

О.В.Свидерская, кандидат технических наук (БАТУ);

В.Ф.Свидерский, кандидат технических наук (Белэнергосетьпроект)

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов в последнее время стали важнейшими факторами, определяющими перспективы развития народного хозяйства и его отдельных отраслей.

Для формулировки проблемной ситуации, связанной с защитой окружающей среды от воздействий электросетевых объектов и воздушных линий (ВЛ) электропередачи и подстанций (ПС) разных напряжений, выделяются три взаимосвязанных аспекта последствий их воздействия на окружающую среду:

экологический - воздействие на окружающую природную среду и на протекание естественных природных процессов в ее компонентах: воздействие на растительный и животный мир - нарушение почвенно-растительного комплекса и рельефа местности; разрушение ценных сельскохозяйственных земель; последствия вырубki леса - снижение водоохраных и водорегулирующих, противозерозионных, климаторегулирующих, почво- и полезащитных функций леса; изменение среды обитания животных и птиц и их генофонда; ограничение и пересечение путей миграции животных и птиц; нарушение связи веками складывающихся биологических сообществ (биогеоценозов) и экологического равновесия в микрорайонах, пересекаемых ВЛ; вредное влияние электрического поля ВЛ сверх- и ультравысокого напряжения на биологическую среду;

социальный - влияние на условия жизни, отдыха и реабилитации человека - дискомфорт, обусловленный безопасностью, акустическим шумом, воздействием на телевидение, радио, связь и различные измерительные приборы; ухудшение эстетического восприятия ландшафта; воздействие на природные, исторические, археологические и культурные памятники; снижение санитарно-гигиенических, кислородообразующих и рекреационных функций окружающей среды;

экономический - воздействие на общественное производство и его конечные результаты: ухудшение экологической обстановки, снижение объемов производства сельскохозяйственной продукции в связи с отводом земель под опоры ВЛ; ограничение хозяйственной деятельности в зоне отчуждения ВЛ - ухудшение условий работы сельскохозяйственных машин и механизмов из-за механических препятствий, ограничение применения авиации и машинного орошения; порча посевов и верхних плодородных слоев земли при строительстве и ремонте ВЛ; ухудшение использования земель, прилегающих к опорам; потрапы при устройстве подъездных путей к ВЛ; снижение объемов производства лесной продукции и продуктов побочного пользования лесом. Воздействия подстанций на окружающую среду связаны с отводом земельных площадей, вырубкой лесных насаждений, утечкой трансформаторного масла, а также имеют визуальный и акустический характер. При проектировании не всегда учитываются внешний вид самих ПС, а также коридоров ВЛ в их окрестностях.

Последствия размещения ВЛ и ПС: рост ограничений в ведении хозяйственной деятельности в охранной зоне ВЛ; изменение характера земле- и лесопользования; снижение производственного потенциала лесного и сельского хозяйства; развитие эрозии и дефляции; образование оползней; снижение средозащитных, рекреационных и эстетических функций леса; сокращение поголовья диких животных и птиц; нарушение целостности и красоты природных ландшафтов. Это отражается на животном и растительном мире и, в конечном счете, на жизни общества.

В настоящее время при проектировании ВЛ электропередачи и ПС экологические аспекты учитываются в той мере, в какой это необходимо для обеспечения их сохранности, нормальных условий эксплуатации и предотвращения несчастных случаев. Полный же учет ущерба, как правило, не производится. Таким образом окружающей среде наносится значительный ущерб, который не учитывается при известных методах оптимального проектирования, при сравнении вариантов развития электрических сетей и выборе природоохранных мероприятий. Полные проектные затраты для таких электросетевых объектов неизменно значительно ниже, чем фактические затраты. В результате снижается роль и достоверность технико-экономических расчетов при их планировании и проектировании.

Избежать воздействия ВЛ и ПС на окружающую среду в полной мере принципиально невозможно. Поэтому особо актуально умение определять характер и масштабы этих воздействий, их продолжительность и интенсивность, предсказывать их на перспективу, оценивать количественные показатели воздействий, выявлять негативные последствия и принимать меры по сведению их к минимуму.

Наилучшим экологическим решением проблемы размещения электрических сетей и охраны окружающей среды является замена ВЛ электропередачи подземными кабельными линиями (КЛ). Однако такое решение требует обычно больших затрат. Стоимость строительства подземных КЛ 110 кВ и выше в 10 и более раз превышает стоимость ВЛ таких же напряжений. Поэтому в настоящее время прокладка подземных КЛ электропередачи в обычных условиях не может считаться экономически оправданной. С учетом изложенного в обозримой перспективе прокладка КЛ 110 кВ и выше будет ограничиваться небольшими участками в городских районах и на промышленных предприятиях, где применение ВЛ или невозможно, или вызывает особые затруднения. Кроме того, стоимость прокладки ВЛ в городских условиях с учетом стоимости земли и инженерного обеспечения (транспортное обеспечение и обеспечение инженерными коммуникациями) отчуждаемой территории становится соизмеримой со стоимостью КЛ такого же напряжения или даже превышает ее.

Качественное решение проблемы охраны и формирования окружающей среды при развитии электрических сетей возможно на основе комплексного (системного) подхода путем проведения экологических, социальных и экономических исследований. В результате соединения итогов всех трех направлений исследований можно получить показатели эколого-экономико-социальных оценок, которые позволят характеризовать свойства исследуемой системы и отражать интересы других отраслей народного хозяйства и общества. Такие оценки дадут возможность определять, с одной стороны, экологический, социальный и экономический ущерб, наносимый народному хозяйству электросетевыми объектами, а с другой — дополнительные затраты на его предотвращение (или снижение), компенсацию или искусственное восстановление ресурсов. Именно эти факторы должны фигурировать в хозяйственных отношениях при переходе народного хозяйства к рыночной экономике.

По существу учет экологических условий функционирования электрических сетей (наряду с техническими и экономическими условиями) означает переход от экономического обоснования принятия решений к эколого-экономическому. Это означает, что эффективность функционирования электросетевых объектов следует оценивать не только с позиций данной отрасли, но и всего народного хозяйства, а природу и экономику следует рассматривать как единую систему с помощью эколого-экономического моделирования. Эколого-экономический критерий выражает минимизацию приведенных затрат, в состав которых кроме капитальных и текущих затрат входят также и затраты природного (экологического) потенциала.

Сформулированный критерий эффективности принимаемых решений, например, по ВЛ электропередачи с учетом природопользования и охраны окружающей среды можно представить в виде формулы приведенных затрат, дополнив ее затратами экологического потенциала

$$Z = Z_{л} + Z_{п} , \quad (1)$$

- где Z - суммарные приведенные эколого-экономические затраты в ВЛ электропередачи;
- $Z_{л}$ - приведенные затраты непосредственно в ВЛ электропередачи;
- $Z_{п}$ - приведенные затраты природного (экологического) потенциала, представляющего собой количество и качество природных ресурсов, связанных с сооружением ВЛ.

Интегральная оценка последствий каждого вида воздействий ВЛ на окружающую среду примет вид

$$Z = Z_{л} + Z_{п \text{ экол}} + Z_{п \text{ соц}} + Z_{п \text{ экон}} , \quad (2)$$

где $Z_{п \text{ экол}}$, $Z_{п \text{ соц}}$, $Z_{п \text{ экон}}$ - приведенные затраты экологического потенциала, связанные с воздействием ВЛ соответственно на экологические, социальные и экономические системы.

Дополненный критерий минимизации приведенных затрат отражает важное положение о взаимосвязи труда и природы как необходимых элементах производства материальных благ. Он зиждется на

исчислении комплексной эффективности затрат: живого труда; овеществленного труда; природы (будущего труда). Исходя из данного критерия из двух проектов может быть выбран тот, у которого алгебраическая сумма приведенных затрат, учитывающих экономическую и экологическую составляющие, — меньше.

Значительная часть ВЛ проходит по лесу. Анализ комплексной оценки леса показал, что вследствие органической связи в природе воздействие ВЛ на окружающую среду не ограничивается одной компонентой, а может проявляться в нескольких видах (рис. 1). Так, вырубка лесных насаждений оказывает отрицательное влияние на растительный и животный мир, климат и экономику района, средооградительные, эстетические и рекреационные условия жизни общества.

При проектировании линий электропередачи учитывается стоимость только одной компоненты окружающей среды — блоком I4 (см. рис. 1). Все остальные полезности леса — экологические, социальные и недревесные экономические — как правило, при проектировании не учитываются. Между тем, по данным ученых-лесоведов польза только от социальных функций леса может превышать доход, получаемый от древесины [5], а экономический ущерб, причиняемый государству вырубкой водоохраных лесов, значительно превышает стоимость древесины [2]. Поэтому экономическая оценка экологических и социальных функций леса становится такой же необходимой частью интегральной эколого-экономико-социальной оценки, как и оценка древесно-сырьевых функций. Общий коэффициент, учитывающий стоимостную оценку потерь полезных функций леса относительно потерь от снижения прироста древесины, установлен равным 5,39 [1]. При этом учитывается атмосфероочищающая, почвозащитная, кислородобразующая, климаторегулирующая и другие функции леса. Разумеется, этот коэффициент должен уточняться по мере накопления знаний о количественных и стоимостных характеристиках всех функций леса в каждом регионе страны.

Учет всех факторов, на которые воздействуют электросетевые объекты, является исключительно важной и в то же время весьма сложной и многогранной проблемой. Сложность объясняется тем обстоятельством, что электросетевые объекты оказывают воздействия как на экономические, так и на экологические и социальные

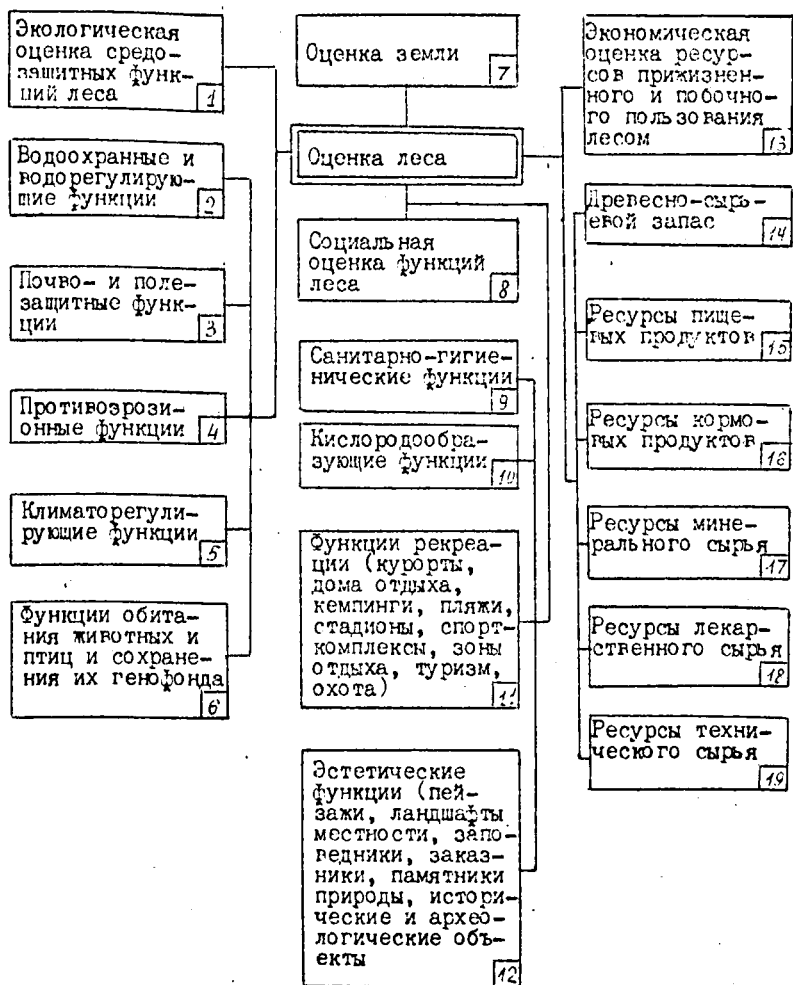


Рис. 1. Классификационная схема комплексной оценки леса, выражающая народнохозяйственный эффект многоцелевого его использования

факторы окружающей среды, количественное описание которых разработано недостаточно. Экономическая оценка таких воздействий естественно затруднена, а в некоторых случаях даже невозможна. Весьма сложно получение количественных оценок социальных ущербов, особенно эстетических, психологических, нравственных, престижных. Например, весьма труднооценимы экономические последствия снижения эстетической ценности природных объектов, генетические последствия воздействия электрического поля на живые организмы и неудовлетворенность населения качеством окружающей среды.

На данном этапе для оценки экологического и социального воздействия электросетевых объектов можно выделить следующие подходы: включение дополнительных критериев в функционал расчета приведенных затрат; использование теории нечетких свидетельств; многоцелевой, позволяющий определять эффективность совокупности поставленных целей; использование натуральных или абсолютных показателей; применение искусственной шкалы.

Для реализации большинства этих подходов требуется количественная оценка экологических и социальных ущербов, вызванных воздействием электросетевых объектов на компоненты окружающей среды. Для ряда наиболее существенных экологических и отдельных социальных последствий, связанных со строительством хозяйственных объектов, экономической наукой в 1970-1980-х годах разработаны стоимостные оценки [3-5, 7].

Для определения экологического и социального воздействия на окружающую среду, не поддающихся денежной оценке на данном этапе, авторами разработана искусственная шкала. В качестве единицы измерения для оценки воздействия ВЛ принимаются так называемые эквивалентные километры. Перевод реальных километров в эквивалентные производится по шкале, приведенной в табл. I. Шкала разработана на основании проектных и литературных источников для усредненных условий Республики Беларусь. Участки линий, проходящие по более ценным и живописным местам, ценятся выше, чем участки линий, проходящие по местам с менее ценным ландшафтом. С помощью такой шкалы можно определить ценностные установки, включающие в себя два аспекта: экологическое и эстетическое воздействие, вызванное сооружением и эксплуатацией ВЛ электропередачи.

Таблица I

Протяженность ВЛ, км		Условия прохождения трассы ВЛ
реальных	эквивалентных	
I	I	По ненаселенной сельской местности, не оказывает заметного влияния на животный и растительный мир и жизнь населения. Она не видна с автостреды (расстояние до трассы более 6 км)
I	2	По живописным местам вдоль автостред (параллельный пробег вдоль автостреды более 2 км и на расстоянии менее 6 км от нее)
I	3-4	Через лесные массивы со строевым лесом, ценными породами, искусственными насаждениями, местами обитания диких животных и птиц
I	5-6	Через места, признанные особо живописными
I	3	По территории города с застройкой: а) до 3-х этажей; б) 4 этажа и выше
I	4-8	
I	9-10	Через заказную, заповедную, парковую и лесопарковую зоны
I	11-12	Вблизи историко-архитектурных, природных, культурных и других памятников, охраняемых государством, по местам массового отдыха людей
I	15 и более	Через уникальные природные комплексы, затрагивает редкие биологические виды или экосистемы, реликтовые растения, места обитания редких или уникальных видов диких животных и птиц, находящихся под угрозой исчезновения

Более полный учет экологических факторов при проектировании электрических сетей существенно (на 10–20 % и более) повышает их стоимость и стоимость передачи электроэнергии. Эти повышения могут окупиться благодаря уменьшению размера неучтенного ущерба народному хозяйству и обществу, наносимого электросетевыми объектами при их сооружении и эксплуатации. Учет дополнительных затрат при рассмотрении нескольких вариантов трасс, типа ВЛ и ее параметров, а также вариантов площадок и типа ПС позволяет оценить стоимость следующих мероприятий: выбора более протяженной трассы для удаления ВЛ от магистральных железных и шоссейных дорог, обхода густонаселенных пунктов, особо живописных мест, заповедников и заказников, мест массового отдыха людей, природных и культурных памятников, высокопродуктивных и орошаемых земель, лесных массивов с ценными породами леса и местами обитания редких животных и птиц и т.д.; посадки на отдельных участках вдоль трассы ВЛ и вокруг территории подстанции деревьев, маскирующих их конструкции; применения лучших эстетических форм опор и других элементов ВЛ; группировки ВЛ разных напряжений в специально создаваемые коридоры, что значительно уменьшает зрительный эффект; применения на отдельных участках ВЛ двух- и многоцепных опор; разработки и применения повышенных опор, позволяющих производить подвеску проводов над лесным массивом (без вырубки просек); внедрения сверх- и ультравысоких напряжений для транспорта больших количеств электроэнергии и обеспечения наиболее эффективного использования земли, занятой под полосы отчуждения; разработки и применения новых типов ВЛ электропередачи, позволяющих значительно повысить пропускную способность; демонтажа линий низших напряжений и сооружения на их трассах новых ВЛ высшего напряжения.

Особого внимания заслуживает система электроснабжения крупных городов с большими концентрированными нагрузками. Для их покрытия требуется передача больших потоков мощности в центры городских районов. Отсутствие свободных земельных участков и их высокая стоимость в густонаселенных районах городов, а также несоответствие внешнего вида традиционных открытых подстанций и воздушных линий электропередачи современным архитектурно-эстетическим и экологическим требованиям (дисгармония с

окружающей застройкой города, нарушение ландшафта, наличие вблизи подстанций большого числа воздушных линий разных напряжений и конструкций, шум от трансформаторов и реакторов, теле- и радиопомехи и т.д.) вынуждает искать новые пути в построении системы электроснабжения города.

Оптимальным решением задачи является передача больших потоков мощности при повышенном напряжении (2,0-330 кВ) непосредственно к центрам потребления с применением подземных токопроводящих систем повышенной пропускной способности и закрытых подстанций с малогабаритным оборудованием. Рассматриваются варианты схем с использованием маслонаполненных кабелей, кабелей с пластмассовой изоляцией и газоизолированных линий в сочетании с закрытыми подстанциями с комплектными распределительными устройствами с элегазовым оборудованием (КРУЭ) и элегазовыми токопроводами (ЭТ).

Комплектные распределительные устройства с элегазовой изоляцией по сравнению с традиционными распределительными устройствами обладают рядом существенных преимуществ: небольшие габариты, позволяющие значительно сократить площади распределительных устройств (до 80-90 %); высокая эксплуатационная надежность и большой межремонтный период (до 10-12 лет); большой срок службы (по предварительным оценкам до 30-40 лет); значительное сокращение материалоемкости, объема и стоимости строительно-монтажных работ; сокращение продолжительности строительства подстанции на 40-80 % в связи с возможностью изготовления и поставки оборудования крупными блоками; возможность выполнения КРУЭ по модульному принципу, позволяющему собирать любую схему электрических соединений; повышенная надежность КРУЭ позволяет упростить схему подстанции, что особо важно для городских подстанций; соответствие современным эстетическим и экологическим требованиям.

Среди большого числа критериев, по которым сравниваются подстанции с традиционным и элегазовым оборудованием, для условий густонаселенных районов городов помимо стоимости, надежности и эксплуатационных особенностей, определяющими являются занимаемая площадь, архитектурно-эстетические соображения и влияние на окружающую среду.

Предварительные технико-экономические показатели глубокого ввода 330 кВ с закрытой подстанцией 330/110/10 кВ с элегазовым оборудованием, питаемой кабельными маслонаполненными линиями 330 кВ показали преимущества такой системы электроснабжения города перед традиционной [6].

Стоимостная оценка комплекса потенциальных земельных и лесных ресурсов и полезностей позволит выявить фактический экономический ущерб, наносимый народному хозяйству электросетевыми объектами, повысить ответственность и стимулировать мероприятия по рациональному использованию естественных богатств в условиях свободной рыночной экономики. Дешевая линия электропередачи или подстанция обходятся государству слишком дорого.

Л и т е р а т у р а

1. Балацкий О.Ф., Мельник Л.Г., Яковлев А.Ф. Экономика и качество окружающей природной среды. - Л.: Гидрометеиздат, 1984.
2. Бедный О.П. Основные направления совершенствования методов определения экологической эффективности при планировании природоохранных затрат. Экономические оценки в системе охраны природной среды СССР. - Л.: Гидрометеиздат, 1988.
3. Ильев Л.И., Гордиенко Р.Н. Экономическое значение лесов зеленой зоны. - Лесной журнал, 1973, № 3.
4. Овсиенко Ю.В., Соболев И.И. Проблема оптимизации использования лесных ресурсов с учетом их экологического значения. - Экономика и мат.методы. 1983. Т. XIX. Вып. 5.
5. Паулюкявичус Г.Б. Опыт количественной оценки экологических функций лесов Литвы. - Лесоведение, 1977, № 1.
6. Пospelов Г.Е., Федин В.Т., Свидерская О.В., Свидерский В.Ф. Технико-экономическое обоснование применения элегазового оборудования в системах электроснабжения городов. - Энергетическое строительство, 1985, № 8.
7. Туркевич И.В., Позывайло Ю.Н. Основные положения методики экономической оценки лесов. Экономическая оценка лесных земель. - Каунас: Литовск. НИИ лесн. хоз-ва, 1974.