

УДК 537.525

**ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ****САФИЕВ Э.С., РАГИМЛИ И.Н., РЗАЕВА С.В.***Азербайджанская Государственная Нефтяная Академия*

В статье анализируются проблемы экологии в электроэнергетике, влияние электрического и магнитного полей на организм человека. Показано, что с увеличением напряженности электрического поля необходимо усилить экологическую безопасность окружающей среды.

Электроэнергетика играет важнейшую роль в развитии материальной базы современного общества. Научно-технический процесс напрямую связан с развитием энергетики и электрификации. С каждым годом растет потребление электрической энергии в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте и в быту. Жизнь современного человека невозможно представить без электричества. Энергия, необходимая для работы, является существенным требованием для удовлетворения потребностей человека, повышения уровня жизни и увеличения ее продолжительности.

Год за годом растет выработка электроэнергии в Азербайджане. Быстрыми темпами идет строительство различных электростанций, в том числе модульных, работающих на природном газе. Расположение модульных электростанций в различных регионах и их близкое расположение к своим потребителям является не только экономически, но и экологически выгодным, т.к. в этом случае высоковольтные линии электропередачи (ЛЭП) соединяющие электростанции с подстанциями и потребителями занимает меньше территории. Отрадно, что в перспективе в Азербайджане будут построены экологически чистые ветряные и солнечные электростанции.

Производства, передача и потребление электрической энергии должны соблюдать нормы экологической безопасности. Существуют различные способы производства электрической энергии. В настоящее время 80% вырабатываемой в мире энергии производится на тепловых электростанциях (ТЭС) различных типов. В результате сгорания органического топлива, при производстве электроэнергии на ТЭС, образуются газообразные и твердые продукты, которые выходя с дымовыми газами, могут загрязнять атмосферу. В таблице 1 приводятся примерные данные, характеризующие содержание твердых частиц в дымовых газах тепловых электростанций.

Таблица 1. Количество твердых частиц в дымовых газах ТЭС мощностью 1ГВт (1 млн. кВт)

Показатели	Топливо, используемое на ТЭС		
	уголь	мазут	Природный газ
Масса топлива, сжигаемого в топках ТЭС в год	2,3 млн.т	1,6 млн.т	1,9 млрд.м <sup>3</sup>
Масса твердых частиц, образующихся при сгорании топлива, т/год	4500	730	460

Из таблицы 1 видно, что природный газ является наиболее приемлемым в экологическом отношении топливом для выработки электроэнергии на тепловых электростанциях.

Для очистки дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу, от содержания в них твердых частиц на тепловых электростанциях используются специальные аппараты - золоуловители (механические и электрические). Наибольшее распространение на крупных ТЭС получили электрические золоуловители, у которых степень улавливания больше чем у механических и достигает 99,5%. Для очистки дымовых газов от газообразных продуктов сгорания, загрязняющих воздушный бассейн, используются химические методы. Наиболее весомый вклад в парниковый эффект, при производстве электроэнергии на ТЭС вносит эмиссия диоксида углерода, зависящая от вида используемого сырья.

Передача выработанной электроэнергии к потребителям осуществляется в основном высоковольтными линиями электропередачи, причем с повышением напряжения линии увеличивается дальность передачи электроэнергии и мощность линии (таблица 2).

Таблица 2. Основные параметры высоковольтных ЛЭП.

Напряжение, кВ	Мощность линии, МВт	Дальность передачи, км	Заряд линии, Кл/м
6	2-6	3-8	-
10	3-10	4-15	-
35	10-30	10-50	-
110	35-50	20-120	-
220	100-200	160-200	$0,8 \cdot 10^{-6}$
330	300-400	200-300	$(1,9-2,1) \cdot 10^{-6}$
500	до 1000	600-1200	$(3,5-3,6) \cdot 10^{-6}$
750	1800-2500	800-1500	$(5,3-6,2) \cdot 10^{-6}$
1150	4000-6000	2000	$(9,0-10,0) \cdot 10^{-6}$

Передача электрической энергии промышленной частоты сопровождается изучением электромагнитного поля, составляющие которых электрическое и магнитное поля, являются квазистатическими, т.е. могут рассматриваться отдельно и в каждый момент времени могут быть рассчитаны по законам электро- и магнитостатистики.

Сверхвысоковольтные воздушные линии электропередачи в полной мере можно отнести к экологически опасным, т.е. способным в той или иной мере влиять на здоровье людей. Экологическое воздействие ЛЭП на человека можно подразделить на акустический и полевой факторы.

Акустический шум возникает от коронирующих проводов ЛЭП и характерны для стримерной формы короны. Если для одиночного провода интенсивность шума можно пренебречь, то при переходе на расщепленные провода с большим числом составляющих интенсивность шума  $g$  увеличивается в равноудаленной от провода точке и возрастает по правилу:

$$g = g_0 + 10 \ln n, \text{ дБ} \quad (1)$$

где  $g_0$ - интенсивность шума для одиночного провода,  $n$  – количество проводов.

Применение расщепленных проводов на фазах ЛЭП связано с экономическими факторами. Шум от расщепленных проводов возрастает при дожде, мокром снеге, тумане и т.д. Человеческому организму прямой вред шум начинает причинять при интенсивности 80 дБ (нарушение органов слуха, физическая боль, понижение зрения, нарушения чувства дистанции и т.д.), которая возможно только непосредственно под проводами ЛЭП сверхвысокого напряжения. На значительном расстоянии от ЛЭП, где

интенсивность шума от проводов будет на несколько десятков децибел ниже, можно ожидать лишь его неблагоприятное влияние на людей.

Для уменьшения интенсивности шума необходимо внести изменения в конструкцию расщепления проводов, что связано с дополнительными затратами. Альтернативой дополнительным затратам на линию, может быть увеличение полосы отчуждения вдоль высоковольтной линии.

На здоровье людей влияют также сильные электрические поля ЛЭП. С увеличением напряжения с 220кВ до 1150кВ заряд на фазе линии увеличивается более, чем в 10 раз (таблица 2), тем самым, повышая полевую экологическую опасность.

При эксплуатации высоковольтных линий и подстанций обслуживающий персонал, систематически работающий в зоне сильных полей, испытывает некоторую усталость, нервозность и т.п. При длительном воздействии высокой напряженности электрического поля у персонала может нарушаться функциональное состояние центральной нервной системы, изменяться показатели крови и т.д. Нормы, ограничивающие длительность пребывания людей в электрическом поле от проводов воздушных ЛЭП полностью не разработаны. В странах СНГ при проектировании и строительстве объектов электроснабжения пользуются санитарными нормами и правилами «Защита населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты (СНН № 2971-84)».

На полевые воздействия ЛЭП, также как и на акустические, существенно влияют климат и чистота окружающей среды. Следует отметить, что от этих факторов в той или иной степени зависит работа ЛЭП и открытых распределительных устройств (ОРУ).

Атмосферный воздух состоит из смеси сухого воздуха и водяных паров. Он может оказывать на воздушные ЛЭП (перекрытые гирлянд) и ОРУ (внешнюю изоляцию электрооборудования) неблагоприятное влияние не только вследствие особенностей своего теплового и влажностного состояния, но также и по своей агрессивности и электропроводности из-за наличия в нем различных примесей, аэрозолей газового характера и в виде жидких и твердых растворимых и нерастворимых частиц. Наиболее вредными для высоковольтной изоляции ЛЭП и ОРУ являются соли и промышленные газы, которые могут привести к серьезным нарушениям работы энергосистемы. Потери от отключений энергосистем в мире в 1999 г. составили 29 млрд. ЕВРО. Отметим, что атмосферный осадок Апшеронского полуострова содержит около 120 мг/л солей различного характера, а среднее количество солей в осадках на территории вокруг Каспийского моря значительно больше, чем на территории вокруг Черного моря.

Человек с древнейших времен чувствовал свою зависимость от повседневных явлений природы. От особенностей и характерных признаков природы зависит жизнь на земле. Эту зависимость изучает климатология, которая в связи с развитием промышленности, удовлетворяет различные нужды отраслей. Электротехническая климатология должна способствовать климатической защите электротехнических изделий, обеспечить их надежную работу в том или ином климатическом районе. Надежная эксплуатация электрооборудования может быть обеспечена только в том случае, если оно будет в надлежащей мере защищено от вредного влияния окружающей среды.

Передача электроэнергии осуществляется также подземными кабельными линиями. Из-за емкостного эффекта способность этих кабелей к транспортировке энергии меньше, а количество аварий, приходящихся на единицу их длины намного больше, чем в воздушных линиях. По этой причине почва над кабелем должна оставаться свободной. В кабелях выделяется значительное количество тепла и они постоянно находятся при повышенной температуре порядка 60<sup>0</sup>С. Это влияет на почву, течение надземных вод и т.д.

Основное влияние при проектировании и эксплуатации воздушных линий высокого напряжения, до последнего времени уделялось значению напряженности электрического поля. Считалось, что напряженность магнитного поля ЛЭП намного меньше нормируемого значения (80 А/м) и не оказывает существенное влияние на здоровье человека. Но последние исследования показывают, что магнитные поля с напряженностью, намного меньше нормируемого значения вызывает повышенный риск возникновения онкологических заболеваний. В США было отмечено несколько случаев заболевания раком практически всего населения домов, находящихся вблизи трасс ЛЭП высокого напряжения. При этом заболевали не только люди проживающие в течении данного времени в этих домах, но и дети, рожденные от живших там во время беременности матерей. В отличие от электрического поля, воздействие которого человек ощущает сразу, воздействие магнитного поля малой интенсивности человек не чувствует. Но это воздействие может привести к его заболеванию и сказаться на следующих поколениях.

Организм человека способен вырабатывать гормон - мелатонин, который подавляет развитие раковых клеток. Но при воздействии магнитного поля напряженностью 1 А/м эффект гибели раковых клеток существенно уменьшается, или вообще практически не происходит. Для уменьшения риска потерь здоровья человека необходимо разрабатывать новые конструкции ЛЭП высокого напряжения с пониженным уровнем электромагнитного поля и на основе медико-биологических исследований уточнить нормативы по допустимой интенсивности магнитного поля. Настоящее время шведскими и американскими специалистами рекомендована величина плотности потока магнитной индукции 0,2 – 0,3 мкТл, как безопасный уровень.

Говоря о связи человека и природы, надо отдельно останавливаться на взаимосвязи человека и земли. Все природные явления происходят на поверхности земли и связаны с циркуляцией атмосферы. Но земля вносит свои коррективы в эти явления за счет процессов, происходящих в его недрах. Земля обладает электрическим и магнитным полями. Напряженность электрического поля на поверхности земли равна 120-150 В/м. По разным причинам она может увеличиваться в 1000 раз. Средняя напряженность магнитного поля на поверхности Земли составляет около 0,5Э ( $\approx 40$  А/м)

Экспериментально установлено, что для существования каждого вида живого организма необходимо наличие электрического поля с определенными закономерностями. Эти закономерности связаны между собой и имеют отношение к электрическим явлениям, обуславливающим возникновения, развития и существование живого организма. Но как фактор окружающей среды их нельзя рассматривать изолированно от всех других действующих факторов. Электрическая активность является неотъемлемым свойством живой материи. Основные процессы в нервных тканях сопровождаются электрическими явлениями. Поэтому, нервные, мышечные и железистые клетки всех живых существ генерируют электричество. Возникающие при этом биотоки можно рассматривать различными (контактными и бесконтактными) способами. Биопотенциалы образуют электрические поля вне организма. Электроды, установленные на голове человека могут зафиксировать напряжение  $2 \cdot 10^{-7}$  В. (Обнаружены электрические поля вокруг нервов, мышц и сердца многих живых существ, однако способность излучать электричество, наиболее развито у рыб).

Организм человека на 70% состоит из воды, которая является плохим диэлектриком. Основные диэлектрические параметры мышц и крови у человека очень низки. Их удельные электрические сопротивления равны соответственно 1,5 и 1,8 Ом·м. Обладая сравнительно лучшими диэлектрическими свойствами, кожный покров оберегает человека от воздействия внешнего электрического поля до определенного его значения. Удельное электрическое сопротивление сухой кожи составляет  $3,3 \cdot 10^5$  Ом·м, а электрическая прочность 200 В/м.

Внешнее электрическое поле воздействует на подкожные органы человека, в частности на кровь, которая имеет большую диэлектрическую проницаемость (85,5), чем вода (80,0) и сухая кожа (40-50), приводит к заметным изменениям показателей крови.

Установлено, что через тело человека, находящегося в электрическом поле напряженностью  $E$  (кВ/м), протекает ток  $I$ , значение которого можно определить по формуле:

$$I = (12 - 15)E, \text{ мкА} \quad (2)$$

Напряженность поля до 5кВ/м является безопасным для человека, т.к. в этом случае, ток протекающий через его тело незначителен и не влияет на его здоровье. При больших напряженностях пребывание человека в электрическом поле ограничивается (таблица 3).

Таблица 3. Допустимое время пребывания человека в электрическом поле электроустановок высокого напряжения

Напряженность электрического поля, кВ/м	5	10	15	20	25
Ток, протекающий через организм человека, мкВ	60-75	120-150	180-225	240-300	300-375
Допустимая продолжительность пребывания человека в течение суток в электрическом поле, мин	Без ограничения	180	90	10	5

Как видно из рекомендуемых значений, зависимость между напряженностью поля и допустимым временем пребывания в нем носит нелинейный характер.

Согласно нормам пребывания человека без средств защиты в электрическом поле напряженностью до 5кВ/м включительно может быть сколь угодно длительным. Для ЛЭП 500кВ напряженность поля 5 кВ/м достигается под проводами, находящимися на высоте менее 15 м от поверхности Земли, а напряженность поля 10кВ/м – под проводами, находящимися на высоте менее 8 м.

Под линиями в труднодоступной местности (например, болота, горные склоны) допускается напряженность электрического поля 20кВ/м, для населенной местности – 15кВ/м, в местах пересечений с дорогами – 10 кВ/м и для населенной местности, где под линиями часто могут находиться люди – 5кВ/м. Кроме того, нормируется допустимая напряженность на границах жилых застроек – 1,5кВ/м. Следует отметить, что указанные значения напряженности поля определяются на уровне головы человека (1,8 м над поверхностью Земли).

### Выводы

Анализ экологических проблем производства, передачи и потребления электроэнергии в Азербайджане позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Учитывая благоприятные климатические условия необходимо интенсифицировать производство солнечной и ветряной электроэнергии в Азербайджане.
2. Максимально уменьшить расстояние между производителями и потребителями электроэнергии.
3. С учетом опыта научных исследований по экологическим проблемам зарубежных стран, провести собственные научные исследования по влиянию электрического и особенно магнитного полей на здоровье людей проживающих вблизи высоковольтных линий электропередач и разработать экологические стандарты для электроэнергетики Азербайджана.

1. *Пугач Л.И.* Энергетика и экология. М. Учебник НГТИ. 2003-504с.
2. *Ушаков И.Б., Давыдов Б.И., Зуев В.Г.* «Экологические и энергетические составляющие в системе национальной безопасности». Экология энергетики 2004
3. *Васильев В.Г.* Экология, энергетика, экономия, этнология устойчивого развития общества XXI века. –М.: Бедые альты. 2007-336с..
4. *Путилов В.Я.* Экология и энергетика. Учебное пособие М.Изд. МЭИ 2003-716 с.
5. *Лялик Г.Н. и др.* Электроэнергетика и природа. Экологические проблемы развития энергетики. М. Энергоатомиздат 1995-352 с. .
6. *Птицын Н.Г. и др.* «Естественные и технологические низкочастотные магнитные поля как факторы, потенциально опасные для здоровья». Успехи физических наук, №7(168), 1998
7. *Кадомская К.П., Степанов И.М.* Электромагнитные поля промышленной частоты. Воздействие на организм человека. Новости электротехники, №3 (45), 2007

## **ELEKTROENERGETIKANIN EKOLOJİ MƏSƏLƏLƏRİ**

**SƏFİYEV E.S., RƏHİMLİ İ.N., RZAYEVA S. V.**

Məqalədə elektroenergetikanın ekoloji məsələlərin analizi, elektrik və maqnit sahələrinin insan orqanizminə təsiri analiz edilir. Göstərilir ki, elektrik sahə gərginliyinin artırılması ilə ətraf mühitin ekoloji təhlükəsizliyi gücləndirilməlidir.

## **ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF ELECTRIC POWER ENGINEERING**

**SAFIYEV E.S., RAHIMLI I.N., RZAYEVA S.V.**

In article environmental problems of electric power engineering, influence of electric and magnetic fields on an organism of the person are analyzed. It is shown, that with increase in intensity of an electric field it is necessary to strengthen ecological safety of an environment.