

# Биотопливо и фотоэлектричество — российские перспективы

**Сергей Варфоломеев,**  
член-корреспондент РАН, директор ИБХФ РАН, зав. кафедрой МГУ

**Олег Шевалеевский,**  
д. ф. – м. н., зав. лабораторией солнечных фотопреобразователей ИБХФ РАН

В мире активизируется переход на новые полномасштабные альтернативные источники энергии. Россия не может оставаться в стороне

**В**озобновляемая энергия — энергия, запасы которой восполняются естественным путем за счет потока солнечного излучения, поступающего на поверхность Земли. Возобновляемая энергия во все времена развития человеческой цивилизации удовлетворяла основные потребности человека (тепло, пища, топливо). Только в XIX–XX веках в этот естественный процесс стали вносить заметный вклад дополнительные источники «законсервированной» в течение прошлых миллионов лет солнечной энергии в виде запасов ископаемого углеводородного сырья: угля, нефти и газа. В последние десятилетия к ним также присоединилась ядерная энергия, освоение которой началось во второй половине прошлого века.

Мировая история эксплуатации ископаемого топлива в глобальном историческом масштабе столь же коротка, сколь и драматична. Уже во второй половине XX века стали очевидны ограничения традиционной углеводородной энергетики: мир обратил пристальное внимание на альтернативные энергетические источники. Основные причины обусловлены надвигающимся исчерпанием ископаемых ресурсов и значительным экологическим ущербом от тради-

ционной энергетики. Одним из первых на это указал Нобелевский лауреат академик Николай Семенов (1974 год).

## Возобновляемых больше

В последние десятилетия значительное развитие получили новые технологические значимые направления использования солнечной энергии. Это получение электроэнергии путем прямой трансформации энергии света в электричество (фотовольтаические преобразователи, солнечные панели), конверсия ветровой энергии, получение электроэнергии в концентрированных потоках света через тепловые машины, получение биотоплив (биогаз, биоэтанол, биодизель).

Уже сегодня использование возобновляемой энергии осуществляется в промышленных масштабах, и она становится реальным конкурентом традиционной энергетике. Так, в Европе объемы мощностей по производству возобновляемой электроэнергии (ветер, солнечные панели, гидроэлектростанции, биомасса, концентрированное солнце), введенные в эксплуатацию в 2009 году, в 1,35 раза превысили мощности на традиционных энергоносителях (газ, нефть, уголь, ядерная энергия)



Николай Семенов, советский физико-химик, один из основоположников химической физики. Академик АН СССР, единственный советский лауреат Нобелевской премии по химии

(см. рис. 1). Современные реалии таковы, что можно с уверенностью утверждать — наступил переломный момент, когда суммарный ввод новых мощностей, основанных на использовании возобновляемых источников энергии, превысил суммарный ввод мощностей,

связанных с традиционной энергетикой, основанной на ископаемом топливе.

### Фотоэлектричество

Наиболее энергоемкие ресурсные возможности связаны с применением солнечных панелей, в которых солнечное излучение напрямую конвертируется в электроэнергию. Динамика роста ежегодного мирового производства солнечных панелей в энергетических единицах представлена на рис. 2. Если предположить, что имеющиеся тенденции освоения фотоэлектричества в ближайшие десятилетия сохранятся, то уже через 15–20 лет фотовольтаика может стать основным мировым источником получения электроэнергии.

На рис. 3 в логарифмическом масштабе приведена динамика роста мировых мощностей производства электроэнергии с экстраполяцией на ближайшие десятилетия (прямая А). Для сравнения, на том же рисунке приведена динамика роста мировых мощностей по производству фотоэлектричества (В) и проведена экстраполяция их роста с учетом различных сценариев. Видно, что производственные мощности на основе фотоэлектрических преобразователей в ближайшие десятилетия могут обеспечить мировые потребности в электроэнергии.

### Топливо

Схожая с электроэнергетикой ситуация наблюдается и в глобальных тенденциях топливного производства. Как известно, в мире большая часть нефти идет на получение жидкого топлива для автомобилей. Потребности в этом виде энергоносителей постоянно растут в связи с «автомобилизацией» Китая, Индии и стран Южной Америки. Продолжают экспоненциально развиваться технологии производства автомобильного топлива из биоресурсов. Источники сырья становятся все более разнообразными (некондиционное зерно, отходы сельскохозяйственного производства, лигноцеллюлозные материалы, микроскопическое водоросли и др.).

Биотоплива представляют собой энергоемкие соединения, используемые как топлива, но получаемые из возобновляемого сырья химическими и биотехнологическими методами. Это широкий круг веществ, включающий водород, метан, этанол, биодизель, бутанол, биокетали, бионефть (продукты пиролиза биомассы) и др. На рис. 4 приведена динамика мирового производства нефти (кривая А) и биотоплив (кривая В). Общее, суммарное производство биоэтанола и биодизеля в течение ближайших 15–25 лет может сравняться с объемом мирового производства нефти.

Рис 1. Мощности по производству электричества, введенные и выведенные из эксплуатации в 2009 году в Европе, по видам источника энергии

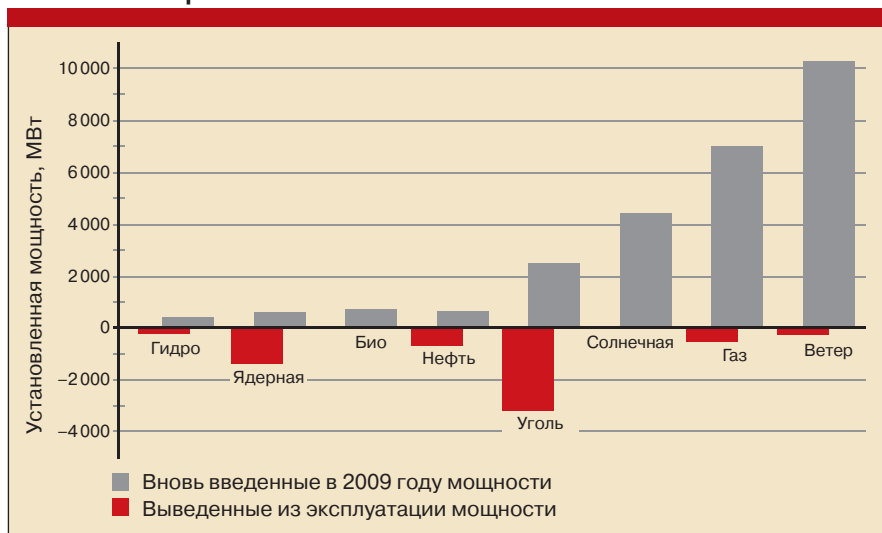
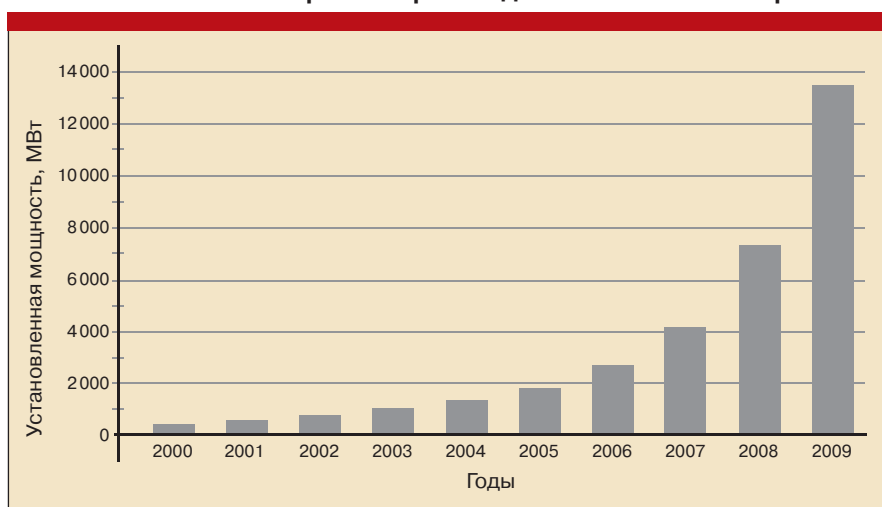
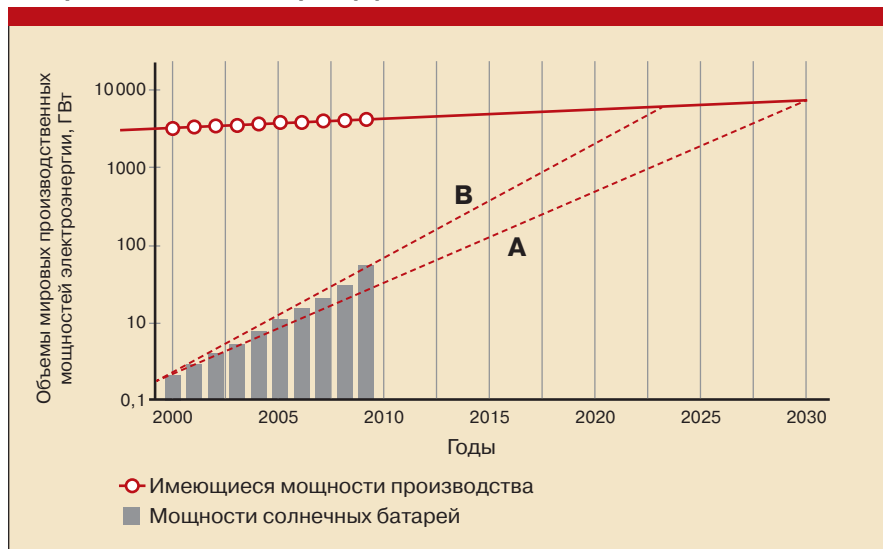


Рис. 2. Рост объемов мирового производства солнечных батарей



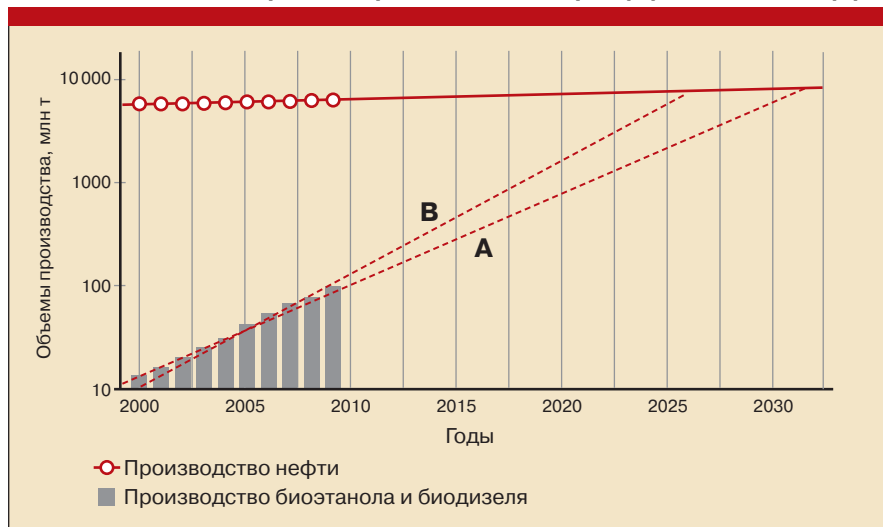
Апрель 2009 года. В Германии, на центральных улицах Франкфурта, была построена солнечная заправочная станция для электромобилей и скутеров. Строительство станции обошлось в 65 тыс. евро

**Рис. 3. Динамика роста мировых производственных мощностей электричества (А) и рост производственных мощностей имеющихся в мире солнечных батарей (В)**



Пунктирами показаны экстраполяции двух возможных сценариев будущего роста глобальных мощностей солнечных батарей

**Рис. 4. Динамика мирового производства нефти (А) и биотоплив (В)**



Пунктирами показаны экстраполяции двух возможных сценариев роста производства биотоплив

**Рис. 5. Распределение суммарной годовой солнечной инсоляции по регионам России**



Россия, безусловно, должна учитывать данные мировые тенденции в стратегических планах своего развития. Бурный, экспоненциальный рост освоения возобновляемых источников энергии не может не повлиять на изменение ценовой политики. Следует постоянно помнить, что и объемы ископаемых топлив ограничены. Кроме того, добыча углеводородного сырья становится все дороже. Тенденции таковы, что мировые потребности в ископаемом сырье стабилизируются и пойдут на убыль. И все это произойдет не в отдаленном будущем, а в течение ближайших 10–15 лет.

### И мы там были

В настоящее время исследования по возобновляемой энергетике в России сосредоточены, в основном, в институтах РАН и МГУ им. М. В. Ломоносова. Стратегия этих работ была заложена в 70-е годы прошлого века Нобелевским лауреатом по химии академиком Николаем Семеновым. В 1978 году в структуре Академии наук СССР им был создан Научный совет по изысканию новых путей использования солнечной энергии. Уже в то время были понятны основы современных технологий использования возобновляемой энергии. В структуре совета работала секция по фотоэлектричеству, руководимая в то время членом-корреспондентом АН СССР, а ныне академиком и Нобелевским лауреатом по физике, Жоресом Алферовым. Работали секции по биотопливу, ветровой энергии, по исследованию возможностей преобразования солнечной энергии тепловыми машинами.

В те годы в СССР были разработаны солнечные фотоэлектрические преобразователи, обеспечивающие энергией орбитальные космические станции, была создана промышленность по получению биоэтанола трансформацией лигноцеллюлозного сырья, сконструированы производственные установки по получению биогаза из отходов сельскохозяйственно-го производства.

К сожалению, этот потенциал в значительной мере утерян. В стране сохранились лишь единичные лаборатории, работающие в области возобновляемой энергии. В силу потери и распада прикладных институтов практически отсутствуют отечественные инженерные разработки в данной области. При этом в мире в последнее время объемы инвестирования в научные разработки и развитие мощностей, связанных с возобновляемыми источниками энергии, составляют ежегодно около 100 млрд долларов.

### Солнечно-сырьевая база РФ

Россия обладает достаточными ресурсами по производству фотоэлектричества и биотоплив. На рис. 5 представлена

карта страны с идентификацией зон с различной усредненной плотностью потока солнечной энергии. Южные регионы страны достаточно обеспечены солнцем. Даже ряд северных областей (район Якутска) не уступают югу по потенциалу солнечной энергии.

Россия имеет уникальные возможности и для производства биотоплив. Только одни отходы современного сельского хозяйства способны по энергосодержанию обеспечить многократное увеличение производства автомобильного топлива. РФ ежегодно производит около 100 млн т зерна, при этом образуется 120–200 млн т отходов в виде растительной биомассы. По энергоемкости этот источник биомассы соответствует 55–95 млн т бензина. Общий объем ежегодно производимых в стране сельскохозяйственных отходов и отходов лесной промышленности оценивается в 300–350 млн т. Для сравнения, в России ежегодно потребляется 30–33 млн т бензина. Известно, что при высоком уровне развития технологий переработки и цене нефти более 60 долларов за баррель производство биотоплив становится экономически выгодным. Возобновляемая энергия — ключ к освоению гигантских территорий Сибири и Дальнего Востока. По такому пути идет Китай, испытывающий дефицит углеводородов и ориентирующий свои северо-западные области на использование возобновляемых источников энергии.

Аналогичная ситуация и с производством фотоэлектричества. Так, годовое количество солнечной энергии, получаемое с квадратного метра солнечной батареи в средней полосе европейской части России, достигает 1200 кВт·ч, в то время как в южных районах Европы (Турция, Испания) — 1600 кВт·ч. При использовании в средних широтах России более эффективных или менее дорогих солнечных модулей разница в 30 % между этими величинами не будет являться критичной.



Июнь 2010 года. На ЧАЭС идут работы по строительству фундаментов надстройки нового безопасного контайнмента — защитного сооружения вокруг 4-го блока. Подрядчиком является СП «Новарка» (Франция). Бетонный «саркофаг», построенный в 1986 году, начал разрушаться. По официальным данным, внутри «саркофага» находится 95 % от того количества радиоактивных веществ, которое было на момент аварии

## Прогресс рядом

Вопрос широкомасштабного использования солнечной фотовольтаики связан в первую очередь со стоимостью одного Ватта выходной мощности солнечного модуля, которая составляет в настоящее время около 4 долларов. Наиболее распространены сегодня солнечные панели на основе моно- или поликристаллического кремния, на долю которых приходится около 80 % мирового рынка. При этом интенсивно внедряются новые инновационные технологии производства различных типов тонкопленочных солнечных элементов, требующих в сотни раз меньше полупроводникового материала. Это в скором времени приведет к снижению удельной стоимости солнечных модуля до 1 долл./Вт. Ожидается, что уже через 10 лет стоимость

такой электроэнергии составит около 0,1 долл./кВт·ч мощности. Это сопоставимо с сегодняшней средней рыночной стоимостью электричества.

Возобновляемая энергия имеет ряд неоспоримых преимуществ, а именно:

- практически бесконечный ресурсный объем и доступность в любом регионе мира;
- экологическая чистота, принципиальное решение вопросов, связанных с глобальным перегревом планеты и выбросом парниковых газов;
- независимость от нефте- и газодобывающих стран;
- распределенный характер энергетических устройств, отсутствие необходимости использовать системы с экстремально высокими плотностями энергии;
- отсутствие материалоемких и уязвимых систем транспорта энергии (линии энергопередач, трубопроводы и др.).

Последние два фактора имеют принципиальное значение для безопасности любого государства. Достаточно вспомнить катастрофу Чернобыле, события на Саяно-Шушенской гидроэлектростанции, процесс полной энергетической блокировки Сербии путем графитового короткого замыкания высоковольтных линий электропередач.

Преимущества делают возобновляемую энергию единственно необходимой и безальтернативной, при этом реальный переход на новые полномасштабные источники энергии происходит в мире уже сегодня. Россия неизбежно присоединится к этому процессу — если не сегодня, то через 10, 15 лет. Может быть, раньше — лучше, чем позже? ■



Декабрь 2009 года. В Якутии местные жители в качестве альтернативного источника энергии используют, в основном, дрова