощностью – Германия (18 428 МВт), Испания (10 027 МВт), США (9 149 МВт), Индия (4 430 МВт) и Дания (3 122 МВт). Ряд других стран, включая Италию, Великобританию, Нидерланды, Китай, Японию и Португалию, перешли отметку в 1 000 МВт [4].

2. Солнечная энергетика

Какой площади фотоэлементов необходимо изготовить для замены действующего типового агрегата ТЭС или реактора АЭС мощностью 1000 МВт? Оцените объем материалов для монтажа такой солнечной электростанции.

Вне атмосферы Земли солнечная постоянная (суммарная энергия солнечного излучения, падающего перпендикулярно на 1 м² поверхности за 1 с) составляет 1370 Вт/м². Однако, из-за поглощения в атмосфере даже при наилучших ат-

мосферных условиях (южные широты, чистое небо) плотность потока солнечного излучения на уровне мирового океана составляет не более 250 Вт/м². На средних широтах солнечная постоянная составляет величину около 160 Вт/м². В целом, среднее количество солнечной энергии, поглощаемой 1 м² поверхности Земли, колеблется от 7,2 МДж/м² на севере до 21,4 МДж/м² в пустынях и тропиках. В общем, потенциальные возможности энергетики, основанной на использовании непосредственно солнечного излучения, чрезвычайно велики. К сожалению, вряд ли когда-нибудь эти огромные потенциальные ресурсы удастся реализовать в больших масштабах. Это связано со многими причинами.

Одним из наиболее серьезных препятствий такой реализации является низкая интенсивность солнечного излучения и прерывистость поступления на поверхность Земли. Поэтому, чтобы коллекторы солнечного излучения «собирали и накопили» за год энергию, необходимую для удовлетворения годовой потребности человечества (около 10¹⁰ тонн условного топлива, т. е. 2,9·10²⁰ Дж/год) нужно разместить их на территории более 100 тыс. кв. км! СЭС на 1000 МВт займет площадь около 50 км². (при интенсивности солнечного излучения 200 Вт/м² и КПД коллектора 10 %). Естественно, для размещения СЭС лучше всего подходят засушливые и пустынные зоны. На поверхность самых больших пустынь мира общей площадью 20 млн. км² (площадь Сахары 7 млн. км²) за год поступает около 5·10¹⁶ кВт/ч солнечной энергии (или 1,8·10²³ Дж). Заметим, что при КПД преобразователей солнечной энергии в электрическую равной 10 % достаточно использовать всего 1,5 % территории пустынных зон для размещения СЭС, чтобы обеспечить современный мировой уровень энергопотребления.

Необходимость использовать коллекторы огромных размеров относит солнечную энергетику к наиболее материалоемким видам производства энергии. Материалоемкость для СЭС составляет 100–150 кг/м². Крупномасштабное использование солнечной энергии влечёт за собой гигантское увеличение потребности в материалах, а, следовательно, и в трудовых ресурсах для добычи сырья, его обогащения, получения материалов, изготовления коллекторов, другой аппаратуры, их перевозки. Электрическая энергия, рождённая солнечными лучами, обходится

намного дороже, чем получаемая традиционными способами (Табл. 1). Оценки дают, что для построения СЭС с целью замены типового агрегата ТЭС мощностью 1000 МВт потребуются 150 тыс. т металла, 210 тыс. т стекла, более 300 тыс. т бетона. Согласно расчётам для изготовления 1 км² коллекторов солнечного излучения требуется только алюминия примерно 10⁴ т. Доказанные же на сегодня мировые запасы этого металла оцениваются в 1,17·10⁹ т [2].

Одним из главных факторов, ограничивающих развитие солнечной энергетики, являются ресурсы площадей. Предположим, что в будущем все мировые потребности в энергии будут удовлетворяться за счёт солнечной энергии. В этом случае потребуется «собирать» солнечную энергию на площади от одного до 3 млн. км². Известно, что общая площадь пригодных для пахоты земельных ресурсов мира (пашни, луга и пастбища) оценивается экспертами в различных источниках от 25 до 32 млн. км² (т. е. от 18 до 24 % от общей поверхности суши) (в том числе пашни составляют третью часть всех сельхозугодий) [5].

Зависимость эффективности СЭС от погоды и времени суток, от низкой плотности потока солнечной энергии относит гелиоэнергетику в разряд низкокачественных источников. Подобно ветряной энергии, гелиоэнергетика требует дополнительных дублирующих источников электроэнергии или систем аккумуляции энергии для использования в ночное и другое время суток. Высокая стоимость конструкций, необходимость периодической очистки, отражающей поверхности от пыли, также работают не в пользу солнечной энергетики.

Хотя при производстве фотоэлементов уровень загрязнений не превышает допустимого уровня для предприятий микроэлектронной промышленности, но большие объёмы их производства ставит экологический аспект развития солнечной энергетики. Несмотря на экологическую чистоту получаемой энергии, производство фотоэлементов является «экологически грязной» технологией и сами фотоэлементы содержат ядовитые вещества. Массовое применение их поставит в ближайшее же время вопрос их утилизации, который тоже не имеет пока приемлемого с экологической точки зрения решения. Солнечные концентраторы вызывают большие

по площади затенения земель, что приводит к сильным изменениям почвенных условий, растительности и т. д. Нежелательное экологическое действие в районе расположения станции вызывает нагрев воздуха при прохождении через него солнечного излучения, сконцентрированного зеркальными отражателями. Это приводит к изменению теплового баланса, влажности, направления ветров; в некоторых случаях возможны перегрев и возгорание систем, использующих концентраторы, со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Мнение специалистов в отношении солнечной энергетики также довольно оптимистично. Учёные надеются, что эксперименты, которые они проведут на опытных установках и станциях, помогут решить не только технические, но и экономические проблемы. Например, если КПД лучших солнечных батарей в настоящее время составляет 10–20 %, то в лабораторных условиях уже получены фотоэлементы с КПД до 30 %.

Наиболее успешно солнечная энергетика развивается в Японии и Израиле, в которых за счёт неё почти полностью покрывают потребность в тепле для отопления жилья и подогрева воды для бытовых нужд.

При биологических способах выращивают организмы, которые фиксируют солнечную энергию при фотосинтезе (древесину, зерно, отходы сельскохозяйственного производства, лесной и пищевой промышленности, высушенные водоросли), которые перерабатывают в спирт или биогаз, затем используют для получения энергии.

В 1985 г. все установленные мощности СЭС мира составляли 21 МВт. На начало 2010 года общая мировая мощность солнечной термальной энергетики (концентраторных СЭС) уже достигла 1 ГВт (мощность типовой ТЭС или 1 реактора АЭС), а к 2025 г. превысит 50 ГВт. Стенерированная на основе солнечного излучения энергия сможет к 2050 г. обеспечить 20–25 % потребностей человечества в электричестве. В 2001 г. стоимость электроэнергии, полученной в солнечных коллекторах, составляла \$0,09–\$0,12 за кВт·ч. По прогнозам Департамента Энергетики США стоимость электроэнергии, производимой солнечными концентраторами, снизится до \$0,04–\$0,05 к 2015–2020 гг. [6–7].

Список литературы

1. Пресс-выпуск ВЦИОМ №1796. URL: <http://wciom.ru/index.php?id=268&uid=111739> (дата обращения 01.06.2011).
2. Ревелль П., Ревелль Ч. Среда нашего обитания. Кн. 4. Энергетические проблемы человечества. М.: Мир, 1995. 291 с.
3. Усова А. В. Проблемы теории и практики обучения в современной школе: избранное. Челябинск: Изд-во ЧГПУ, 2000. 221 с.
4. URL: <http://www.greenpeace.org/russia/Global/russia/report/2006/12/768786.pdf> (дата обращения 01.06.2011).
5. URL: <http://www.land-in.ru> (дата обращения 01.06.2011).
6. URL: [http://ru.wikipedia.org/wiki/«Солнечная энергетика»](http://ru.wikipedia.org/wiki/«Солнечная_энергетика») (дата обращения 01.06.2011).
7. URL: <http://www.cleandex.ru/articles/2008/06/24/solarenergy2> (дата обращения 01.06.2011).

Рукопись поступила в редакцию 14.06.2011 г.