

## РАЗДЕЛ III. ГЕОГРАФИЯ

УДК 502:624.131

**Брюхань А.Ф., Брюхань Ф.Ф., Коськин И.О.**

*Московский государственный машиностроительный университет (МАМИ)  
(Университет машиностроения)*

### ЗОНЫ ТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ МОБИЛЬНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ И ОЦЕНКА ИХ МАСШТАБОВ

**A. Bryukhan, F. Bryukhan, I. Kos'kin**

*Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI)  
Mechanical Engineering University)*

### TECHNOGENIC IMPACT ZONES OF MOBILE POWER PLANTS AND EVALUATION OF THEIR SCALES

*Аннотация.* Рассмотрены различные виды техногенного воздействия мобильных электростанций (МЭС) на ландшафтные компоненты для различных стадий жизненного цикла МЭС. Выявлены пространственные масштабы этих воздействий. Показано, что горизонтальная протяженность зон техногенного воздействия (ЗТВ) МЭС определяется особенностями проектируемой МЭС (технологией выработки электроэнергии, числом устанавливаемых энергоблоков, размещением ее объектов) и структурой ландшафтов территории. При этом масштабы ЗТВ МЭС практически не зависят от этих факторов. Установлено, что наибольшие горизонтальные масштабы загрязнения относятся к загрязнению атмосферы и шумовому воздействию МЭС.

*Ключевые слова:* мобильная электростанция, тепловая электростанция, техногенное воздействие, зона техногенного воздействия, загрязнение, природная среда, ландшафт.

*Abstract.* Different types of the technogenic impact of mobile power plants (MPPs) on landscape components for various life cycle stages of MPPs are considered. The spatial scales of these impacts are found. It is shown that the horizontal extent of technogenic impact zones (TIZs) is determined by the features of the designed MPP (energy technologies, number of installed units, placement of MPPs' facilities) and the structure of the landscape area. In this case, the scales of MPPs' TIZ are virtually independent of these factors. It is established that the major horizontal scales of contamination result from air pollution and noise emissions of MPPs.

*Key words:* mobile power plant, thermal power plant, technogenic impact, technogenic impact zone, pollution, environment, landscape.

Из-за нестабильности поставок электроэнергии потребителям, изношенности электроэнергетической инфраструктуры, аварий в электросетях и на подстанциях, а также в результате других причин в последние годы в России внедряются мобильные электростанции (МЭС) [4; 10]. Подобные энергоисточники начали эксплуатироваться в Московском регионе 5-6 лет назад и уже зарекомендовали себя высокой эффективностью. В настоящее время для выработки элект-

троэнергии в основном используются энергоблоки на базе газотурбинных установок (ГТУ) серии FT8 компании «Pratt & Whitney Power Systems» мощностью в 22.5 МВт [4].

МЭС не являются альтернативой для выработки электроэнергии на традиционных тепловых электростанциях (ТЭС), поскольку их основное назначение заключается в резервном обеспечении потребителей электроэнергией в экстремальных ситуациях. Оптимальным режимом эксплуатации МЭС является их состояние готовности к подключению в сеть в случае возникновения энергодефицита. Подключение МЭС к электросетям — событие редкое, поэтому суммарная продолжительность работы МЭС ограничивается 8 часами в сутки и 150 часами в год [4]. К настоящему времени в России эксплуатируется 10 МЭС, еще 3 планируется ввести в эксплуатацию в г. Сочи к началу открытия Олимпийских Игр в 2014 г.

МЭС, так же как и традиционные ТЭС, оказывают определенное негативное воздействие на природную среду [3], но вследствие относительно невысокой мощности МЭС и незначительной продолжительности работы они не представляют серьезной экологической опасности. Однако экологические последствия работы МЭС в расчете на выработку 1 кВт-часа в ряде случаев выше, чем при его производстве традиционными ТЭС [4], поэтому необходима комплексная оценка воздействий МЭС на компоненты природной среды при обосновании выбора площадок их размещения.

**Зоны техногенного воздействия МЭС.** Функционирование МЭС в режиме выработки электроэнергии сопровождается загрязнением атмосферного воздуха, поверхностных и подземных вод, почвы и грунтов, образованием отходов. Кроме того, при работе МЭС происходит физическое воздействие на окружающую среду: акустическое и электромагнитное. В рамках предпроектных и проектных работ, предшествующих строительству МЭС, важное значение представляет оценка пространственных масштабов различных воздействий. С одной стороны, знание мас-

штабов воздействий необходимо для адекватного исследования природных условий территорий размещения МЭС, а с другой — для разработки средств инженерной защиты окружающей среды и природоохранных мероприятий. Для этих целей необходимо выявление соответствующих зон техногенного воздействия (ЗТВ) МЭС, оказываемого на ту или иную ландшафтную компоненту.

Согласно [1], ЗТВ промышленного объекта определяется как территория вокруг него, в пределах которой возможно достоверное установление в процессе экологических исследований негативных изменений в ландшафтной оболочке, обусловленных многофакторным влиянием объекта. Ниже будут рассмотрены масштабы ЗТВ, обусловленные различными воздействиями МЭС в расчете на одну ГТУ. Поскольку характерный масштаб означает порядок величины горизонтальной протяженности либо глубины того или иного техногенного воздействия, этот масштаб сохранится также при размещении на площадке 2-3 ГТУ.

**Масштабы зон техногенного воздействия МЭС.** Масштабы техногенных воздействий традиционных ТЭС на ландшафтные компоненты уже исследовались в нашей статье [2]. Установлено, что при штатном режиме эксплуатации ТЭС наибольший горизонтальный масштаб загрязнения характерен для загрязнения атмосферы. В работе [4] выявлены ранги техногенных воздействий МЭС по степени их значимости и установлено, что наиболее существенные воздействия — загрязнение атмосферы и акустическое воздействие. Поэтому можно ожидать, что именно эти воздействия и определяют максимальный масштаб ЗТВ МЭС. Масштабы ЗТВ МЭС можно установить на примере исследованных ранее площадок [4], а также новых площадок планируемого размещения МЭС в г. Сочи [5]. Следуя аналогии с работой [2], можно определить эти масштабы для основных этапов жизненного цикла МЭС: их строительства, эксплуатации и вывода из эксплуатации. Необходимо отметить, что размеры площадок для размещения МЭС невелики.

Это связано с тем обстоятельством, что варианты площадок ограничены рядом условий, и в первую очередь, требованием наличия высоковольтных шин для подачи напряжения в электрические сети. Поэтому наиболее оптимальными местами установки МЭС с технологической точки зрения являются территории электрических подстанций [4].

#### **Этап строительства**

**Атмосфера.** Основные причины загрязнения атмосферы: работа автотранспорта и дорожно-строительной техники, проведение строительных, сварочных и окрасочных работ. Результатом является загрязнение атмосферы нефтепродуктами, CO, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, сажей, NO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Mn и его соединениями, неорганической пылью, фтористыми соединениями, ксилолом и уайт-спиритом [4]. Расчеты, выполненные в [4] по методике ОНД-86 [9], показывают, что на стадии строительства расчетные приземные концентрации выбрасываемых загрязняющих веществ (ЗВ) значительно ниже нормативных величин в атмосферном воздухе населенных мест и их воздействие ограничивается площадкой строительства.

**Поверхностные и подземные воды.** Масштабы воздействия на поверхностные воды при строительстве МЭС определяются главным образом ливневыми стоками и носят локальный характер. Являясь частью территории подстанций, ливневые стоки с площадок МЭС направляются в ливневую канализацию населенных пунктов. При варианте использования технологии DENOX подавления выбросов NO<sub>x</sub> (от словосочетания «de-NO<sub>x</sub>») путем впрыска обессоленной воды в камеру сгорания ГТУ, проектом строительства МЭС предусматривается использование достаточно значительных объемов воды, соизмеримых с объемами расходуемого топлива (обычно авиационного керосина марки ТС-1). Во многих случаях источником воды являются артезианские скважины с неглубоким залеганием подземных вод — не более 100 м. Другие варианты водообеспечения МЭС предусматривают использование воды из город-

ского водопровода. Аварийное загрязнение артезианских вод при бурении скважин и их эксплуатации исключается при соблюдении соответствующих защитных мероприятий. Водопотребление для бытовых и технических целей при производстве строительных работ составляет ориентировочно всего порядка 1 м<sup>3</sup> на весь период строительства. Количество загрязненных стоков составляет приблизительно такую же величину [4]. Загрязнение водных бассейнов носит локальный характер и ограничено размерами площадок МЭС (несколько десятков метров).

**Почва и геологическая среда.** При производстве строительных работ на площадке МЭС происходит загрязнение и нарушением плодородного слоя почвы. Горизонтальный масштаб нарушения и загрязнения почвы и геологической среды соответствует масштабу площадки МЭС. Вертикальный масштаб соответствует масштабу глубины бурения артезианской скважины в случае использования технологии DENOX (до 100 м). В тех случаях, когда такая технология не предусматривается, вертикальный масштаб нарушения геологической среды определяется глубиной скважин, проходимых при производстве инженерно-изыскательских работ (до 10 м).

**Флора и фауна.** Подготовка территории площадки под строительство МЭС не предусматривает отчуждения земельных и лесных ресурсов. Нарушение растительного покрова происходит на площади, соизмеримой с площадью площадки. Соответствующий горизонтальный масштаб составляет 10-30 м. После завершения строительных работ природоохранными требованиями предусматривается рекультивация нарушенного слоя почвы и благоустройство территории. Негативное воздействие на городскую фауну (главным образом птиц и грызунов) носит локальный характер и несущественно.

**Акустическое воздействие.** В работе [4] было установлено, что акустическое воздействие при эксплуатации МЭС является одним из наиболее значимых. Однако, как показано в работе [4], в период строительства это воздействие несущественно. Кроме того, оно не-

продолжительно по времени.

**Электромагнитное воздействие.** В период строительства оно определяется только работой электрической подстанции, на которой монтируется МЭС.

#### Этап эксплуатации МЭС

**Атмосфера.** Загрязнение атмосферы происходит в результате выброса продуктов сгорания топлива из дымовых труб МЭС, а также керосина во время его перекачки из топливозаправщиков в топливные баки. Как показывают расчеты [4], приземные концентрации керосина в воздухе пренебрежимо малы по сравнению с ПДК. Кроме того, продолжительность заправки топливных баков гораздо меньше продолжительности работы в пределах 6,2-11,3 км (см. табл. 1).

МЭС.

Основные ЗВ, выбрасываемые из дымовых (выхлопных) труб МЭС, —  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{CO}$ , углеводороды, взвешенные вещества. ЗТВ МЭС в атмосферном воздухе можно отождествить с зоной влияния МЭС (в пределах которой концентрации ЗВ в атмосферном воздухе превышают 5 % от предельно допустимых максимальных разовых концентраций) и ее протяженность оценить с помощью модели ОНД-86 [9]. Соответствующие расчеты, выполненные автором для площадок Пушкино (г. Пушкино Московской области), Рублево (г. Москва), Кызыл (г. Кызыл), Псоу, ПАТП-6, Сочинская ТЭС (г. Сочи), показали, что максимальная протяженность ЗТВ МЭС, определяемая по группе суммации ЗВ, изменяется в

Таблица 1

#### Максимальная протяженность ЗТВ МЭС, определяемая по группе суммации ЗВ

Площадки МЭС	Число энергоблоков	Коэффициент рельефа	Максимальная протяженность ЗТВ, км
Пушкино	3	1,0	6,7
Рублево	3	1,0	6,7
Кызыл*	1	1,18	11,2
Псоу	4	1,3	11,3
ПАТП-6	3	1,3	9,1
Сочинская ТЭС	2	1,4	6,2

\* без применения технологии DENOX

Расчеты выполнялись с учетом климатических данных и коэффициентов рельефа, предоставленных местными органами Росгидромета. Поскольку понятие ЗТВ МЭС подразумевает влияние самого объекта на ландшафтную оболочку без совокупного воздействия других источников, фоновые концентрации ЗВ в расчетах не учитывались. В значительной степени протяженность ЗТВ больше на тех площадках, где больше устанавливаемых энергоблоков. Отчасти протяженность ЗТВ зависит также от рельефа местности и от климатических условий. Значительная протяженность ЗТВ МЭС Кызыл связана с тем фактом, что на этой станции не

используется технология DENOX. Из табл. 1 следует, что горизонтальный масштаб ЗТВ МЭС в атмосфере составляет 10 км. В расчете на одну ГТУ масштаб остается тем же.

**Поверхностные и подземные воды.** При эксплуатации МЭС вода используется для водообеспечения технологии DENOX, периодической промывки оборудования и хозяйственно-питьевых нужд персонала. Как уже отмечалось выше, при использовании технологии DENOX предусматривается потребление воды из артезианской скважины либо из городского водопровода. Годовое водопотребление при максимальной продолжительности работы МЭС в 150 часов составляет  $953 \text{ м}^3$  в расчете на одну ГТУ. Для сбора рассола от



обессоливающей установки обратного осмоса на площадке устанавливается специальный подземный дренажный бак. При соблюдении технических условий по качеству рассола (общее содержание — не более 1000 мг/л, содержание хлоридов — не более 350 мг/л, содержание сульфатов — не более 500 мг/л) дренажные воды могут быть отведены в сторонний водосбор за пределами объекта без дополнительной очистки [4]. Сточные загрязненные воды, образующиеся при аварийных проливах топлива и периодической промывки топливных резервуаров и оборудования, собираются в специальную емкость и вывозятся на очистные сооружения. Дождевые и талые воды при помощи открытой системы водоотвода в направлении понижения естественного рельефа местности поступают в систему ливневой канализации. Таким образом, загрязнение водных бассейнов носит локальный характер и ограничено размерами площадок МЭС.

**Почва и геологическая среда.** В период эксплуатации МЭС воздействие на почву и геологическую среду ограничено размерами площадок МЭС.

**Флора и фауна.** Негативное воздействие на городскую фауну (главным образом птиц и грызунов) носит локальный характер и не-

существенно.

**Акустическое воздействие.** Уровни звукового давления в октавных диапазонах и эквивалентный уровень шума в непосредственной близости от ГТУ задаются ее шумовой характеристикой. При этом эквивалентный уровень шума составляет 95 дБА. Расчет уровня шума в заданных контрольных точках осуществляется по специальной сертифицированной программе «Эколог-Шум» фирмы «Интеграл» по методике [11]. В качестве ЗТВ акустического загрязнения естественно принять зону, в пределах которой с помощью стандартных измерений можно достоверно идентифицировать источник звукового воздействия. Принимая во внимание порядок погрешности измерения эквивалентного уровня шума, составляющего 1 дБА [7], выявить такую зону не представляет труда. Расчеты, проведенные автором для МЭС с разным числом энергоблоков, приведены в табл. 2. Результаты расчетов показывают, что протяженность ЗТВ МЭС, обусловленной шумом энергоблоков, изменяется в пределах 2,35-4,45 км. Однако уровень шума в 1 дБА практически невозможно идентифицировать на общем акустическом фоне. Учитывая это обстоятельство, масштаб зоны акустического воздействия МЭС можно принять равным 1 км.

Таблица 2

Протяженность ЗТВ МЭС при различном числе энергоблоков

Число энергоблоков МЭС	Протяженность ЗТВ акустического загрязнения, км
1	2,35
2	3,11
3	3,62
4	4,06
5	4,45

**Электромагнитное воздействие.** Ранее уже отмечалось, что МЭС обычно размещаются на территориях электрических подстанций. При этом, для того чтобы ресурса подстанции было достаточно для подключения к ней МЭС, мощность подстанции должна быть достаточно большой и многократно превышать суммарную мощность энергоблоков МЭС.

Дальность распространения электромагнитных полей (ЭМП) промышленной час-

тоты, генерируемых элементами электро сетевого хозяйства подстанции, зависит от класса напряжения. Так, для воздушных линий электропередачи она достигает десятков и даже сотен метров. Для придания размерам зон распространения ЭМП количественной определенности существуют понятия зон влияния электрической и магнитной составляющих ЭМП. Согласно [6], зона влияния электрического поля — пространство, где на-

пряженность электрического поля частотой 50 Гц более 5 кВ/м. В соответствии с [8], зона влияния магнитного поля — пространство, в котором напряженность электрического поля превышает 80 А/м. Принимая в качестве критерия ЗТВ совокупность зон влияния электрического и магнитного полей, можно оценить масштаб электромагнитного воздействия МЭС в 10 м.

**Вывод МЭС из эксплуатации.** С точки зрения воздействия на природную среду этап вывода из эксплуатации традиционных ТЭС принципиально мало отличаются от их нового строительства [2]. Очевидно, что такая особенность присуща и МЭС. При выводе МЭС из эксплуатации масштабы техногенных воздействий остаются в основном такими же, что и на этапе нового строительства, а интенсивность этих воздействий снижается. После вывода МЭС из эксплуатации и проведения рекультивационных работ техногенный ландшафт существенно изменяется и приобретает новое равновесное состояние.

**В заключение можно констатировать следующее:**

1. На основе материалов выполненных ранее геоэкологических исследований для обоснования строительства МЭС в различных регионах России установлены масштабы техногенных воздействий МЭС на ландшафтные компоненты для основных стадий жизненного цикла МЭС (их строительства, эксплуатации и вывода из эксплуатации).

2. Горизонтальная протяженность ЗТВ МЭС определяется особенностями проектируемой МЭС (технологией выработки электроэнергии, числом устанавливаемых энергоблоков, размещением ее объектов) и структурой ландшафтов территории. При этом масштабы ЗТВ МЭС практически не зависят от этих факторов.

3. Наибольшие горизонтальные масштабы техногенного воздействия характерны для загрязнения атмосферы и шумового воздействия МЭС.

#### ЛИТЕРАТУРА И ИСТОЧНИКИ:

1. Брюхань А.Ф. Зоны техногенного воздействия тепловых электростанций // Вестник РГУ им. И. Канта. Сер. «Естественные науки». — 2011. — Вып. 1. — С. 16-22.
2. Брюхань А.Ф. Масштабы техногенного воздействия тепловых электростанций на ландшафтные компоненты // Вестник МГОУ. Сер. «Естественные науки». — 2012. — № 3. — С. 74-80.
3. Брюхань А.Ф., Брюхань Ф.Ф., Потапов А.Д. Инженерно-экологические изыскания для строительства тепловых электростанций. — М.: Изд-во АСВ, 2010. — 192 с.
4. Брюхань А.Ф., Черемикина Е.А. Мобильные пиковые газотурбинные электростанции и окружающая среда. — М.: Форум, 2011. — 128 с.
5. Брюхань Ф.Ф., Коськин И.О. Предпроектное геоэкологическое обоснование выбора площадок размещения мобильных газотурбинных электростанций на рекреационных территориях // Вестник МГСУ. — 2012. — № 5. — С. 153-149.
6. ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. — М.: Изд-во стандартов, 1984. — 8 с.
7. ГОСТ 17187-81. Шумомеры. Общие технические требования и методы испытаний. — М.: Изд-во стандартов, 1982. — 28 с.
8. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТ РМ-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00. — М.: ДЕАН, 2008. — 208 с.
9. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86. — М.: Госкомгидромет СССР, 1987. — 93 с.
10. Полушкин Р.В. Мобильная помощь уместается в грузовике // Энергия России. — 2006. — № 28 (239). — С. 2.
11. СНиП 23-03-2003. Защита от шума. — СПб: Изд-во ДЕАН, 2004. — 74 с.