

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ М.В. ЛОМОНОСОВА
ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

РАЦИОНАЛЬНОЕ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ: ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА, ОБРАЗОВАНИЕ

Под общей редакцией доктора экономических наук,
профессора М.В. Слипенчука

МОСКВА, 2012

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ УДАЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ: ПРОБЛЕМАТИКА И НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ

С.В. КИСЕЛОВА, Н.В. ТЕТЕРИНА

Россия, являясь крупнейшей энергетической державой, не только обеспечивает ископаемым топливом собственные регионы, но и экспортирует значительную долю добываемых энергоресурсов за рубеж [10]. Однако на территории нашей страны существуют значительные ниши для внедрения технологий возобновляемой энергетики. Основными являются удаленные и/или изолированные от централизованного сетевого электроснабжения территории, которые в настоящее время осуществляют энергогенерацию за счет привозного топлива. В России в настоящее время на 70% территории с населением около 20 млн человек энергоснабжение потребителей осуществляется преимущественно с помощью автономных энергоустановок, работающих на дорогом привозном жидком топливе или с использованием местных ресурсов (уголь, древесное топливо, торф и др.). Кроме того, при постоянном и достаточно быстром росте внутренних цен и тарифов на энергетические ресурсы многие потребители, в том числе расположенные в зоне централизованного энергоснабжения, зачастую предпочитают использовать собственные источники электро- и теплоснабжения, что ведет к нерациональному использованию органического топлива и к ухудшению экологической обстановки [5].

Ряд регионов России являются энергодефицитными, что также определяет возможность создания там систем энергогенерации — в том числе сетевых станций — на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ). При этом наиболее перспективным является размещение таких генерирующих станций на конце тупиковых линий электропередач.

Наконец, в системе хозяйствования многих регионов России существуют объективно автономизированные объекты — удаленные населенные пункты, пастбищные и иные хозяйства в структуре сельскохозяйственного природопользования, кордоны особо охраняемых территорий, станции сотовой связи и др., которые также являются потенциальными потребителями энергии на основе ВИЭ.

При выборе подходов к решению задачи энергоснабжения указанных типов потребителей (в том числе в пользу возобновляемой энергетики) необходимо учитывать широкий комплекс факторов, и этот выбор является достаточно сложной оптимизационной задачей. Эта сложность определяется в первую очередь существенным непостоянством и малой плотностью энергетических потоков от ВИЭ, а также все еще сохраняющейся большой стоимостью оборудования возобновляемой энергетики для российского потребителя, которое в настоящее время, например, в части ветровой энергетики, в основном поставляется из-за рубежа.

Концепция первичной оценки приемлемости местных возобновляемых энергоресурсов включает следующие этапы:

1. *Анализ ресурсов ВИЭ.* Использование местных возобновляемых энергоресурсов может быть оптимальным решением только в одном случае — при правильной оценке их потенциала. Эта задача, несмотря на длительную историю (как в России, так и за рубежом) практического мониторинга, теоретических оценок, математического моделирования, остается достаточно сложной, особенно для оценки ресурсов ветровой энергии, малых водных потоков, геотермальных полей [2, 4, 6, 11]. Основой для проектирования и расчетов реальных установок солнечной энергетики — с учетом абсолютной недостаточности наземных актинометрических наблюдений — для территории России могут служить данные специализированной БД NASA SSE, адекватность которой для территории России была показана в ряде работ [3, 6]. Проблема недостаточности данных для оценок и проектирования ветровых энергетических установок и станций определяется как малой плотностью метеорологических станций, так и существенно большей временной и пространственной изменчивостью ветра, что доказывает «неориентированность» стандартных метеонаблюдений на нужды ветроэнергетики. Одно-, двухгодичный ветромониторинг, который в настоящее время стал обязательным этапом осуществления проектов в области ветровой энергетики, обеспечивая достаточно подробную картину ветрового режима в избранной точке, не обеспечивает, однако, статистически обоснованных данных.

Одним из подходов к решению этого противоречия может быть создание иерархии данных по полноте и адекватности получаемых оценок ветроэнергетического потенциала территории, который предложен в магистерской работе М.В. Гридасова «Геоинформационное обеспечение развития ветровой энергетики (на примере Юга России)», выполненной на кафедре рационального природопользования в 2011 г.

2. *Оценка энергопотребностей.* Этот этап включает аккумулирование данных и анализ, позволяющий определить типы и количественные характеристики потребителей энергии (нагрузку). При этом именно в связи с временным непостоянством ресурсов ВИЭ важной является суточная и сезонная динамика нагрузки. При сопоставлении динамики нагрузки с распределением поступления энергии от ВИЭ становятся в первом приближении ясными как перспективность выбранного источника энергии в целом, так и состав установки (например, количество фотоэлектрореобразователей, ветроагрегатов, их мощность, тип и емкость аккумуляторов, необходимость гибридизации установки, т.е. включение в ее состав дизель-генератора и т.д.). Источниками данных о нагрузке автономных потребителей, использующих дизель-электростанции (ДЭС), могут стать почасовые замеры нагрузки в летний и зимний режимные дни. Режимные дни для большинства ДЭС РФ представляют собой единственный источник информации, дающий представление о характере потребления электроэнергии.

3. *Оценка технических возможностей удовлетворения энергопотребностей за счет ресурсов ВИЭ.* Этот этап анализа возможностей рационального использования возобновляемых энергоресурсов смыкается в большой степени с технической задачей проектирования станций или установок на ВИЭ [8, 9]. Различные варианты оптимизации энергобаланса рассмотрены на примере островного поселения Соловецкий [9]. Постановка задачи была обусловлена как изолированностью территории, так и необходимостью объективного анализа проектов сооружения на Большом Соловецком острове ветроэнергоустановок (ВЭУ) мегаваттной мощности. Основой энергоснабжения острова в настоящее время является ДЭС, топливо для которой завозится морским путем с материка. На этапе оценки технических возможностей различных установок на ВИЭ для удовлетворения энергопотребностей островного поселения (нагрузки) были проведены расчеты возможной выработки энергии на основе технических характеристик оборудования, а также данных БД NASA SSE и многолетних наблюдений метеорологических станций (поселка Соловецкий и близлежащих к нему). В результате были получены данные о суточных и сезонных выработках двух типов установок: фотоэлектрических модулей единичной мощностью 360 кВт и ветроустановки мощностью 100 кВт. Уже на этом этапе оценок стало ясно, что фотоэлектрические модули могут быть использованы только при энергообеспечении потребителей по графику летнего режимного

дня. Предлагаемые проекты энергообеспечения островного поселения за счет энергии ветра совершенно недостаточно учитывали природный потенциал территории: выработка энергии единичной ВЭУ настолько мала, что не позволяет обеспечить отключение дизель-генераторной установки даже на один час.

4. *Экономический анализ.* Следующий этап оценок и также достаточно сложная задача, которая предполагает расчет себестоимости энергии от ВИЭ, с одной стороны, и при использовании традиционной энергогенерации на привозном топливе (для удаленных/изолированных территорий), с другой. Важно также учитывать затраты на строительство станции на ВИЭ в сравнении с введением генерации на ископаемом топливе. Проведенные некоторые экономические оценки такого рода показали, что капитальные затраты для каждого предложенного варианта энергоснабжения оценивались простым суммированием стоимости компонентов, при оценке многолетних затрат на топливо инфляционная составляющая не учитывалась ввиду отсутствия надежных прогнозных данных. Были предложены несколько вариантов создания генерирующих мощностей: комбинации нескольких дизель-генераторов (ДГУ) и аккумуляторных батарей (АКБ) и ВЭУ, то же — с фотоэлектрореобразователями. Анализ полученных результатов — как по выработке электроэнергии, так и по стоимости — показал, что солнце и ветер не вносят существенного вклада в выработку энергии — их выработка существенно меньше потребления.

Тем не менее в некоторых сочетаниях с ДГУ различной мощности они способны незначительно улучшить технико-экономические показатели работы электростанции (затраты привозного топлива). Использование в системе аккумуляторов могло бы улучшить ситуацию за счет накопления сгенерированной ВИЭ энергии и «выброса» ее в пиковые моменты. Это направление дальнейшей оптимизации состава установок представляется перспективным и требует дальнейшего анализа. Однако уже на этом этапе расчетов анализ климатических данных показал неперспективность строительства ВЭУ большой мощности на Большом Соловецком острове и необходимость адекватного учета ветроэнергетического потенциала, особенностей величины и годового распределения нагрузки для обоснования различных схем включения в локальную сеть малых ВЭУ.

Безусловно, при экономических оценках (в качестве «бонуса» ВИЭ) нужно учитывать и экономический эквивалент экологических преимуществ использования возобновляемых энергоресурсов, однако методика оценки вклада в стоимость энергии нейтрализации последствий выбросов пока не является совершенной. Поэтому в качестве альтернативы может быть предложен корректный учет фактора роста цен на органическое топливо за счет инфляционных процессов, что увеличит конкурентоспособность всех способов оптимизации генерации и снизит сроки окупаемости дополнительного оборудования, в том числе и использующего ВИЭ. Этот анализ может быть выделен отдельно в этап социально-экологического анализа оптимизации энергообеспечения территорий. В этой части необходимо рассматривать такие аспекты развития территорий, как создание новых рабочих мест (временных — при строительстве объекта на ВИЭ и постоянных — при его эксплуатации), овладение новыми компетенциями, создание новых образовательных программ в вузах регионов и т.д. Примером значимости этих факторов для развития территорий может служить строительство Мутновской и Верхне-Мутновской ГеоЭС на Камчатке в начале 2000-х годов в условиях жесточайшего экономического и энергетического кризиса в регионе.

В заключение следует рассмотреть также некоторые вопросы оценки ресурсов биоэнергетики. Эти ресурсы имеют природно-антропогенный характер, поскольку в качестве таковых в настоящее время принято рассматривать в основном отходы жизнедеятельности (твердые бытовые отходы (ТБО) и осадки сточных вод (ОСВ)) и органические отходы некоторых отраслей промышленности (пищевая, лесоперерабатывающая, деревообрабатывающая, целлюлозно-бумажная) и сельского хозяйства. В силу антропогенности ресурсы биоэнергетики более «устойчивы» в пространстве и времени. Однако и в этом случае требуется анализ представительных рядов статистических данных. Предложенная нами методика оценки ресурсов биоэнергетики регионов России на основе статистических материалов 2010–2011 гг. [1, 7] показала, что для анализа возможности использования органических отходов в энергоснабжении отдельных объектов, населенных пунктов, территорий необходимо учитывать ресурсы в трех ипостасях:

- валовой — принципиально существующий;
- технический — часть валового потенциала, преобразование которого в полезную энергию возможно при существующем уровне развития технических средств и при соблюдении требований по охране природной среды;
- экономический — часть технического потенциала, преобразование которого в полезную используемую энергию экономически целесообразно при данном уровне цен на ископаемое топливо, тепловую и электрическую энергию, оборудование, материалы, транспортные услуги, оплату труда и т.д.

Эти градации являются принципиальными для адекватного анализа и проектирования. Так, расчет технического потенциала ТБО проводился с учетом различных норм образования отходов для населения городов и сельских жителей. Экономический потенциал рассчитывался по количеству ТБО для городского населения, так как в ближайшие годы, по-видимому, только ТБО городов могут быть переработаны. В техническом и экономическом потенциалах ОСВ учитывается только городское население, так как предполагается, что в ближайшие годы только осадки городов могут быть использованы для получения энергии.

Результаты анализа определяются также существующими технологиями энергетической переработки биомассы и применимостью этих технологий в каждом конкретном случае. В связи с этим комплексного анализа требует, например, возможность переработки остатков обширных горельников в пеллеты или синтез-газ путем пиролиза биомассы.

Как уже отмечалось, это направление исследований, проводимое лабораторией возобновляемых источников энергии совместно с кафедрой рационального природопользования географического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, привлекает студентов, магистрантов и аспирантов, обеспечивая продвижение идей использования альтернативных источников энергии для оптимизации ресурсопотребления и устойчивого развития.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры России» на 2009–2013 гг. ГК № 14.740.11.0096 и проекта РФФИ № 12-08-01076.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андреев Т.И., Киселева С.В., Рафикова Ю.Ю., Шакунов В.П. К оценке энергетического потенциала органических отходов регионов России // *Альтернативная энергетика и экология*. 2012. № 10.
2. Игнатьев С.Г., Киселева С.В. Развитие методов оценки ветроэнергетического потенциала и расчета годовой производительности ветроустановок // *Альтернативная энергетика и экология*. 2010. № 10 (90). С. 10–35.
3. Киселева С.В. Дистанционные методы оценки ресурсов возобновляемых источников энергии // *Возобновляемые источники энергии: Лекции ведущих специалистов*. Вып.5. М.: Изд-во ЧеРо, 2008. С. 158–169.
4. Николаев В.Г., Ганага С.В., Кудряшов Ю.И. Национальный кадастр ветроэнергетических ресурсов России и методические основы их определения. М.: Атмограф, 2008.
5. Попель О.С. Возобновляемые источники энергии в Российской Федерации // *АВОК*. 2010. № 4. С. 4–9.
6. Попель О.С., Фрид С.Е., Коломиец Ю.Г., Киселева С.В., Терехова Е.Н. Атлас ресурсов солнечной энергии на территории России. ОИВТ РАН, 2010.
7. Справочник по ресурсам возобновляемых источников энергии России и местным видам топлива (показатели по территориям) / Под ред. П.П. Безруких. М.: ИАЦ «Энергия», 2007.
8. Тарасенко А.Б., Киселева С.В., Попель О.С., Титов В.Ф. О выборе оптимального состава гибридной энергетической установки для изолированного поселка // *Альтернативная энергетика и экология*. 2012. № 2. С. 177–182.
9. Тарасенко А.Б., Тетерина Н.В., Киселева С.В. О возможности оптимизации энергетического баланса островного поселения (на примере пос. Соловецкий Архангельской области) // *Альтернативная энергетика и экология*. 2012. № 5. С. 187–196.
10. Фортов В.К., Попель О.С. Энергетика в современном мире. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2011.
11. Manwell J.F., McGowan J.G., Rogers A.L. Wind energy explained: theory, design and application. Second Ed. John Wiley & Sons Ltd., 2009. P. 23–90.