

Южно – Казахстанский университет имени М.Ауезова

УДК 621.332:544.3.032.25

На правах рукописи

ФАЙЗ НҰРСҰЛТАН САПАРҰЛЫ

Оценка воздействия энергетических объектов на окружающую среду и
разработка системы дистанционного мониторинга на примере города Шымкент

6D073100- Безопасность жизнедеятельности и защиты окружающей среды

Диссертация на соискание степени
доктора философии (PhD)

Научный консультанты: доктор
технических наук, профессор
Сатаев М.И.
Доктор философии PhD
Азимов Абдугани Муталович
Зарубежный научный
консультант: доктор технических
наук, профессор Никонов О.Я.

Шымкент, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Нормативные ссылки | 4 |
| Определение..... | 5 |
| Обозначение и сокращение..... | 7 |
| Введение | 8 |
| Глава 1 Современное состояние и основные тенденции исследования воздействия низкочастотных электрических и магнитных полей на населения | 14 |
| 1.1 Электромагнитное излучение - основной фактор зарождения канцерогенных рисков | 14 |
| 1.2 Современное состояние экологических проблем строительства новых низкочастотных энергетических объектов | 20 |
| 1.3 Мониторинг электромагнитной обстановки на жилых массивах вблизи линий электропередачи высокого напряжения | 27 |
| 1.3.1 Данные ПДУ для анализа состояния окружающей среды | 28 |
| 1.3.2 Внешне воздействующие факторы – факторы электродинамического исследования | 30 |
| 1.4 Методика расчета ЭМП порождаемых низкочастотными энергетическими объектами | 31 |
| 1.5 Типы и средства контроля исследования электромагнитного поля | 34 |
| Выводы по 1 главе диссертационной работы | 37 |
| Глава 2 Методология выбора технологических решений ослабления воздействия электромагнитных полей на окружающую среду | 38 |
| 2.1 Важность проведения экологической экспертизы при строительстве новых линий электропередачи на примере города Шымкент | 38 |
| 2.2 Методологические приемы дистанционного мониторинга состояния окружающей среды | 42 |
| 2.3 Тематическое картографирование как основа создания характерных данных о состоянии окружающей среды | 46 |
| 2.4 Разработка аналитической методики оценки эффективности предлагаемых технологий на основе методики Крикинга и IDW | 47 |
| 2.5 Выделение основных очагов электромагнитного излучения объектов исследования | 52 |
| 2.6 Картографическая оценка электромагнитной обстановки существующих электрических сетей города Шымкента | 55 |
| Выводы по 2 главе диссертационной работы | 62 |
| Глава 3 Компьютерная интерпретация экспериментальных данных в среде PTC Mathcad 15 | 64 |
| 3.1 Аналитическое прогнозирование уровня электромагнитных полей и оценка их воздействия на окружающую среду | 64 |

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2 Статический расчет электромагнитных полей порождаемые высоковольтными линиями. | 65 |
| 3.3 Определение безопасных характерных зон от воздействия ЭМП на окружающую среду | 68 |
| 3.4 Расчет и прогнозирование времени пребывания линейных персоналов в зоне активного воздействия электромагнитного излучения..... | 72 |
| 3.5 Динамический расчет электромагнитных полей порождаемого высоковольтными линиями | 74 |
| Выводы по 3 главе диссертационной работы | 77 |
| Глава 4 Научно-практические рекомендации по обеспечению экологической безопасности жилых массивов, находящихся в зоне активного воздействия ЭМП. | 79 |
| 4.1 Рекомендации по повышению электромагнитной безопасности урбанизированных территорий вблизи линии электропередачи | 79 |
| 4.2 Апробация научно-практических технических решений по оценке уровня электромагнитного загрязнения и по оптимизации маршрутизации ЛЭП для снижения активных воздействия ЭМП. | 80 |
| 4.3 Техничко - экономическое преимущество применение геоинформационного мониторинга электромагнитной обстановки в зоне жилых массивов | 89 |
| Выводы по 4 главе диссертационной работы..... | 94 |
| Заключение | 96 |
| Список использованных источников | 98 |
| Приложение А | 112 |
| Приложение Б | 114 |
| Приложение В | 119 |
| Приложение Г | 121 |

НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

В настоящей диссертации использованы ссылки на следующие нормативные документы:

ГОСТ 32144-2013 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

СТ РК ГОСТ Р 51317.4.11-2008 (МЭК 61000-4-11-94) Государственная система обеспечения единства измерений Республики Казахстан. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к динамическим изменениям напряжения сети электропитания. Требования и методы испытаний.

ГОСТ 30372-95 Совместимость технических средств электромагнитная. Термины и определения.

СТ РК 1150-2002 Электромагнитные поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля

СТ РК 2.181-2010 Совместимость технических средств электромагнитная. Неопределенность измерений в области электромагнитной совместимости- Введен впервые

ГОСТ 12.1.009-2017 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Термины и определения

ГОСТ 12.2.2007.3-75 Система стандартов безопасности труда. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В.

СТ РК 1147-2002. Изоляторы керамические опорные на напряжение свыше 1000 В для работы на открытом воздухе. Типы, основные параметры и размеры.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Всемирная организация здравоохранения - специализированное учреждение Организации Объединённых Наций, состоящее из 194 государств-членов, основная функция которого лежит в решении международных проблем здравоохранения населения Земли. Она была основана в 1948 году со штаб-квартирой в Женеве, в Швейцарии.

Электромагнитное излучение — распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля.

Канцерогенный риск - вероятность развития злокачественных новообразований на протяжении всей жизни человека, обусловленная воздействием потенциального канцерогена.

Геоэкологический электромагнитный мониторинг состояния окружающей среды охватывающий, как правило, значительно большие территории, чем анализируемые при санитарно - гигиенической оценке. Его особенность – большое количество разнородных технических средств, пространственная разнесенность излучающих объектов, влияние рельефа местности и застройки на электромагнитную обстановку.

Социально ориентированный электромагнитный мониторинг. На сегодняшний день развитие телекоммуникационных систем уже достигло такого уровня, что вопрос электромагнитной безопасности и мониторинга ЭМП на различных территориях встает все более остро. Часты случаи возникновения социальной напряженности при размещении излучающих объектов на селитебных территориях.

Оперативный электромагнитный мониторинг. Мониторинг электромагнитной обстановки, осуществляемый для целей санитарно-гигиенической экспертизы, проводится на этапах проектирования, строительства и эксплуатации излучающих технических средств. Основа такого мониторинга – прогнозирование электромагнитной обстановки расчётными методами.

Метод зеркального изображения Этот метод применим и при любом числе проводов, протянутых параллельно друг другу и параллельно плоской поверхности, ограничивающей проводящую среду. Каждый провод должен быть зеркально отображен в поверхности проводящей среды с изменением знака заряда, после чего проводящая среда может быть мысленно удалена и рассмотрено поле совокупности действительных проводов и их зеркальных изображений.

Геоинформационные системы (ГИС) — системы сбора, хранения, обработки, доступа, анализа, интерпретации и графической визуализации пространственных данных.

Дешифрование космических снимков осуществляется при помощи визуальных и автоматизированных методов. Технология визуального разбора

основывается на сопоставлении доступного массива информации и квалификации специалиста. Исходные материалы могут быть взяты на этапе полевых исследований, во время анализа картографических и архивных материалов. Полагаясь на данные из вышеупомянутых источников, специалисты нашей компании проводят визуальное дешифрирование объектов основываясь на первичных и вторичных дешифровочных признаках.

Google Earth — это облачная платформа для геопространственного анализа данных в планетарных масштабах. Она позволяет использовать огромные вычислительные мощности компании Google для изучения самых разнообразных проблем: потерь лесов, засухи, стихийных бедствий, эпидемий, продовольственной безопасности, управления водными ресурсами, изменения климата и защиты окружающей среды.

Инструменты интерполяции ОВР (IDW) (обратно взвешенных расстояний) и Сплайн (Spline) относятся к детерминированным методам интерполяции, поскольку они напрямую основаны на измеренных значениях, попадающих в окрестность интерполируемой точки, и на заданных математических формулах, которые определяют сглаженность результирующей поверхности. Вторая группа методов интерполяции состоит из геостатистических методов, таких как кригинг, которые основываются на статистических моделях, включающих анализ автокорреляции (статистических отношений между измеренными точками). В результате этого геостатистические методы не только имеют возможность создавать поверхность прогнозируемых значений, а также предоставляют некоторые измерения достоверности или точности прогнозируемых значений.

Инструмент Кригинг (Kriging) использует математическую функции для определенного количества точек или всех точек в пределах заданного радиуса, чтобы определить выходное значение для всех направлений. Кригинг - пошаговый процесс; он включает поисковый статистический анализ данных, моделирование вариограммы, создание поверхности и (дополнительно) изучение поверхности дисперсии. Кригинг лучше всего подходит, если вы знаете, что есть пространственно коррелированное расстояние или направленное смещение в данных. Он обычно используется в почвоведении, геологии и геоэкологии.

PTC Mathcad 15.0 — это версия PTC Mathcad. являющееся стандартом в отрасли программное обеспечение для обработки, документирования, совместного и повторного использования важных инженерных вычислений.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящей диссертации применяют следующие термины с соответствующими обозначениями и сокращениями:

ВЛЭП – воздушные линии электропередач

ЭМП – электромагнитные поля

ЛПНП – липопротеины низкой плотности

T - допустимое время пребывания в зоне активного воздействия электрического поля, час

E – напряженность воздействующего электрического поля в контролируемой зоне, кВ/м.

H - напряженность воздействующего магнитного поля в контролируемой зоне, кВ/м.

СанПин – санитарные правила и нормы

СТ – санитарные стандарты

ПДУ – предельно-допустимый уровень

ГИС – геоинформационные системы

СЗЗ – санитарно-защитная зона

ОВР – обратно-взвешенное расстояние

$Z_{пр}$ – приведенная высота, м

Z – высота точки, м

$Z_{под}$ – высота у подножья, м

$Z_{гр}$ – высота гребной части хребта, м

$Z(s_i)$ - измеряемое значение в местоположении i

λ_i - неизвестный вес для измеряемого значения в местоположении i

s_0 - местоположение прогноза

N - количество измеряемых значений

d – расстояние между крайними проводами существующей линии, м

m – минимальное расстояние между крайними проводами, соответствующее классу напряжения проектируемой линии, м

f – расстояния от оси проектируемой линии до ее крайнего провода, м

r_1 - первая буферная зона

r_2 - вторая буферная зона

r_3 - третья буферная зона

$T_{доп.проф}$ – дополнительное время пребывания профессиональных работников, час

x – расстояния от линий электропередач до интересующей точки, м

h – высотные зоны распределения напряженности электрического и магнитного поля, м

x – расстояния от рассматриваемой точки до опоры, м;

l – расстояние между линиями электропередачи (пролет линий), м

Δh – разность между высотными зонами (определяющая относительную погрешность при однородных и неоднородных рельефах местности), м

ВВЕДЕНИЕ

Оценка современного состояния решаемой научной проблемы. На сегодня одним из главных вопросов в обеспечении экологической безопасности населения и экосистему в целом, является снижение уровня электромагнитного загрязнения порождаемые низкочастотными энергетическими объектами. Ученые в этой области обновляют научные парадигмы, ведущие к поиску решений основных вопросов по улучшению экологической ситуации в жилых зонах, которые подвергаются к активному воздействию электромагнитного поля. Одним из научных направлений в улучшении экологической ситуации по снижению фонового изменения электромагнитного излучения является проведение глубокой экологической экспертизы, с учетом специфики и особенностей выбранных территорий. Зарубежные и отечественные ученые отмечают, что изменения уровня электрического и магнитного полей зависят от расстояния точечных объектов, которые находятся вблизи линий электропередачи высокого напряжения.

Важной задачей в этом направлении является создание санитарно-защитных зон с учетом экологических ограничений, что направлено на снижение социальной напряженности среди населения, находящегося в зоне активного воздействия электромагнитного поля. Учитывая, что низкочастотные энергетические объекты, характеризуются динамическими характеристиками и требует постоянного контроля над изменением в непрерывных процессах, что напрямую влияет на изменение напряженности электромагнитного поля. В свою очередь, современная информационная платформа позволяет одновременно проводить экологические обследования для выявления канцерогенных рисков в выбранной местности в определенное время путем ввода необходимых данных, которые являются основными факторами при установлении предельно допустимых условий. Разработка цифровых карт на основе прикладных программ EsriArc GIS имеет имитационную характеристику и позволяет визуально оценивать динамику изменений окружающей среды с различными вариациями [1].

Основанием для проведения экологической экспертизы и в оценке уровня электромагнитного загрязнения в зонах жилого массива стало прогнозирование и предопределение экологических, канцерогенных рисков с фиксированием необходимых данных о воздействии ЭМП на окружающую среду в статическом и динамическом режиме.

Исходными данными к выполнению работы явились результаты полученные в оценке уровня интенсивности распределения электрических и магнитных полей в линиях электропередач напряжением 110 и 220 кВ.

Обоснованием необходимости проведения научной-исследовательской работы стала разработка тематических экологических карт, описывающих воздействия ЭМП на население, а также создания оптимальных маршрутов в распределении электрической энергии по линиям электропередачи с последующим снижением электромагнитного загрязнения.

Сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки. Разработка геоинформационных карт, определяющих влияние ЭМП на окружающую среду и построение двумерных и трехмерных характеристик по результатам исследования позволяющих ранжирование градиентов опасностей ЭМП.

Сведения о метрологическом обеспечении научно-исследовательской работы. В основу диссертационной работы положена официальная терминология Международной организации законодательной метрологии. В процессе проведения мониторинговых исследований использованы геоинформационные программы, прошедшие государственные проверки в период эксплуатации, обеспечивающие соответствующим исследовательским и инженерным целям класса точности, в соответствии с «Законом об обеспечении единства измерений». В мониторинговых исследованиях использованы методики выполнения измерений, соответствующие «Закону об обеспечении единства измерений». В функциональных и графических зависимостях использованы единицы измерений, соответствующие системе СИ.

Актуальность проблемы Развитие информационного обеспечения экологических проблем территории на основе ГИС-технологий позволяет фиксировать информацию об экологическом состоянии территории в конкретный момент времени и представлять это состояние набором тематических экологических карт различных территориальных или районных образований. Следует отметить, что вышеуказанные характеристики увеличивают преимущество геоинформационных технологий как информационной платформы базы данных, которая позволит получать данные для обработки оперативных анализов и выводов о состоянии окружающей среды вокруг высоковольтных линий электропередачи.

Растущая потребность города Шымкента в энергии привела к строительству и внедрению новых энергетических узлов, высоковольтных линий электропередачи (линий электропередачи высокого напряжения, напряжением 110 и 220 кВ проводимые по микрорайону Туран, Бозарык, Тассай), которые строятся и проводятся вокруг жилых районов, подверженных экологическим и канцерогенным рискам. В свою очередь, при строительстве новых энергетических объектов энергетические компании и проектировщики должны представить в проекте картографию жилых районов, в дополнение к особенностям выбранных территорий и населения, что становится многофакторным объектом и предметом исследований при учете экологических и санитарно-эпидемиологических требований, а также при выборе оптимальных решений в плане прокладки высоковольтных линий электропередачи. В нашем случае в качестве таких объектов были выбраны микрорайон Нурсат, проспект Назарбаева и Казыгурт, которые являются загрязненными жилыми районами с точки зрения распространения электромагнитного излучения, генерируемого высоковольтными линиями электропередачи напряжением 110 и 220 кВ. Внедрение современных информационных технологий нового поколения позволило точно определить основные зоны загрязнения электромагнитным излучением, установить

градиенты электрического и магнитного полей в зависимости от степени его воздействия, а также определить количество жилых объектов, частично подверженных канцерогенному и экологическому риску, с помощью функциональных возможностей геоинформационной программы.

Цель работы: Выявление степени влияния канцерогенных рисков электромагнитного поля, производимых высоковольтными линиями электропередачи напряжением 110 и 220 кВ. Установление новой санитарно-защитной зоны с учетом экологических ограничений при строительстве и введении в эксплуатацию новых высоковольтных линий электропередачи, с оценкой изменения уровня электромагнитных загрязнений при технологических, климатических и ландшафтных воздействиях.

Задачи диссертационной работы:

- анализ ключевых проблем касательно внедрения новых научных результатов направленные на улучшения методологии проведения экологической экспертизы по оценке электромагнитной обстановки жилых экологических зон;

- локальный экологический мониторинг на местах, где имеются воздействия электрических и магнитных полей на жилую экологическую зону;

- исследования необходимых геометрических параметров линий электропередачи высокого напряжения методом наземного-лазерного сканирования;

- аналитический расчет по определению уровня электромагнитного поля методом зеркального изображения, на основании этого установить основные градиенты в распространении электромагнитного загрязнения по степени его воздействия;

- разработать санитарно-защитную зону с учетом эпидемиологических требований при строительстве и введении в эксплуатацию новых низкочастотных энергетических объектов;

- создание тематических экологических карт о состоянии окружающей среды с добавлением визуальных данных о фоновых изменениях электромагнитных излучений.

Связь диссертационной работы с планируемыми научными разработками. Диссертационная работа выполнена на кафедре «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды», Южно-Казахстанского университета им.М. Ауэзова. Диссертационная работа входит один из 7 приоритетов развития науки Казахстана, Информационные, телекоммуникационные и космические технологии, научные исследования в области естественных наук

Основная идея работы заключается в получении необходимых выводов и рекомендаций по снижению активного воздействия электромагнитного поля на жилые экологические зоны. В свою очередь это достигается путем оптимизации маршрутов линий электропередачи высокого напряжения относительно к жилым экологическим зонам, которая позволяет ограничивать зону радиации на население и на линейных работников.

Методы исследования. При проведении научно – исследовательской работы были использованы нижеследующие методы: методы математического моделирования, методы пространственного моделирования среды на базе геометрического (векторного) представления данных, методы пространственного – ориентированного математического анализа цифровых пространственно – координированных данных, методы математической интерполяции.

Объекты исследования. Объектом исследования являются низкочастотные энергетические объекты, а именно линии электропередачи высокого напряжения 110 и 220 кВ, которые зарождают электромагнитные излучения, имеющие канцерогенные риски на окружающую среду.

Предметом исследования являются:

- границы применимости математического моделирования распространения электромагнитного загрязнения в условиях урбанизированной среды;
- способы моделирования пространственных объектов на базе геоинформационных систем;
- способы преобразования и структурирования метрико-семантической информации о пространстве и пространственных объектов;

Научная новизна

- выявлены основные воздействующие факторы при оценке уровня электромагнитного поля, которые имеют свои канцерогенные риски и приводят к расширению электромагнитного загрязнения на примере конкретных объектов;

- разработана методология современной информационной платформы нового поколения Esri ArcGIS, которая в свою очередь предопределяет основные экологические риски вокруг низкочастотных энергетических объектов на жилую среду и на основании информационного экологического анализа позволяет разрабатывать необходимые рекомендации по снижению напряженности электромагнитного поля;

- предложены новые граничные данные по санитарно-защитным зонам и регламентированы новые подходы в определении охранных зон электрических сетей, которые находятся в области экологических жилых зон.

Практическая ценность работы. Результаты исследования апробированы в организациях ТОО «Оңтүстік Жарық Транзит» и РГУ «Управление санитарно - эпидемиологического контроля Абайского района г. Шымкент» при разработке основных цифровых карт местностей по расположению линий электропередачи высокого напряжения вокруг жилых экологических зон, а также путем обработки основных данных, было предложено расширение санитарно-защитной зоны линий электропередач высокого напряжения;

- разработана и построена геоинформационная карта методом обратно взвешенного расстояния на базе прикладной программы Esri ArcGIS;

- определены градиенты по степени опасности электрического и магнитного полей, ограничивающие санитарно-защитные зоны от линий электропередачи высокого напряжения;

- построена трехмерная характеристика, визуально показывающая зависимость времени пребывания людей в зоне электромагнитного излучения, которая зависит от степени излучения исследуемых объектов;

- проведена экологическая экспертиза в жилых экологических зонах, где имеется востребованность получения конкретных данных о состоянии окружающей среды во избежание рисков;

- предложена новая санитарно-защитная зона, которая является основным регламентирующим документом в строительстве и при проведении высоковольтных линий вокруг жилых зон;

- разработаны оптимальные маршруты линий электропередач высокого напряжения с учетом особенности рельефа местности выбранных территорий;

Апробация практических результатов:

- выбор основных конкретных и точечных объектов по городу Шымкент, которые находятся в зоне активного воздействия электромагнитных полей на окружающую среду;

- оцифровка новых цифровых карт, где указаны основные градиенты по степени опасности электрического и магнитного полей, с учетом возмущающихся воздействий и факторов в ЛЭП высокого напряжения;

- использование методов математического моделирования и новых информационных платформ современного поколения Esri ArcGIS для обработки экспериментальных данных и разработка цифровых карт, где визуально представлена уточненная охранный зона электрических сетей относительно к жилым экологическим зонам;

- оценка по изменению охранной зоны электрических сетей с учетом ее специфических данных, которые напрямую связаны с расширением санитарно-защитной зоны в жилой экологической среде.

Основные положения, выносимые на защиту:

- методология расчета уровня электромагнитных полей порождаемых низкочастотными энергетическими объектами;

- пороговая оценка уровня электромагнитного загрязнения полученная теоретическим методом расчета по основным геометрическим параметрам линий электропередачи высокого напряжения и расстояниям до интересующего (в нашем случае – жилого) объекта.

- результаты исследования экологической экспертизы полученные методом основных расчетов на примере конкретных выбранных объектов;

- экологический прогноз изменения уровня электромагнитных полей в зависимости от климатического изменения окружающей среды, изменения передаваемой мощности электрической энергии в разные периоды времени;

- оптимальные варианты расположения линий электропередачи высокого напряжения в зависимости от жилых экологических зон.

Соответствие диссертации паспорту научной специальности.
Диссертация соответствует требованиям специальности 6D073100 – «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды»

Публикации. Основные научные результаты диссертационной работы соискателя Файза Н.С. опубликованы в 10 научных работах, из них 1 статья в журнале входящем в базу данных Scopus/Web of Science, 3 статей в журналах, рекомендованных Комитетом по обеспечению качества в сфере образования и науки МОН РК, 4 тезиса в материалах зарубежных конференций и 2 статей были опубликованы в других научных изданиях.

Личный вклад автора состоит:

- выявлены основные очаги электромагнитных излучений, производимых высоковольтными линиями электропередачи на примере жилых экологических зон;

- расчеты по определению основных уровней электромагнитного поля на линиях электропередачи высокого напряжения и установление основных градиентов в ограничении маршрутов линий электропередачи по степени ее воздействия;

- решение основных вопросов по расширению санитарно-защитных зон с учетом климатических и технологических особенностей, которые напрямую влияют на колебания электромагнитных полей производимых высоковольтными линиями;

- предложено введение новых санитарно-защитных зон по классу высоковольтных линий, которые находятся в жилых экологических зонах.

Структура и объем диссертационной работы. Диссертационная работа изложена на 124 страницах компьютерного текста, содержит 13 таблиц и 47 рисунков. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, списка использованных источников и приложений.

ГЛАВА 1 СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСНОВНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ ВОЗДЕЙСТВИЯ НИЗКОЧАСТОТНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА НАСЕЛЕНИЕ

1.1 Электромагнитное излучение - основной фактор зарождения канцерогенных рисков

Последние три десятка лет исследование воздействия электрического и магнитного полей, среди ученых в области экологии, набирает острые обороты, и приводят к глубокому обсуждению, где ключевым вопросом является обеспечение безопасности и здоровья населения, которое подвергается канцерогенному риску со стороны источников электромагнитных излучений.

Всемирной организацией здравоохранения (ВОЗ) создан международный проект по электромагнитным полям. Главной задачей международного проекта предлагаемой Всемирной организацией здравоохранения является решение ключевых вопросов по определению критических рисков электрических и магнитных полей порождаемого низкочастотными энергетическими объектами на окружающую среду.

Международным агентством в ходе проводимых исследований был разработан аналитический обзор по последствию воздействия электромагнитных полей на людей [2,3]. Информационный бюллетень представленной Всемирной организацией здравоохранения основан на выводах целевой группы, в котором были отражены обновленные данные последних обзоров для здоровья, связанных с воздействием низкочастотных электромагнитных полей. Данные были опубликованы под инициативой ВОЗ Международным агентством по исследованию рака (Agency for Research on Cancer - IARC) в 2002 году и международной комиссией по защите от неионизирующей радиацией (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection - ICNIRP) в 2003 году [3].

Данные международного агентства переплетаются с основными подтверждающими, где указано, что люди, которые попадают в зону электромагнитного излучения низкочастотных энергетических объектов, относятся к числу тех, которые имеют на себе канцерогенные риски и по классификации относятся к группе 2В. Всемирная организация здравоохранения приходит к выводу, что последовательные эпидемиологические данные свидетельствуют о появлении хронических заболеваний рака, развития детского лейкоза, где имеются воздействия низкоинтенсивного магнитного поля. Хотя имеются определенные недостатки в проведении эпидемиологических исследований (в частности, предвзятостью выбора контроля и неправильной классификацией воздействия), а также отсутствием лабораторных или механистических доказательств [4].

Большинство индивидуальных эпидемиологических исследований по детскому лейкозу дали оценки относительного риска выше 1 для детей, подвергшихся воздействию полей выше 0,20 или 0,25 мТл, по сравнению со

всеми другими детьми или с теми, кто подвергся воздействию низких уровней [5].

Определено двухкратное увеличение риска развития детского лейкоза при воздействии магнитного поля в 0,4 мТл по сравнению с воздействием ниже 0,1 мТл путем объединенного анализа индивидуальных записей, которые соответственно отвечает предложенным критериям качества [6].

В 2005 году были опубликованы результаты исследования случай-контроль детей, родившихся в Англии и Уэльсе в период с 1962 по 1995 год. Результаты исследования установили, что градиенты опасности от ЭМП порождаемые высоковольтными линиями имеет следующий характер:

>600 м от линии при рождении, у детей, которые жили в пределах 200 м, относительный риск лейкемии составлял 1,69 (95 % доверительный интервал 1,13-2,53); у тех, кто родился между 200 и 600 м, относительный риск составлял 1,23 (1,02-1,49) [7].

Целью исследования китайских ученых явилась оценка влияния воздействия электромагнитных полей на уровень сывороточных липидов у работников электростанции. Поперечное исследование проводилось на электростанции в провинции Чжэцзян, Китай, с августа по сентябрь 2011 года. Все участники были разделены на две группы с высоким профессиональным воздействием ЭМП и низким профессиональным воздействием ЭМП. Профессиональное воздействие ЭМП включало радиочастотные и низкочастотные частоты. Профессиональное воздействие ЭМП было связано с повышенным уровнем холестерина липопротеидов низкой плотности (ЛПНП-с; $\beta = 0,17$ ммоль/л, $p = 0.022$). Группа высокого воздействия ЭМП с более длительным ежедневным воздействием имела значительно более высокие уровни общего холестерина, ЛПНП-с или триглицеридов, чем соответствующая референтная группа. Однако, достоверно, сниженный уровень холестерина липопротеидов высокой плотности наблюдался только в группе воздействия высокого ЭМП, где имелось высокое потребление электрической энергии. Аналогичные результаты были также обнаружены у 544 участников с имеющимися данными о липидах сыворотки крови в 2010 году. Полученные данные показали, что изменение уровня липидов в сыворотке крови было связано с воздействием ЭМП [8].

В последние годы увеличение числа систем телекоммуникаций и транспортировки электрической энергии вызвало огромную дискуссию как в научном сообществе, так и среди общественности о потенциальных рисках для здоровья, связанных с длительным воздействием электрического поля (ЭП), магнитного поля (МП) и электромагнитного поля (ЭМП) в рабочей и жилой среде. Эффекты, производимые взаимодействием этих физических агентов с биологическими системами, зависят от частоты, амплитуды полей и времени экспозиции. Группа авторов итальянских авторов Di Nallo, A.M., Strigari, L., Giliberti, C. et al. Пришли к выводу что вышеперечисленные эффекты можно классифицировать на термические и нетепловые. Первые хорошо известны с научной точки зрения и заключаются в производстве тепла в биологической системе; пределы воздействия, рекомендуемые национальным и

международным законодательствами, защищают от этого повреждения. Существование нетепловых эффектов представляет собой открытый вопрос; они касаются доказательств биологических изменений без эффективного повышения температуры. Научная дискуссия сосредоточена на этом вопросе, если долго излагать ЭП-МП-ЭМП уровни ниже предельных значений могут оказывать вредное воздействие на здоровье. Многие национальные и международные исследовательские проекты участвуют в этом исследовании с помощью *in vivo*, *in vitro* и эпидемиологических исследований [9].

Как следствие быстрого экономического развития, внутреннее потребление электроэнергии в Китае быстро росло в течение последних десятилетий. Общее потребление электроэнергии в Китае в течение 2014 года было самым высоким в мире и составляло 57 % потребления в Азии (<https://yearbook.enerdata.net/>). Китайские работники в индустрии электропитания испытали растущую рабочую нагрузку. В результате коммерциализации электроэнергетики в Китае рынок труда за последние несколько лет претерпел значительные изменения. Дерегулирование, приватизация и сокращение программ социального обеспечения привели к снижению гарантий занятости. Кроме того, работники, занятые в сфере электроснабжения, подвергаются воздействию многочисленных стрессоров, включая поражение электрическим током, травмы и травмы в результате несчастных случаев, плохую осанку тела, плохие погодные условия, работу на открытом воздухе и вахтовую работу. Длительное пребывание в изолированных регионах также повышает уровень трудового стресса. Крайне важно изучить взаимосвязь между стрессом на работе и трудоспособностью среди работников электроснабжения в Китае [10].

Рост потребления электрической энергии привело к социальному стрессу по воздействию электромагнитных полей на здоровье населения которые живут вокруг низкочастотных энергетических объектов. В нашей повседневной жизни 50 или 60 Гц - это самая распространенная частота электричества, которая попадает в чрезвычайно низкий частотный диапазон. В частности, была выражена озабоченность по поводу потенциальных неблагоприятных последствий воздействия ЭМП на развивающиеся растущие ткани детей [11].

Эксперты Всемирной организации здравоохранения сделали вывод о том, что продолжительность влияния электромагнитных полей, даже относительно уровня приводят к зарождению таких видов заболевания, как: раковые заболевания, изменение поведения, потеря памяти, болезни Паркинсона и Альцгеймера, синдром внезапной смерти внешне здорового человека (чаще это наблюдается в метро, электричках или вблизи мощных электросиловых установок), угнетение половой функции, увеличение количества самоубийств в крупных городах и многие другие негативные состояния. Наиболее опасно влияние электромагнитных полей для развивающегося организма в утробе матери, детей, а также людей, подверженных аллергическим заболеваниям [12].

Предложена рекомендация ВОЗ о продолжении исследований, научно-исследовательских работ, по выявлению воздействия низкочастотных

магнитных полей. Однако большинство предыдущих исследований воздействия низкочастотного магнитного поля на детей были сосредоточены на возникновении детского лейкоза и рака центральной нервной системы, злокачественных новообразований, наиболее часто упоминаемых в связи с низкочастотным магнитным полем у детей. Несколько объединенных анализов и обзоров выявили в целом последовательную, хотя и умеренную, связь между воздействием ЭМП на детей и риском развития детского лейкоза, хотя окончательного биологического механизма выявлено не было [13-15].

Группа авторов одновременно исследовали изменения физиологического состояния у людей, чтобы определить достоверное воздействие магнитных полей 60 Гц 12,5 мкТл на подростков. Две группы добровольцев из 30 взрослых и 30 подростков были протестированы с воздействием поддельных и реальных магнитных полей в течение 32 минут [16].

Исследования авторов были посвящены воздействию ЭМП на население, проживающих вблизи линий электропередачи высокого напряжения и которые облучается ионизирующими излучениями. В авторских работах особая внимания были уделены психоневрологическим расстройствам и нарушениям сна [17-24].

Исследование авторов были направлены на изучение воздействия электромагнитных полей крайне низкой частоты на качество сна на высоковольтных подстанциях (132, 230 и 400 кВ) в городе Керман и пригородах. Исследования проводились в разных частях подстанции путем измерения напряженности электрического поля и плотности магнитного потока. Проведена оценка профессионального воздействия путем усреднения напряженности электрического поля и плотности магнитного потока при сменной работе. В исследовании приняли участие 67 работников, подвергшихся воздействию электромагнитных полей в возрасте от 24 до 57 лет, а контрольными были 110 человек в возрасте от 24 до 50 лет. Качество сна обеих групп оценивалось с помощью Питтсбургского опросника индекса качества сна (PSQI). Наконец, эти данные были подвергнуты статистическому анализу. Результаты показали, что 90,5% случаев и 85,3% контрольных имели плохое качество сна в соответствии с PSQI (P-значение = 0,615). Общий средний балл качества сна для основной и контрольной групп составил $10,22 \pm 3,4$ и $9,74 \pm 3,62$ (значение P = 0,415) соответственно. Между тем время засыпания для пациентов ($35,68 \pm 26,25$ мин) было значительно выше, чем для контрольных ($28,89 \pm 20,18$ мин) (P-значение = 0,002). Пациенты имели среднюю продолжительность сна $5,49 \pm 1,31$ часа, что было ниже по сравнению с контрольными испытуемыми ($5,90 \pm 1,67$ часа). Хотя в группе пациентов с плохим качеством сна был более высокий процент, чем в контрольной группе, но статистически значимой разницы не наблюдалось [25].

Одним из побочных эффектов работы каждого электрического прибора является электромагнитное поле, создаваемое вблизи его рабочего места. Все организмы, включая человека, ежедневно подвергаются воздействию различных типов этого поля, характеризующихся различными физическими параметрами. Поэтому важно точно определить влияние электромагнитного

поля на физиологические и патологические процессы, происходящие в клетках, тканях и органах. Многочисленные эпидемиологические и экспериментальные данные свидетельствуют о том, что чрезвычайно низкочастотное магнитное поле, создаваемое линиями электропередачи и электрическими устройствами, а также высокочастотное электромагнитное излучение, испускаемое электронными устройствами, потенциально негативно влияют на циркадную систему. С другой стороны, ряд исследований не выявил влияния этих полей на хронобиологические параметры. В соответствии с современным состоянием знаний, некоторые ранее выдвинутые гипотезы, в том числе относительно ключевой роли нарушения секреции мелатонина в патогенезе заболеваний, вызванных электромагнитным полем, нуждаются в пересмотре [26].

Как известно, мы сейчас живем в электромагнитной среде, и наша среда обитания - это пространство, пополняемое электромагнитным полем или волнами различной частоты и силы, которые генерируются излучениями высоковольтных линий электропередачи, различных электроприборов, микроволновых станций и радиоаппаратуры и так далее. С развитием промышленности и сельского хозяйства, науки и медицины высоковольтные линии электропередачи, телевидение, радио, приборы и приборы с электромагнитным и микроволновым излучением широко распространены и заполнены в нашем жизненном пространстве, они могут облучать большое количество окружающих электромагнитными полями, волнами различной силы и частоты.

В этом случае совершенно необходимо узнать, могут ли эти электромагнитные поля или волны окружающей среды влиять на здоровье мужчин и женщин и наносить им вред. Это означает, что также весьма необходимо и более актуально изучить действительно биологическое действие этих окружающих электромагнитных полей (ЭМП) и волн (ЭМВ). На практике эта проблема была исследована уже около 50 лет большим количеством мужчин и женщин, и было опубликовано большое количество результатов исследований и статей. Например [27-32] изучали влияние электромагнитного облучения высоковольтных линий электропередачи (ВЛЭП) на пролиферацию клеток, особенности крови и ее реологические свойства, электромагнитные свойства биологических тканей, а также молекулярную структуру миоглобина у крыс и мышей. Zhang Y и другие авторы [33,34] исследовали экспрессию матриксных металлопротеиназ и белков плотного соединения, а также изменения спектра флуоресценции сыворотки крови крыс, возникающие при электромагнитном облучении, Beebe S., Fox P., Rec L., Somers K, Stark R., и другие [35] изучали влияние электромагнитного облучения ВЛЭП на крыс, изучали влияние высоковольтной линии электропередачи на очаг человека, а авторами исследованы воздействие хронического синусоидального слабого магнитного поля частотой 50 Гц на гормоны гипофиза крыс [36,37].

В работе обсуждался логический эффект воздействия микроволн и сверхнизкочастотных магнитных полей на фагоцитарную активность макрофагов крыс, подвергнутых различной обработке. В то же время эпидемиологические исследования показывают, что ЭМВ и ЭМП, в том числе ЭМП ВЛЭП, всегда

вредны для здоровья животных, мужчин и женщин. Однако правильного и успешного вывода по этой проблеме до сих пор не получено. Это свидетельствует о трудностях исследования точного влияния электромагнитного поля или волны, например ЭДС, излучаемой высоковольтными линиями электропередачи, на здоровье мужчин и женщин. Причины, приводящие к такому состоянию, заключаются в том, что, с одной стороны, не были использованы и получены правильные и достоверные экспериментальные методы и результаты, а с другой стороны, до сих пор не выявлен механизм влияния электромагнитного поля на жизнедеятельность человека. С большим увеличением и широким использованием электрических приборов и приборов в промышленности, сельском хозяйстве, медицине и повседневной жизни, которые использовали все ЭМП или электрические токи ВЛЭП, как в плотности распределения, так и в длине линий электропередачи, что приводит к большому увеличению силы и площадей электромагнитного излучения, живых средах. В данном случае особенно необходимо и более срочно изучить биологические эффекты электромагнитного поля ВЛЭП. Это означает, что мы должны полностью и глубоко исследовать механизм биологического действия электромагнитного поля ВЛЭП и их свойства, используя некоторые новые идеи и новые методы, которые могут реально и непосредственно объяснить и продемонстрировать биологические эффекты ЭМП ВЛЭП и ее влияние на здоровье мужчин и женщин [38].

В работе отражены исследования биологические эффекты электромагнитного поля, излучаемого ВЛЭП частотой 50 Гц, и его влияние на здоровье мужчин и женщин с использованием метода эпидемиологического обследования и прямого измерения физиологических особенностей. Авторами также было исследовано влияние электромагнитного излучения ВЛЭП с частотой 50 Гц на свойства электрической информации мозга, сердца и мышц у животных с помощью специального метода. Главные особенности исследуемого метода заключаются в том, что время воздействия электромагнитного поля, излучаемом ВЛЭП, для животных очень больше, что составляет около 400 дней, а не 20 или 30 дней. Это основано на свойствах биотканей и электромагнитных излучениях ВЛЭП, а также их взаимодействиях [40]. Поскольку известно, что действия электромагнитных излучений ВЛЭП более низких частот на биоткани или жизненные тела имеют домен, а не точку, с одной стороны, биоткани обладают всеми механическими свойствами упругости и биологическими свойствами самовосстановления и самосборки, самовоспроизведения и самомодуляции с другой. Эти свойства определяют или определяют, что время облучения ВЛЭП должно быть достаточно длительным, иначе оно не имеет эффекта или его эффекты нестабильны или неопределенны. Это в свою очередь, объясняется тем, что измененные свойства биотканей под действием ЭМП легко могут быть восстановлены до исходных состояний, если время облучения коротко, особенно для макроскопических биологических эффектов, таких как свойства электрической информации мозга, сердца и мышц. Поэтому подчеркнута важность длительного воздействия на

живой организм. Таким образом, показано, что биологические эффекты ЭМП ВЛЭП, полученные этим методом, достоверны и надежны [39].

Недавняя оценка опасности, проведенная консорциумом Advanced Research on Interaction Mechanisms of emergency exposures with Organisms for Risk Assessment (ARIMMORA) consortium, рассмотрела имеющиеся научные данные, опубликованные до марта 2015 года [40], и подтвердила предыдущие оценки риска IARC [41] и SCENIHR [42]. В полученных данных были обоснованы, что эпидемиологические данные о взаимосвязи низкочастотного МП и детского лейкоза согласуются с возможной канцерогенностью у человека.

Эпидемиологические данные относительно последовательны. Однако исследования на животных и токсикологические исследования до сих пор не смогли обеспечить биологический механизм канцерогенности при низких уровнях воздействия, когда в эпидемиологических исследованиях наблюдался повышенный риск развития лейкоза у детей. В дополнение к детскому лейкозу существует также озабоченность тем, что нейродегенеративные заболевания [43] или связанное со здоровьем качество жизни [44] могут быть связаны с длительным воздействием низкочастотного МП от линий электропередач.

1.2 Современное состояние экологических проблем строительства новых низкочастотных энергетических объектов

Президент Республики Казахстан, в своем послании народу Казахстана «Конструктивный общественный диалог – основа стабильности процветания Казахстана» от 2 сентября 2019 года главным приоритетом поставил задачу «Экономика знаний», где были предначертаны возможности внедрение искусственного интеллекта во всех сферах экономики и промышленности, как основного фактора глобального процесса [45].

В этой связи применение цифровых технологий в области проведения экологической экспертизы на базе промышленных, в том числе и энергетических объектов стала основным аспектом в решении наукоемких задач.

Снижения уровня электромагнитных нагрузок на окружающую среду становится ключевым аспектом в области обеспечения экологической безопасности на населения и на окружающую среду в целом.

На сегодня одним из важных задач перед энергетиками и экологами является проведение всесторонней экологической экспертизы, с последующим снижением уровня электромагнитных нагрузок на экосистему.

Это, в свою очередь объясняется несколькими ключевыми факторами: рост населения, урбанизация, появление новых производственных объектов и увеличение числа инвестиционных проектов, которые сопровождаются ростом потребления электрической энергии и, соответственно, увеличением канцерогенного риска на окружающую среду. Вышеперечисленные

обостряющие процессы приводят к повышению уровня электромагнитного загрязнения экологической среды жилых зон.

Статические данные международных организаций, эпидемиологические исследования, а также отдельные исследования зарубежных авторов доказывают, что определенный диапазон уровня напряженности электрического и магнитного поля имеет обоснованный повышенный канцерогенный риск на экосистему [46].

В авторских исследованиях сформулированы основные следствия воздействия электромагнитного поля, на окружающую среду порождаемые низкочастотными энергетическими объектами. Низкочастотные энергетические объекты считаются основными техногенными объектами, которые представляют опасность, имея высокие потери при передаче и распределении электрической энергии, создавая ионообразующие слои в земной поверхности, которые распространяются на определенном радиусе и долго сохраняют свою излучаемую способность. Необходимо отметить, что население, находящееся на значительном расстоянии, расстоянии от излучаемых объектов, могут находиться в зоне активного воздействия электрического и магнитного полей. В свою очередь это сформулировано повышенным электромагнитным загрязнением жилых массивов порождаемые вторичными линиями электропередачи. С другой стороны, люди и животные могут распространять электрическую энергию, как усилители электромагнитной загрузки. Так, как интенсивность электромагнитного поля имеет свое определенное воздействие на агропромышленный комплекс и сопредельно на ее отдельные виды (к примеру растения), дает понять, что воздействия электромагнитного поля имеют некий объединенный характер. Однако влияния электромагнитного поля на ту или иную биологическую систему имеют разные канцерогенные риски.[47].

В связи с перспективами развития информационно-коммуникационных технологий, а также гигантская растущая потребность транспорта и передачи электрической энергии, привело к тому что, электромагнитное загрязнение искусственного происхождения стала важным фактором с высокой биологической активностью, которая расширяет свой масштаб загрязнения окружающей среды, начиная в крупных мегаполисах и заканчивая маленькими населенными местностями. Всемирная организация здравоохранения включила данную проблему в число наиболее актуальных проблем. За несколько последних десятилетий электромагнитное поле антропогенного происхождения был сформирован как новый фактор загрязнения окружающей среды. Мировые и отечественные специалисты в данной отрасли соотносят электромагнитное загрязнение, к числу сильнодействующих экологических факторов с катастрофическими последствиями для всего живого.

Необходимо отметить, что характерной чертой электромагнитного загрязнения городов является его многочастотность и многофакторность, когда на определенный участок городской территории оказывают воздействия несколько источников излучения с разными частотами, интенсивностью и местами расположения [48].

Электрические подстанции, линии электропередач и их распределения являются одними из широко известных источников электромагнитного загрязнения. Развитие и расширение энергетических систем во всем мире привело к повышению уровня электромагнитного поля, а также воздействия электромагнитного излучения на организм человека и биоорганизмы в целом [49].

Электрическая энергия транспортируется от электростанции к подстанциям по воздушным электрическим линиям, а оттуда к конечным потребителям электромагнитными полями, которые распространяются по всем линиям. Величины полей наиболее высоки под линиями и быстро уменьшаются в зависимости от расстояния электромагнитного излучения [50].

Ряды зарубежных авторских исследований было направлено на оценку и анализ величин электрических и магнитных зарядов вблизи высоковольтных линий электропередачи [51-53].

Высокая напряженность электромагнитных полей может индуцировать значительные напряжения и токи в проводящих элементах, расположенных в непосредственной близости от них. Во многих публикациях по всему миру изучаются эффекты электромагнитных полей, исходящих от линий электропередач и станций мобильной связи, а также анализируются режимы передачи энергии [54,55].

Исследование евро-барометра 2007 года показало сильную озабоченность европейского населения электромагнитными полями. Поскольку в ряде исследований основное внимание уделялось механизму, с помощью которого электромагнитные поля могут влиять на здоровье людей, представляется очевидным, что различные представления о рисках могут приводить к различным действиям. Некоторые люди приходят к выводу, что текущие данные о рисках для здоровья от чрезвычайно низких частот (ELF) полей настолько слабы, а возможные риски настолько малы, что никаких действий не требуется. Другие находят даже малейшую возможность риска достаточно тревожной и больше соглашаются с принципом предосторожности. Идея разумного избегания, связанного с ограничением воздействия, была предложена в качестве средства контроля воздействия на поля низкочастотных энергетических объектов, если есть какие-либо сомнения в том, что они безвредны. [56].

В связи с этим различными международными организациями охраны труда установлены предельные значения воздействия электромагнитных полей на рабочие и общественные места. К данным организациям относятся Международная комиссия по защите от неионизирующего излучения (ICNIRP) и стандартный институт инженеров электротехники и электроники (IEEE). Данными организациями устанавливаются основные ограничения на плотность электрического тока, индуцируемого в организме полями низкочастотных энергетических объектов, главным образом для того, чтобы избежать опасности поражения электрическим током, минимизировать опасность ожога и уменьшить помехи для медицинских имплантатов. В 1989 году Всемирная организация здравоохранения предложила предел

индуцированного тока в организме человека ($10 \text{ мА} / \text{м}^2$). Вдохновленная этим предложением и аналогичной рекомендацией ICNIRP, в июне 1999 года Европейская комиссия приняла рекомендацию совета относительно ограничения воздействия на население низкочастотных электромагнитных полей [57-59].

Главной целью авторов исследования стало определение пригодности территории для строительства новых школ с учетом воздействия электромагнитного поля. Конкретная цель данного исследования состояла в том, чтобы определить безопасное расстояние от ЭМП, создаваемой воздушными линиями электропередачи высокого напряжения в непосредственной близости от указанного участка. Измерения проводились как для электрического, так и для магнитного полей в разные месяцы с целью выявления наиболее высоких уровней ЭМП в период пиковых нагрузок. Для измерений использовались EMDEX II с электронным зондом и EMDEX II с Линдой. Все эти приборы были откалиброваны компанией ENERTECH в США. Безопасное расстояние от высоковольтных линий электропередач, напряжением 300 кВ должно быть в пределах 200 м, от высоковольтных линий электропередач напряжением 132 кВ оно должно составлять приблизительно 50 м. Учитывая данные ограничения, был сформирован участок для строительства школ [60].

Авторами представлены экспериментальное и модельное исследования электромагнитной обстановки вблизи высоковольтной подстанции. В исследованиях в качестве основных объектов были взяты восточные части Алжира (город Аннаба), заданной с очень высокой плотностью населения. Проанализировано влияние электромагнитных полей, исходящих от связанных многолинейных высоковольтных энергосистем (МЛХВ), на здоровье работников и людей, проживающих в непосредственной близости от подстанций [61].

Экспериментальные измерения для предложенной многолинейной энергосистемы проводились в свободном пространстве под высоковольтными линиями. Интенсивность полей измерялась с помощью эталонного и калиброванного измерителя электромагнитного поля РММ8053В для уровней 0 м, 1 м, 1,5 м и 1,8 м, представляющих чувствительные части человеческого тела, такие как органы и основные функции (голова, сердце, таз и ноги). Результаты измерений были подтверждены численным моделированием с использованием метода конечных элементов и сопоставлены с предельными значениями международных стандартов. Авторы в своей исследовательской работе планируют установить собственные национальные стандарты воздействия электромагнитных полей, чтобы создать региональную базу данных, которая будет находиться в распоряжении заинтересованных партнеров для обеспечения безопасности людей и главным образом работников внутри высоковольтных электрических подстанций [62].

На сегодня с приобретением и ростом спроса на надежные и возобновляемые источники энергии, а также снижением выбросных нагрузок

на окружающую среду вводятся новые высоковольтные линии электропередачи [63].

По прогнозам национальных энергетических компаний в Нидерландах в ближайшее время будет введено в эксплуатацию в общей сложности 350 километров воздушных линий электропередачи напряжением 380 кВ. Введение такого нового маршрута ЛЭП может оказывать значительное отрицательно влияние на жителей, проживающих поблизости. Это, в свою очередь приводит к сопутствующим факторам, как повышение шума, электромагнитное воздействие, которые создадут потенциальные риски для здоровья населения [64,65].

Некоторые жители Малайзии связывают неспецифические жалобы на здоровье с воздействием электромагнитных полей от близлежащих линий электропередач, которая вызывает социальную озабоченность среди населения [66,67].

Протокол исследования авторов описывает дизайн и обоснование перспективного исследования, уточняющего, вызывает ли введение новой линии электропередачи реакцию здоровья у жителей, живущих поблизости.

Исследование разработано как квазиэкспериментальное полевое исследование с двумя предтестами при строительстве новой трассы ЛЭП и двумя посттестами после ввода ее в эксплуатацию. Ключевыми результатами являются самостоятельные сообщения о неспецифических соматических и когнитивных жалобах на здоровье населения и отнесение этих жалоб на здоровье к линии электропередачи. Главным определяющим фактором является близость к новому маршруту линии электропередачи. К участию приглашаются по одному члену каждого домохозяйства ($n = 2379$), проживающего в непосредственной близости (0-500 метров) от воздушных участков новой трассы ЛЭП в Нидерландах, а также выборка членов домохозяйств ($n = 2382$), проживающих дальше (500-2000 метров). Многоуровневый анализ будет направлен на проверку того, связано ли увеличение ключевых показателей результата с близостью к линии электропередач высокого напряжения. Лонгитюдные модели структурных уравнений будут применяться для проверки того, в какой степени реакции здоровья опосредованы психосоциальными механизмами здоровья и модулируются негативными ориентированными чертами личности. Исследование является одним из первых исследований, в котором перспективно исследуется реакция здоровья на новый маршрут линии электропередачи. Полученные результаты позволят получить теоретическое представление о психосоциальных механизмах, действующих при внедрении риска для здоровья окружающей среды, и могут предложить политикам и другим заинтересованным сторонам рекомендации по минимизации неблагоприятных последствий для здоровья при внедрении новых высоковольтных линий электропередачи [68].

Авторами представлены основные факторы влияния отдельных высоковольтных линий электропередач напряжением 110 кВ на жилую среду на примере города Чунцина КНР. В соответствии с методикой, определенной национальными гигиеническими стандартами, в качестве контрольных точек

были выбраны отдельные соседние жилые дома, высоковольтные линии вдоль конкретной улицы и различные расстояния вокруг ее вертикальной проекции. Соответственно измерялись уровни электромагнитных излучений. В этом исследовании в пределах частоты 5-1000 Гц напряженность электрического и магнитного полей каждого объекта мониторинга была ниже, чем стандарты воздействия на население, установленные международной комиссией по защите от неионизирующего излучения. Однако напряженность электрического поля на крыше, примыкающей к высоковольтным линиям, была значительно выше, чем на других этажах тех же зданий (*n* Измерения электромагнитного излучения различных контрольных точек, расположенных под одними и теми же высоковольтными линиями, показали, что места, расположенные ближе к высоковольтной линии, поддерживают стабильно более высокий уровень излучения, чем более удаленные места ($P < 0.05$). Электромагнитное излучение, генерируемое высоковольтными линиями, уменьшается пропорционально расстоянию от них. Здания могут в некоторой степени экранировать (или поглощать) электрические поля, генерируемые находящимися поблизости высоковольтными линиями. Интенсивность электромагнитного излучения вблизи высоковольтных линий может быть уменьшена или усилена по мере установки высоковольтных линий относительно к жилым зонам, и это заслуживает внимания с точки зрения потенциального воздействия на здоровье человека [69].

В работе представлена статистическая значимая положительная связь между детским лейкозом и расстоянием от домашнего адреса при рождении до высоковольтных воздушных линий электропередачи. В исследовании была получена оценка магнитного поля, порождаемого линиями электропередачи высокого напряжения для адреса каждого ребенка, включенного в дистанционное исследование, и соотнесено это непосредственно с риском развития детского рака [70].

Авторами были проанализированы и сформулированы основные рассуждения о повышенном риске детского лейкоза, которые сопровождаются относительно высокими уровнями значения воздействия магнитных полей порождаемые высоковольтными линиями, расположенными вблизи жилых массивов [71,72].

Уровень воздействия магнитных полей зависит от расстояния, и их значения уменьшаются с увеличением расстояния облучаемых от воздушных линий электропередачи.

В 2016 году авторы из Калифорнии ввели коррективы, по проявлению детской лейкемии у проживающих вблизи линий электропередач на расстоянии 50 м. Доверительный интервал составил 1,4 (95% доверительный интервал:0,7-2,7) [73].

В 2014 году британские ученые провели повторный анализ к данным предыдущих исследований в отношении расстояния и обнаружили повышенный риск для детей, живущих вблизи воздушных линий электропередач в период с 1962 по 1989 год, но не в более поздний период (1990-2008 годы). Изменение структуры риска было вызвано увеличением

распространенности облучения в контрольных группах, в то время как доля облученных случаев оставалась стабильной в течение длительного времени [74].

Авторами представлена трехмерная модель расчета длительного воздействия экстремально низкочастотных магнитных полей от высоковольтных воздушных линий электропередачи, а также ее валидация измерениями. Валидация модели была применена к двум различным высоковольтным воздушным линиям электропередачи в Иффвиле и Вилере (Швейцария). Для учета суточных и сезонных колебаний каждое измерение проводилось в течение 48 часов, и измерения проводились шесть раз на каждом участке с интервалом примерно в два месяца, в период с января по декабрь 2015 года. При каждом измерении поперечный разрез плотности магнитного потока определялся в середине пролета из девяти точек измерения в диапазоне 80 м. Технические данные обеих линий, а также данные о потоке нагрузки в периоды измерений предоставлялись сеточными операторами. Эти данные были использованы для расчета 48-часовых средних абсолютных значений плотности магнитного потока и сравнения с моделируемыми значениями. Самый высокий средний показатель за 48 ч составил 1,66 Т (центр линии в Иффвиле). Среднее значение магнитного поля за 48 ч составило 22 нТл (расстояние 80 м от центральной линии в Иффвиле). В среднем плотность магнитного потока была завышена на 2% (Стандартное отклонение: 9%) в Iffwil и занижена на 1% (8%) в Wiler. Анализ чувствительности показал, что неопределенность в основном обусловлена ошибками в координатах и данных о высоте. В частности, для предсказаний вблизи центра линии очень важна точная цифровая модель рельефа [75]

На сегодняшний день патологическое значение биологических эффектов, возникающих при воздействии электромагнитного поля, создаваемого воздушными электрическими линиями (ВЛ), неизвестно. Проблема возможных воздействий продолжает волновать население, специалистов в области санитарной защиты, строителей высоковольтных и сверхвысоковольтных ВЛ, а также население в непосредственной близости от электростанций, линий электропередач или станций [76].

Однако обоснованность оценки воздействия была важной частью изучения экологической эпидемиологии. Целью авторского исследования было получение модели, позволяющей получать точные долгосрочные средние значения низкочастотного МП от воздушных линий на больших площадях с учетом суточных и сезонных колебаний потока нагрузки для возможного применения в эпидемиологии и мониторинге. Таким образом, в ходе пилотного исследования в 2009 году была разработана методология и трехмерная компьютерная модель [77], а также определены необходимые входные данные. Затем эти данные были получены от оператора электросети для участка протяженностью 31 км двухконтурной линии 220 кВ Мюльберг-Бикиген/Линденхольц, для которого было проведено моделирование и рассчитаны карты экспозиции. В авторском исследовании было проведено измерительное исследование для проверки модели на двух различных

высоковольтных воздушных линиях электропередачи путем сравнения измеренных профилей низкочастотного МП, ортогональных воздушным линиям [78].

В авторской работе исследователей [79] представлены результаты оценки электромагнитного поля (ЭМП) вблизи высоковольтной электростанции, расположенной в Южной Трансильвании, Румыния. Основными учитываемыми параметрами являются, согласно всем стандартам и рекомендациям, среднеквадратичное значение низкочастотной (0-300 Гц) напряженности электрического поля E (в кВ/м) и плотности магнитного потока H (в МкТ). Измерения проводились вблизи всех критических элементов оборудования (трансформаторы, выключатели, шинопроводы, воздушные линии) в соответствии с европейской директивой по ЭМП. Некоторые измерения производились в зависимости от расстояния до высоковольтного оборудования, другие - в зависимости от изменения времени. Основная цель состояла в том, чтобы проверить соблюдение конкретных пределов и, при необходимости, определить защитные меры. Наконец, были определены безопасные сроки воздействия для персонала, работающего на этих объектах. В будущем энергетическим компаниям будут доступны подробные карты вариаций ЭМП.

1.3 Мониторинг электромагнитной обстановки на жилых массивах вблизи линий электропередачи высокого напряжения

Важность проведения мониторинга электромагнитной обстановки порождаемого высоковольтными линиями имеет систематический характер с точки зрения получения экологического анализа о состоянии окружающей среды. Для получения адекватной оценки о воздействиях электрического и магнитного полей на окружающую среду необходимо установить предельно допустимые уровни напряженности электрических и магнитных полей, которые и являются численными индикаторами, отражающие степень ее опасностей.

При проведении экологического анализа для выявления радиационной опасности вокруг низкочастотных энергетических объектов на окружающую среду, а также при установлении предельно-допустимого уровня напряженности электрического поля, в качестве основных и оценивающих индикаторов, в работе были взяты [80]:

- расстояние рассматриваемого объекта от ЛЭП высокого напряжения;
- высотная зона распределения электрического поля, которую можно разделить на несколько зон с точки зрения строения ионных оболочек;
- время пребывания рабочего персонала, населения, а также жителей жилых домов в зонах электромагнитной радиации в зависимости от их местности облучения.

Создаются определенные трудности при проведении мероприятий по снижению воздействия электромагнитного излучения на всей территории, что и приводят к целенаправленному проведению электромагнитного мониторинга, оценивается состояния окружающей среды по установленным критериям, делается прогнозы рекомендательного характера по электромагнитной

обстановке и создается определенная информационная база для целевого назначения. При оценке электромагнитной обстановки окружающей среды необходимо руководствоваться регламентирующими документами, где четко указан критерий ПДУ ЭМП при его воздействии на человека. Здесь также учитывается и уровень вредного фактора, который не должен сопутствоваться с заболеваниями или отклонениями здоровья. Это в свою очередь определяется путем применения современных методик исследования, в отдаленные сроки жизни настоящего и будущего поколений [81].

В соответствии с работами по целевой направленности различают следующие виды мониторинга:

- электромагнитный мониторинг для оценки санитарно-гигиенического состояния окружающей среды, загрязненной электромагнитным полем энергетических и телекоммуникационных технических средств;
- геоэкологический электромагнитный мониторинг состояния окружающей среды;
- социально ориентированный электромагнитный мониторинг;
- оперативный электромагнитный мониторинг.

Мониторинг электромагнитной обстановки, реализуемый для целей санитарно-гигиенической экспертизы, проводится на этапах проектирования, строительства и эксплуатации высоковольтных линий. Мониторинг направлен на прогнозирование электромагнитной обстановки, путем получения основных расчетных данных.

Расчеты обычно проводятся на критические режимы работы: условия прямой видимости, предельные нагрузки, максимальные излучаемые мощности и прочее. Полученные результаты будут представлены в виде санитарно-гигиенического заключения на излучающий объект, и состоит из материалов по санитарно-защитным зонам конкретного объекта.

При проведении геоэкологического мониторинга с целью оценки электромагнитной обстановки окружающей среды охватывается большая территория, а также большое количество разнородных технических систем. В ходе проведения экологической экспертизы учитывается и неоднородность структуры рельефа местности, которая повышает воздействия ЭМП на окружающую среду. В ходе оценки электромагнитной обстановки требуется наличие системы обобщенных оценок как оборудования, так и создаваемой ими угрозы. Полученные результаты экспертизы должны обеспечить вкладов излучающих средств и возможность прогнозирования энергетических запасов оборудования.

Социально ориентированный электромагнитный мониторинг позволяет своевременно и оперативно представлять данные по оценке уровня электромагнитного загрязнения населению, с наглядной ее визуализацией. Мониторинг данного назначения должен обладать доступностью для населения с последующей корректировкой при выявлении новых проблем и вопросов по электромагнитной обстановке.

Оперативный электромагнитный мониторинг реализуется операторами телекоммуникационных сетей, и позволяет непрерывно оценивать возможности

оборудования, а также ее работоспособность в телекоммуникационных и электросетевых объектах [81, стр 54-56].

При составлении комплексного прогноза электромагнитной обстановки необходимо учитывать также фоновые изменения интенсивности ЭМП, обусловленные иными факторами. К таким факторам относятся предельно допустимые уровни интенсивностей (напряженностей электрического и магнитного полей) для каждого вида объекта. Полученные данные создают ситуационную модель энергетической инфраструктуры региона, которая представляет собой достаточно полное формализованное описание системы энергоснабжения, с находящейся в нем системой источников и учитывающая характеристики рельефа местности, локализацию источников, а также системные связи и ограничения (главным образом по дислокации и тактике работы объектов) [82,83]

1.3.1 Данные ПДУ для анализа состояния окружающей среды

Предельно допустимые уровни (ПДУ) электрического и магнитного полей европейских стандартов составляет 5 кВ/м для населения, которые проживают вблизи линий электропередачи высокого напряжения и 10 кВ/м для рабочего персонала, который напрямую контактирует с низкочастотными энергетическими объектами. В стандарте гигиенической оценки электромагнитных полей постсоветских стран составляет 1 кВ/м для населения, которые проживают вблизи линий электропередачи высокого напряжения 5 кВ/м для рабочего персонала, который напрямую контактирует с низкочастотными энергетическими объектами.

Согласно, СанПин РК "Защита населения от воздействия электрического поля, создаваемого высоковольтными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты" № 3.01.036-97 № 3.05.037/у-97 и СТ РК 1150-2002 «Электромагнитные поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля» ПДУ напряженности электрического поля классифицируется следующим образом:

Таблица 1 – Допустимые уровни воздействия электрического поля (ЭП) промышленной частоты (ПЧ) на населения от ЛЭП

| ПДУ ЭП ПЧ, кВ/м | Условия облучения |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0,5 | внутри жилых зданий |
| 1 | на территории зоны жилой застройки |
| 5 | в населенной местности вне зоны жилой застройки; (земли городов в пределах городской черты в границах их перспективного развития на 10 лет, пригородные и зеленые зоны, курорты, земли поселков городского типа в пределах поселковой черты и сельских населенных пунктов в пределах черты этих пунктов). Также для линейных персоналов, которые контактирует с низкочастотными энергетическими объектами (в нашем случае – ЛЭП). |
| 10 | на участках пересечения воздушных линий электропередачи с |

| | |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | автомобильными дорогами I-IV категорий. |
| 15 | в ненаселенной местности (незастроенные местности, хотя бы и часто посещаемые людьми, доступные для транспорта и сельскохозяйственного угодья) |
| 20 | в труднодоступной местности (недоступной для транспорта и сельскохозяйственных машин) и на участках специально выгороженных для исключения доступа населения |

Из таблицы видно, что имеются определенные различия ПДУ между населением и производственным персоналом, который часто контактирует с энергоустановками высокого напряжения. В свою очередь линейный персонал, который часто находится в зонах воздействия ЭМП, должна проходить периодическое медицинское обследование, и получать различные материальную и социальную помощь со стороны государства. Для защиты населения от воздействия ЭМП устанавливается санитарно-защитная зона, которые регламентируется руководящими документами [84,85,86]

Учитывая предельно-допустимые уровни напряженности электрического и магнитного полей в разных условиях, предусматривается 2 вида защиты (защита временем и расстоянием) от электромагнитного излучения низкочастотных энергетических объектов.

Согласно приказу министра энергетики Республики Казахстан от 28 сентября 2017 года №330 «Об утверждении Правил установления охранных зон объектов электрических сетей, и особых условий использовании земельных участков, расположенных в границах таких зон» [87].

В таблице 2 представлена установленная охранный зона ЛЭП высокого напряжения.

Таблица 2 - установленная охранный зона ЛЭП высокого напряжения

| 1-20 кВ | 35 кВ | 110 кВ | 220 кВ | 330 кВ | 500 кВ | 1150 кВ |
|---------------|--------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| не менее 10 м | не менее 15м | не менее 20 м | не менее 25 м | не менее 30 м | не менее 35 м | не менее 55 м |

Согласно СТ РК 1150-2002 «Электромагнитные поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля» для электрического поля промышленной частоты допускается пребывание персонала без специальных средств защиты в течение всего рабочего дня в электрическом поле напряженностью 5 кВ/м. В интервале свыше 5 кВ/м до 20 кВ/м включительно допустимое время пребывания определяется по формуле [88]:

$$T = \frac{50}{E} - 2 \quad (1)$$

где T - допустимое время пребывания в зоне активного воздействия электрического поля, час. E – напряженность воздействующего поля в контролируемой зоне, кВ/м.

При напряженности поля свыше 20 кВ/м до 25 кВ/м время пребывания персонала в поле не должно превышать 10 мин.

Внутри жилых зданий принято $E_{пддУ}=0,5$ кВ/м, на территориях зоны жилой застройки 1 кВ/м [80, стр 18-20].

1.3.2 Внешние воздействующие факторы – факторы электродинамического исследования

Выше были отмечены основные предельно допустимые уровни напряженности электрического и магнитного полей, которые имеют свои воздействия на окружающую среду. Важным аспектом электродинамического моделирования состоит в том, что уровни напряженности электрических и магнитных полей имеют непрерывно динамический характер, которые сопровождаются технологическими и климатическими условиями (суточное изменение электрических нагрузок, провисания проводов в зависимости от температуры окружающей среды, скорости ветра и рельефа местности).

Изменение напряженности магнитного поля напрямую связано с изменением токовых нагрузок, которые имеют диапазон колебаний в зависимости от спроса на потребление электрических нагрузок. Следует отметить, что не только сезонные, но и суточные перепады электрических нагрузок приводят к повышению уровня напряженности магнитного поля. Поэтому важным фактором при урегулировании электрических нагрузок является получение достоверных данных для численного моделирования при анализе изменения воздействия магнитного поля на состояние окружающей среды.

При изменении уровней напряженности электрического поля основную роль играют провисания проводов, которые зависят от температуры окружающей среды, скорости ветра и от рельефа местности [89].

В Словении было принято законодательство, где четко указаны предельные лимиты для реконструированных и вновь построенных линий электропередач высокого напряжения.

Поскольку предельные значения допустимых выбросов электрических и магнитных полей чрезвычайно строги, очень важен правильный расчет этих выбросов, вызванных вновь построенными и реконструированными воздушными линиями электропередачи. В работе предлагается метод расчета выбросов магнитного и электрического полей, вызванных воздушной линией электропередачи, с учетом провисания проводника [90].

1.4 Методика расчета ЭМП, порождаемого низкочастотными энергетическими объектами

Особенности моделирования электрического поля, порождаемые линией электропередач высокого напряжения.

В работе представлен трехмерный квазистатический численный алгоритм расчета электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи. Учитывается реальная цепная форма фазных проводников и защитных проводов воздушной линии электропередачи с произвольным числом прямых тонкопроволочных цилиндрических сегментов активных и пассивных проводников. Для получения более точных результатов распределения плотности заряда сегментация проводится для каждого пролета воздушной линии электропередачи отдельно. Кроме того, учитывается наличие башен, которые искажают электрическое поле и значительно уменьшают его величину. Поэтому опоры воздушных линий электропередачи аппроксимируются тонкопроволочными цилиндрическими сегментами пассивных проводников с электрическим потенциалом, равным нулю. Из собственных и взаимных коэффициентов этих компонент была получена система линейных уравнений для вычисления распределения плотности заряда. В численном примере показано распределение напряженности электрического поля вблизи опор и под средним пролетом воздушных линий электропередачи. Для проверки точности представленной модели полученные результаты сравниваются с аналогичными опубликованными примерами и результатами, доступными в литературе [91].

Особенности моделирования магнитного поля, порождаемого линией электропередачи высокого напряжения

В численных моделях для вычисления магнитного поля с частотой мощности применяются различные методологии, начиная от метода моментов, метода конечных элементов, метода граничных элементов, метода конечных разностей временных областей, метода моделирования заряда и различных гибридных методов. Во всех этих моделях задача рассматривается как квазистатическая [92-94], и поэтому ослаблением и сдвигом фазы магнитного поля пренебрегают без потери точности. Для расчета магнитного поля воздушной линии электропередачи широко используются упрощенные 2D-модели, основанные на законе Био-Савара [95-104]. В большинстве этих моделей проводники линий электропередачи удовлетворяют приближению тонкой проволоки и рассматриваются как бесконечные линейные источники, расположенные на постоянном расстоянии от поверхности земли. Количество линейных источников равно количеству проводников линии электропередачи, и учитывается вклад каждого проводника. Расчет магнитного поля заглубленных кабельных линий, а также различные решения магнитной защиты представлены в работах [104-109]. В последние годы эти 2D-модели заменяются более сложными 3D-моделями [110-113], которые могут учитывать цепную форму проводников линий электропередач. Следовательно, можно получить более точные результаты измерения магнитного поля частоты мощности в любой точке при сложных конфигурациях воздушных линий электропередачи. В данной работе представлена трехмерная квазистатическая численная модель для расчета магнитного поля, создаваемого линиями электропередач. Проводники пролета линии электропередачи аппроксимируются набором прямых тонкопроволочных цилиндрических сегментов проводника, а гармонический по времени ток, протекающий вдоль оси проводника,

аппроксимируется постоянным значением. Представлено сравнение результатов, которой распределения плотности магнитного потока линий электропередачи, полученных с помощью разработанной 3D-модели, упрощенной 2D-модели и вычислительного модуля HIFREQ программного пакета CDEGS. Представленная здесь трехмерная квазистатическая численная модель для вычисления магнитного поля является частью более широкой квазистатической электромагнитной модели для вычисления электрического и магнитного полей линий электропередач и подстанций, которая основана на применении метода конечных элементов к формулировке интегрального уравнения [114].

Аналитическая методика расчета электромагнитных полей. Метод зеркального изображения.

Учитывая особенности вычисления электрического и магнитного поля в динамике изменение его пределов, самым оптимальным аналитическим методом является метод зеркального изображения

Метод зеркального изображения основан на разложении векторов напряженности электрического и магнитного полей по горизонтальной и вертикальной оси и модули этих векторов имеют следующий вид:

$$E_{A(+),x} = E_{A(+)} \cos \varphi_1 = E_{A(+)}(x+d)/m_A \quad (2)$$

$$E_{A(-),x} = E_{A(-)} \cos \varphi_2 = E_{A(-)}(x+d)/n_A \quad (3)$$

$$E_{A(+),y} = E_{A(+)} \sin \varphi_1 = E_{A(+)}(H-h)/m_A \quad (4)$$

$$E_{A(-),y} = E_{A(-)} \sin \varphi_2 = E_{A(-)}(H+h)/n_A \quad (5)$$

где: x - расстояния по горизонтали от опор до интересующей точки;

d – расстояние между начальными и конечными проводами;

H – высота подвесов на проводе;

h – высота точки наблюдения

Далее путем сложения векторов $E_{A(+),x}$, $E_{A(-),x}$, $E_{A(+),y}$, $E_{A(-),y}$ получено векторы E_{Ax} , E_{Ay} , которые являются соответственно горизонтальной и вертикальной составляющими вектора напряженности поля выбранной фазы. Здесь учитывается зеркальное изображение интересующей точки, которая берет свое начало от опор по горизонтали и имеет определенное расстояние [115,116].

Учитывая, что $E_{A(+),x}$ и $E_{A(-),x}$ имеют противоположенное направление, модуль суммарного вектора E_{Ax} будет равен разностей модулей этих векторов.

$$E_{Ax} = E_{A(+)}(x+d)/m_A - E_{A(-)}(x+d)/n_A \quad (6)$$

В свою очередь модуль вектора E_{Ay} имеет следующий вид:

$$E_{Ay} = E_{A(+)}(H-h)/m_A + E_{A(-)}(H+h)/n_A \quad (7)$$

Уравнения напряженности электрического поля во всех фазах в линиях электропередач представлены в нижеследующих формулах [115 стр 314, 117-119]:

$$\dot{E}_{Ax} = \frac{C_A \cdot \dot{U}_A}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \left(\frac{x+d}{m_A^2} - \frac{x+d}{n_A^2} \right) = \frac{C_A \cdot \dot{U}_A}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} k_1 \quad (8)$$

$$\dot{E}_{Ay} = \frac{C_A \cdot \dot{U}_A}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \left(\frac{H-h}{m_A^2} - \frac{H+h}{n_A^2} \right) = \frac{C_A \cdot \dot{U}_A}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} k_2 \quad (9)$$

$$\dot{E}_{Bx} = \frac{C_B \cdot \dot{U}_B}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \left(\frac{x}{m_B^2} - \frac{x}{n_B^2} \right) = \frac{C_B \cdot \dot{U}_B}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} k_3 \quad (10)$$

$$\dot{E}_{By} = \frac{C_B \cdot \dot{U}_B}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \left(\frac{H-h}{m_B^2} + \frac{H+h}{n_B^2} \right) = \frac{C_B \cdot \dot{U}_B}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} k_4 \quad (11)$$

$$\dot{E}_{Cx} = \frac{C_C \cdot \dot{U}_C}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \left(\frac{x-d}{m_C^2} + \frac{x-d}{n_C^2} \right) = \frac{C_C \cdot \dot{U}_C}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} k_5 \quad (12)$$

$$\dot{E}_{Cy} = \frac{C_C \cdot \dot{U}_C}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \left(\frac{H-h}{m_C^2} + \frac{H+h}{n_C^2} \right) = \frac{C_C \cdot \dot{U}_C}{2 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} k_6 \quad (13)$$

В конечном результате напряженность электрического поля имеет следующий вид [117,118]:

$$E = \frac{C \cdot U_\phi}{4 \cdot \pi \cdot \varepsilon_0} \cdot \sqrt{(2 \cdot k_1 - k_3 - k_5)^2 + 3(k_3 - k_5)^2 + (2 \cdot k_2 - k_4 - k_6)^2 + 3(k_4 - k_6)^2} \quad (14)$$

Напряженность магнитного поля рассчитывается аналогичным образом и имеет следующий вид: [117 стр 36,118].

$$H = \frac{I \cdot \gamma}{2 \cdot \pi} \cdot \sqrt{(2 \cdot k_1 - k_3 - k_5)^2 + 3(k_3 - k_5)^2 + (2 \cdot k_2 - k_4 - k_6)^2 + 3(k_4 - k_6)^2} \quad (15)$$

1.5 Типы и средства контроля исследования электромагнитного поля

Для получения адекватной оценки о электромагнитной обстановке окружающей среды необходимо проводить всесторонний контроль с учетом их антропогенного воздействия на окружающую среду. В свою очередь контроль электромагнитной обстановки можно получить путем экспериментальных данных и путем численного моделирования, хотя при проведении численного моделирования необходимо получить данные, которые соприкасаются с

элементами экспериментального назначения. Главной задачей инструментального контроля электромагнитной обстановки является оценка достоверности расчетного прогноза, при необходимости ввести определенные коррективы, определить, а также дать обоснование по неучтенным факторам.

Инструментальный контроль позволяет получить необходимые экспериментальные данные в оценке уровня электромагнитного поля даже в тех зонах, где имеются определенные затруднения в получении численных прогнозов.

Преимущественным недостатком инструментального контроля в оценке уровня электромагнитных загрязнений, порождаемых низкочастотными энергетическими объектами, является не полный охват местностей или жилых зон, которые подвергаются антропогенному воздействию ЭМП. Кроме того огромные капиталовложения в обеспечении аппаратно-инструментальными ресурсами и невозможность получения или обновления информационных данных в режиме реального времени, раскрывает множество недостатков инструментального контроля и не превосходства перед дистанционным мониторингом окружающей среды [119-121].

Перспективы развития геоинформационных систем как основного инструмента в проведении дистанционного экологического мониторинга, дала возможность создать так называемую информационную платформу в ряде экологических институтов, а также в различных организациях, направленная на проведение мониторинговой деятельности. В ГИС-технологии можно вводить разные данные, а также их обрабатывать с целью получения результатов проведенной экологической экспертизы и предлагать в их прослойке тематических экологических карт.

Проведение экологической экспертизы вокруг жилых массивов и в тех местностях, которые относятся к числу «чувствительных объектов», перед строительством стратегических объектов, в том числе и при строительстве низкочастотных линий электропередачи высокого напряжения, является прямой задачей научных организации и компании которые ведут данную деятельность.

В свою очередь единая структурированная информационная база, содержащая подробную информацию обо всех источниках ЭМП, дает возможность наглядно представить полноценную картину электромагнитной обстановки окружающей среды в режиме реального времени. В данной работе проведены исследования Итальянскими авторами, которые изучали электромагнитные загрязнения в отдельных районах, где имеется возможность канцерогенных явлений от электромагнитного излучения порождаемые низкочастотными энергетическими объектами [122].

В ходе своих исследований авторами были выдвинуты ключевые вопросы по применению технологии ГИС, как информационную базу в обеспечении адекватной оценки электромагнитного загрязнения линий электропередачи высокого напряжения, за счет использования карт электромагнитных полей. В свою очередь создания тематических, экологических карт дает полную и объективную информацию о воздействии ЭМП на населения и на окружающую

среду. Позволяет смоделировать прогнозные данные направленные, на предотвращение экологических и канцерогенных рисков, а также может использоваться в виде рекомендации при проведении экологической экспертизы перед строительством новых низкочастотных энергетических объектов [123].

В виду того что применение ГИС технологии как перспективную информационную технологию современного поколения, появляются проблемы с освоением данной информационной структуры специалистами разной отрасли и простыми пользователями, которые хотят получить необходимые данные о состоянии окружающей среды, в том числе и информацию о электромагнитной обстановке. Совершенствование геоинформационных технологий позволяет экспертам по электромагнетизму выполнять анализ данных с непрерывной привязкой к соответствующей земле и устранить разрыв между сложностью деятельности по мониторингу и конечными пользователями, не являющимися экспертами, но заинтересованными лицами в оценке уровня электромагнитного излучения в какой-либо локальной местности [124-128].

Прототип MGISQL основан на архитектуре клиент-сервер и был реализован с использованием MapObjects с расширением Internet Map Server для запуска файлов в Интернете. В частности, сервер взаимодействует с двумя основными базами данных: базой данных ГИС, в которой хранятся и управляются пространственные и буквенно-цифровые данные, и базой данных геометафоров. Продукты ГИС ARCVIEW от исследовательского института экологических систем SPANS MAP от TYDAC и MGE Project Viewer от Intergraph Corporation снабженные определенными интерфейсами дает пользователям сконцентрироваться на конкретных ключевых проблемах приложения. В целях установления более простого и адекватного адаптации человека в информационном пространстве при запросе геоэкологических баз данных используются перспективные инструментальные средства ГИС, как Cigales и GISQL [129-134].

Практика показывает, что рост потребления электрической энергии в развитых крупномасштабных городах приводит к увеличению строительства новых электрических подстанций и проведению линии электропередач высокого напряжения

Главной задачей становится вопрос о выборе оптимальной трассы и маршрутизации линий электропередач с целью снижения экологических рисков на антропогенную среду. Однако многие проектные работы, связанные со строительством линий электропередач высокого напряжения, сталкиваются не только с технико-экономическими, но и социально - экологическими проблемами. В этой связи, многие энергетические компании заинтересованы, не только получать экономические эффекты от строительства новых линий электропередачи, но и избегать социальной напряженности общества которое находится в зоне активных воздействий электромагнитного загрязнения, непосредственно воздействующие на жизнь и здоровье людей. Однако до сегодняшнего дня во многих крупномасштабных проектах не учитывались экологические риски на окружающую среду и на жизнь людей от

низкочастотных энергетических объектов, а ограничивались только несколькими критериями, фокусируясь только на избранные объекты. Применение геонформационных технологий современного поколения позволяет прозрачно и воспроизводимо определять, отслеживать и оценивать многокритериальные маршруты, особенно для крупномасштабных инфраструктурных проектов [135-142].

Выводы по 1 главе диссертационной работы

1. Развитие научно-технического прогресса в глобальном масштабе приводят к обострению экологической ситуации, одним из таких факторов является повышение уровня электромагнитного загрязнения и порождаемые канцерогенные риски на население низкочастотных энергетических объектов.

2. Низко интенсивные электромагнитные поля при высоковольтных линиях электропередачи имеют свои канцерогенные риски приводят к различным заболеваниям, такие как рак, патологические заболевания сердечно – сосудистых и нервных систем. Во избежание экологических последствий, необходимо проводить мониторинг электромагнитной обстановки с учетом современных программных продуктов, которые дают возможность визуально анализировать урбанизированную среду с точки зрения электромагнитного загрязнения.

3. При установлении санитарно-защитных зон должны учитываться:

- климатические особенности (рельеф местности) выбранного объекта для строительства и введения в эксплуатацию новых низкочастотных энергетических объектов;

- технологические особенности, учет суточных и сезонных колебаний электрических нагрузок, которые имеют колеблющиеся характеристики и напрямую влияют на изменения ЭМП.

4. Учитывая особенности вычисления электрического и магнитного поля в динамике, изменение его пределов, самым оптимальным аналитическим методом расчета электромагнитных полей является метод зеркального изображения.

ГЛАВА 2 МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ОСЛАБЛЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

2.1 Важность проведения экологической экспертизы при строительстве новых линий электропередачи на примере города Шымкент

Строительство линий электропередачи высокого напряжения проходят следующие этапы проектирования: прединвестиционная стадия, предпроектная стадия; проектирование; строительство; эксплуатация; реконструкция, ликвидация, консервация. Каждый этап строительства должен соблюдать следующие принципы: решение ключевых вопросов во избежание серьезных нарушений функционирования и сохранения устойчивости природной среды и самих объектов проектирования. В свою очередь данные принципы направлены на решение пригодности и благоприятных условий жилых массивов для строительства.

Предпроектные исследования должны предусматривать природные, социальные и экологические вопросы изучаемой территории для выбора оптимальных условий последующего строительства. В результате проводимых исследований создается новая концепция о строительстве, в котором представляется ряд альтернативных вариантов трасс ЛЭП с учетом экологических рисков, а также проводится ряд экологических экспертиз по оценке электромагнитного загрязнения окружающей среды порождаемого высоковольтными линиями. Разрабатывается и оформляется прединвестиционная документация, которая обеспечивает полноценную оценку экологического состояния территории, с последующим проведением линий электропередачи высокого напряжения или отменением предлагаемого проекта. В свою очередь решение данного вопроса достигается путем предварительного прогноза вероятных изменений окружающей среды как негативного, так и позитивного характера.

На сегодня проведение экологической экспертизы в крупных городах страны становится одним из важных вопросов в области обеспечения безопасности населения. Это в свою очередь связано с тем что, появление крупных промышленных предприятий, урбанизация населения, а также расширения городской агломерационной среды приводят к решению многократных задач в сфере экологической безопасности [143].

В Казахстане на сегодня недостаточно проработано проведение мониторингов окружающей среды, здесь в основном делается акцент мониторингу дистанционного зондирования, который дает возможность работать с большими данными, интегрирование основных вопросов в области экологии и охраны окружающей среды, которые находятся в зоне техногенных объектов.

Шымкент вошел в число городов особенной значимости, что позволяет создать пул данных с точки зрения экономического и социального развития. Строительство новых производственных структур, отток сельского населения в

город, а также расширение агломерационной среды города в 3 раза, привело к строительству и введению в эксплуатацию новых энергетических объектов для обеспечения качественной и бесперебойной электрической энергией. На сегодня, для обеспечения качественной и надежной электроэнергией, в городе Шымкент были проведены линии электропередачи высокого напряжения, напряжениями 500, 220 и 110 кВ.

К числу новых энергетических узлов можно включить подстанции: ПС-220/110/10 кВ «Западная», ПС-220/110/10 кВ «Самал», ПС-220/110/10 кВ «Бозарык», ПС-110/10 кВ «Нұрсәт», ПС - 110/10 кВ «Астана-1», ПС «Астана-2» и высоковольтные линии электропередачи, которые берут свое начало от этих энергетических узлов. При этом, одной из основных задач, становится обеспечение экологической безопасности тех районов, в которых еще не проведены линии электропередачи высокого напряжения. Одним из решений этих задач можно достигнуть путем получения сравнительных анализов по результатам исследования.

На рисунке 1 представлена уточненная карта электрических нагрузок города Шымкент.

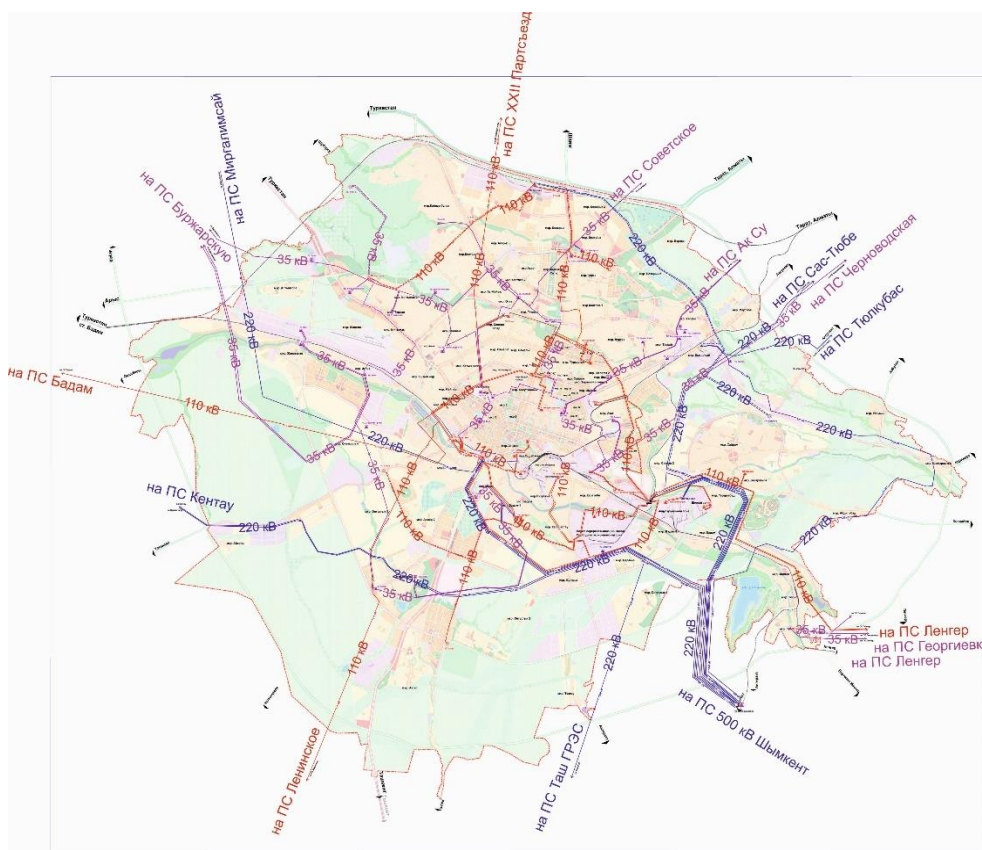


Рисунок 1- Уточненная карта электрических нагрузок г.Шымкент

В диссертационной работе в качестве исследуемых объектов была взята агломерационная среда г. Шымкент, а именно Северная и Северо-Центральная и Западно-Центральная части города Шымкент. К примеру, жилые массивы

Северной и Северно-Центральной части города Шымкент находятся под воздействием высоковольтных линий электропередачи 110 кВ [144].

В микрорайоне Жібек жолы проведены высоковольтные линии напряжением 110 кВ. Вблизи высоковольтных линий, создающих электромагнитную нагрузку, расположены жилые дома, инфекционная больница, фосфорная поликлиника, мечеть, автовокзал и рынок Айна базар, которые имеют высокую плотность населения.

Общий вид опоры и ВЛ-110 кВ, установленной в микрорайоне Жібек жолы приведен на рисунке 2.



Рисунок 2- Общий вид опоры и ВЛ-110 кВ, установленной в микрорайоне Жібек жолы

Расстояния санитарной зоны (СЗЗ) линии электропередачи высокого напряжения, проведенные по микрорайону Нұрсәт, не соответствуют требованиям, соответственно, рядом проживающее население подвергается канцерогенному риску. Общий вид опоры и ВЛ-110 кВ, установленной в микрорайоне Нұрсәт приведены на рисунке 3.



Рисунок 3- Общий вид опоры и ВЛ-110 кВ установленной в микрорайоне Нұрсәт

Линии электропередачи высокого напряжения, напряжениями 220 и 110 кВ увеличивают частотность прохождения электромагнитного поля, тем самым увеличивают канцерогенный риск, т.е. риск зарождения заболеваний среди населения. Район отличается густонаселенностью, проживают около 50 тысяч человек. В этом районе также есть школы, детские сады и другие административные здания, которые соответственно увеличивают экологические риски среди населения. Общий вид опоры ВЛ – 220 кВ установленный в микрорайоне Казыгурт представлен на рисунке 4 [145].



Рисунок 4 - Общий вид опоры и ВЛ-110 кВ установленной в микрорайоне Казыгурт

2.2 Методологические приемы дистанционного мониторинга состояния окружающей среды

На сегодня применение информационных технологий в разных отраслях и в стратегических объектах, которые представляет за собой экологические риски позволяет схематично или визуально представлять необходимые данные по мере динамики его изменения путем привязки обобщенной ее структуры. В нашем случае структура электрических сетей и энергосистемы в целом. Однако, отсутствие математической и географической основы не дает возможности конкретной привязки к определенным характеристикам электрических сетей и энергосистемы. В свою очередь ряд таких ограничений не позволяет пространственно анализировать энергосистемы совместно с другими объектами и явлениями, которые учитывается при выборе оптимальной маршрутизации ВЛЭП.

Дешифрование данных дистанционного зондирования позволяет привязать структуру электрических сетей к реальному географическому пространству. В ходе проведение дистанционного мониторинга на спутниковых, геолокационных снимках можно отдельно отразить опоры ЛЭП, провода, распределительные устройства электростанции, электрические подстанции, а также пункты секционирования и некоторые другие объекты [146].

При распознавании электрических сетей в видовом составе опор, а также при оценке его воздействия путем визуального представления необходимых данных, следует понять, что одинаковые разрешения снимков в оптическом и радиодиапазоне невозможно получить сравнительные характеристики из-за наличия спектр шума. В этом случае эффективным способом является выявление опор и проводов по данным воздушной радиолокационной системы. К примеру, через спутник TerraSAR с пространственным разрешением 3 м были определены рассеивающие характеристики опор ЛЭП. Яркие пятна космических снимков, создаваемые, данным спутниковым мониторингом, дает возможность выявлять интересующие объекты. Спутник Landsat с пространственным разрешением 30 м в спектральном и 15 м панхроматическом, позволяет получать необходимые космические снимки при проектировании выносов существующих ЛЭП из зоны застройки. При использовании снимков очень высокого и сверхвысокого пространственного разрешения эффективным спутниковым мониторингом является GeoEye с помощью специальных вейвлет – преобразований [147-155].

В диссертационной работе был применен спутниковый мониторинг Google Earth с последующим его конвертированием на тематические, экологические карты с применением программного продукта Esri ArcGIS.

В ходе проведения экологического мониторинга на примере картографий данных были визуально показаны объекты, которые находятся под воздействием электромагнитного излучения, порождаемого высоковольтными линиями. При создании картографии данных были получены координаты опорных точек высоковольтных линий электропередачи, которые были

получены с помощью спутникового мониторинга Google Earth. Космические снимки, полученные с помощью спутникового мониторинга, представлены на рисунке 5.



Рисунок 5. Космические снимки полученные с помощью спутникового космического мониторинга Goggle Earth

Координаты расположения низкочастотных энергетических объектов по микрорайону Казыгурт и Нурсәт представлены в нижеследующей таблице 3.

Таблица 3 – Координаты опорных точек высоковольтных линий электропередачи высокого напряжения, которые были проведены по микрорайону Казыгрут, Нұрсәт и по проспекту Назарбаева.

| OBJECTID | x, м | y, м | z, м | name |
|----------|-------------|-------------|------|-------------------|
| 1 | 69,56505792 | 42,29352498 | 25 | Kazugurt |
| 2 | 69,56671752 | 42,29604867 | 25 | Kazugurt |
| 3 | 69,5635874 | 42,29121334 | 25 | Kazugurt |
| 4 | 69,55852767 | 42,2918258 | 25 | Kazugurt |
| 5 | 69,5534706 | 42,2923942 | 25 | Kazugurt |
| 6 | 69,5494745 | 42,29284474 | 25 | Kazugurt |
| 7 | 69,54513641 | 42,29406788 | 25 | Kazugurt |
| 8 | 69,54062849 | 42,29531494 | 25 | Kazugurt |
| 9 | 69,53608063 | 42,29658172 | 25 | Kazugurt |
| 10 | 69,53194278 | 42,2977167 | 25 | Kazugurt |
| 11 | 69,52682585 | 42,29920416 | 25 | Kazugurt |
| 12 | 69,52120685 | 42,30071241 | 25 | Kazugurt |
| 13 | 69,5674 | 42,29711387 | 25 | Kazugurt |
| 14 | 69,517873 | 42,30164907 | 25 | Kazugurt |
| 13 | 69,66111903 | 42,35435369 | 20 | Nursat |
| 14 | 69,65849679 | 42,35520754 | 20 | Nursat |
| 15 | 69,65630018 | 42,35590878 | 20 | Nursat |
| 16 | 69,65389224 | 42,35668267 | 20 | Nursat |
| 17 | 69,65166657 | 42,35737922 | 20 | Nursat |
| 18 | 69,64943143 | 42,35809723 | 20 | Nursat |
| 19 | 69,64718974 | 42,35880808 | 20 | Nursat |
| 20 | 69,64661969 | 42,35898763 | 20 | Nursat |
| 21 | 69,63772058 | 42,36182363 | 20 | Nazarbayev avenue |
| 22 | 69,63609364 | 42,36234736 | 20 | Nazarbayev avenue |
| 23 | 69,63354906 | 42,36332174 | 20 | Nazarbayev avenue |
| 24 | 69,63105546 | 42,36426242 | 20 | Nazarbayev avenue |
| 25 | 69,62903561 | 42,36502889 | 20 | Nazarbayev avenue |
| 26 | 69,62708935 | 42,3657687 | 20 | Nazarbayev avenue |
| 27 | 69,62594653 | 42,36620148 | 20 | Nazarbayev avenue |

После установления опорных точек высоковольтных линий электропередачи, которые были проведены по микрорайону Казыгурт, Нұрсәт и по проспекту Назарбаева в приложении Open Street Maps были введены данные по высоковольтным линиям электропередач.

Картографические данные преобразованные в ГИС по микрорайону Казыгурт и Нұрсәт представлены на рисунке 6 и 7.

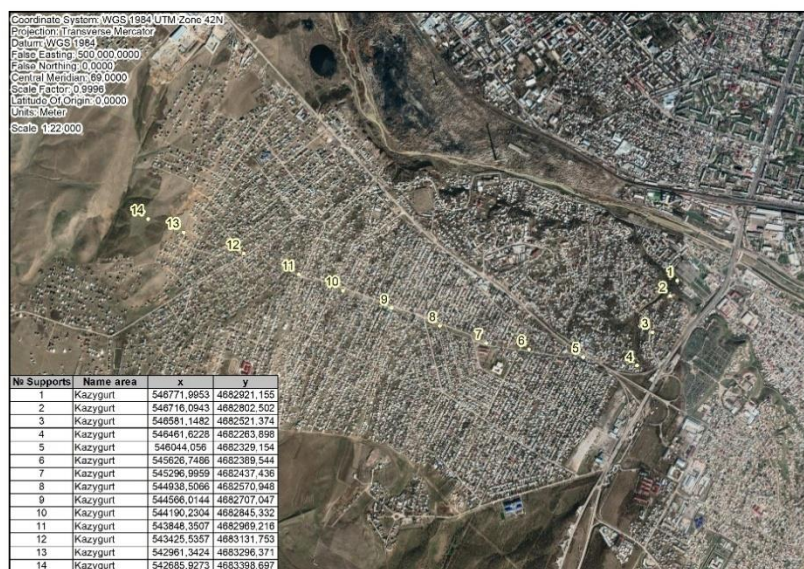


Рисунок 6 - Геоинформационная карта с обобщенными координатными данными высоковольтных линий электропередачи на примере микрорайона Казыгурт.



Рисунок 7 - Геоинформационная карта с обобщенными координатными данными высоковольтных линий электропередачи на примере микрорайона Нұрсәт и проспекта Назарбаева.

Из рисунка 6 и 7 [156] видно, что картографические данные преобразованные с помощью геоинформационной программы Esri ArcGIS позволяет отразить все необходимые координатные данные по расположению каждой части линий электропередачи относительно к жилым экологическим зонам.

2.3 Тематическое картографирование как основа создания характерных данных о состоянии окружающей среды

В качестве тематического картографирования выступают природные и социально-экономические объекты. При установлении оптимальной маршрутизации высоковольтных линий, преимущество дается к созданию карт, которые разрабатываются с применением геоинформационных технологий. В свою очередь создание тематических карт позволяет скорректировать маршрутные линии или конструктивные и конфигурационные особенности проектируемого объекта. Картографирование объектов направлено на решение задач конкретных отраслей хозяйства, а также учитывается позиция заинтересованных сторон. В этой связи необходимо отметить, что, специфика электросетевого контекста играет важную роль, учитывая запросы и требования проектировщиков и социальную озабоченность населения. Тематические карты по своей значимости можно разделить на такие виды как: инженерно климатические; карты санитарных и хозяйственных ограничений ЛЭП; карты потенциального воздействия строительства и эксплуатации ЛЭП на окружающую среду [157].

Оценка климатических нагрузок и явлений становится востребованными направлениями картографирования, так как играет немаловажную роль в оценке уровня негативных последствий на окружающую среду, в нашем случае экологические риски связанные с ЭМП. При районировании берутся максимальные многолетние показатели с обеспеченностью 0,04 (1 раз на 25 лет). При построении карт климатического районирования учитывается физико-географические условия выбранных территорий. Рельеф местности имеет три категорий макро-, мезо-, и микрорельеф. В свою очередь морфологическая характеристика рельефа местности, а именно: абсолютная высота, относительная высота, кратчайшее расстояние от самой высокой точки до равнинного участка (длина склона), крутизна склонов является основными параметрами при определении ту или иную категорию рельефа местности. Типы и подтипы рельефа местности отображаются на карте с масштабом 1:500 000 с гипсометрическим изображением рельефа [157 стр 64, 158].

В работах произведены расчеты статической зависимости скорости ветра и толщины стенки гололеда от высоты местности. В ходе проведения расчетов были определены, что рассматриваемые показатели в основном зависят от приведенной высоты, которая рассчитывается как доля высоты склона.

$$z_{np} = \frac{z - z_{nod}}{z_{zp} - z_{nod}} \quad (16)$$

где $z_{пр}$ – приведенная высота, z – высота точки, $z_{под}$ – высота у подножья, $z_{гр}$ – высота гребной части хребта

Основными параметрами которые определяют структуру рельефа местности являются: длина склона (l), превышение (Δh) и углы наклона склонов (α), но выбранные разграничения макро-, мезо- и микрорельефа не соответствуют общепринятым классификациям форм рельефа, ранее разработанным подходом к климатической типизации горных территорий, в том числе с использованием показателя приведенной высоты [159,160].

Основные морфометрические характеристики рельефа местности представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Основные морфометрические характеристики равнин согласно методическим указаниям по определению климатических нагрузок на ВЛ с учетом ее длины [161].

| Тип рельефа | h, м | Δh , м | l, км | α° |
|-------------|-------|----------------|----------|----------------|
| Макрорельеф | 0-750 | 0-750 | Более 50 | менее 1 |
| Мезорельеф | 0-750 | 0-750 | 3-50 | 1-12 |
| Микрорельеф | 0-750 | менее 80 | менее 3 | более 3 |

Регрессионное моделирование позволяет учитывать вариации климатических характеристик. Пространственная взвешенная регрессия отличается от обычной регрессии на выходе исходных данных получаем растры коэффициентов, которые в уравнении умножаются на растры отдельных факторов.

При составлении региональных климатических карт предлагаемые методы по проектированию, а также по определению маршрутных линий ЛЭП, а также структуры рельефа местности, которые напрямую влияют на ее создание имеет определенные недостатки. В свою очередь создание тематических экологических карт, с применением современных ГИС технологий позволяет повысить эффективность и достоверность создаваемых карт.

Учет климатических нагрузок при проектировании ЛЭП позволяет оптимизировать маршрутные линии электропередачи, но ключевую роль играют санитарные и хозяйственные ограничения особенно для освоенных территорий [162,163].

2.4 Разработка аналитической методики оценки эффективности предлагаемых технологий на основе методики Кригинга и IDW

В диссертационной работе в качестве неоднородной структуры рельефа местности была взята густонаселенная среда микрорайона Казыгурт города Шымкент. По данному району были проведены линии электропередачи высокого напряжения 110 и 220 кВ, которые питаются от подстанции

«Шымкентская» 220/110/10 кВ. В свою очередь, высоковольтные линии электропередачи протяженностью 4,728 км проходят через близлежащие жилые зоны, которые подвергаются электромагнитному воздействию. Проведенный экологический мониторинг показывает, что примерно 40% жителей данного микрорайона находятся в зоне активного воздействия электромагнитного поля. Следует отметить, что данный район обладает неоднородной структурой рельефа местности, которая повышает электрическую радиацию почти в 2 раза. Ландшафт местности микрорайона Казыгурт и линии электропередачи высокого напряжения, напряжением 220 кВ проведен по на рисунке 8.

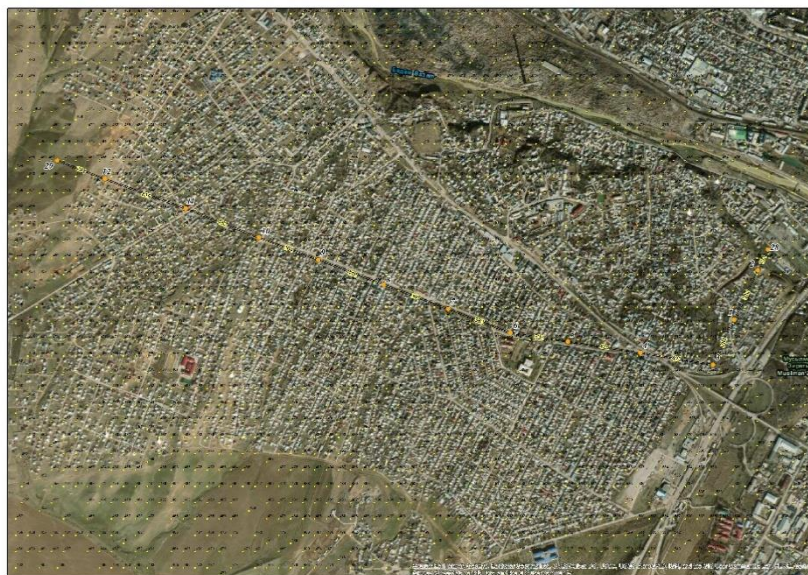


Рисунок 8 - Цифровая модель рельефа по микрорайону Казыгурт и линий электропередачи, проведенных в данном районе.

Из рисунка 8 [164] видно, что линии электропередачи высокого напряжения, напряжением 220 кВ, проведены по неоднородному рельефу местности, что, в свою очередь, снижает оптимальность маршрутизации линий электропередачи. Электронная карта по рельефу местности дает возможность предварительно оценить местность в строительстве и введении в эксплуатацию новых энергетических объектов.

Цветовая шкала высот и гистограмма, определяющая максимальную и минимальную высотную зону по рельефу местности представлена на рисунке 9.

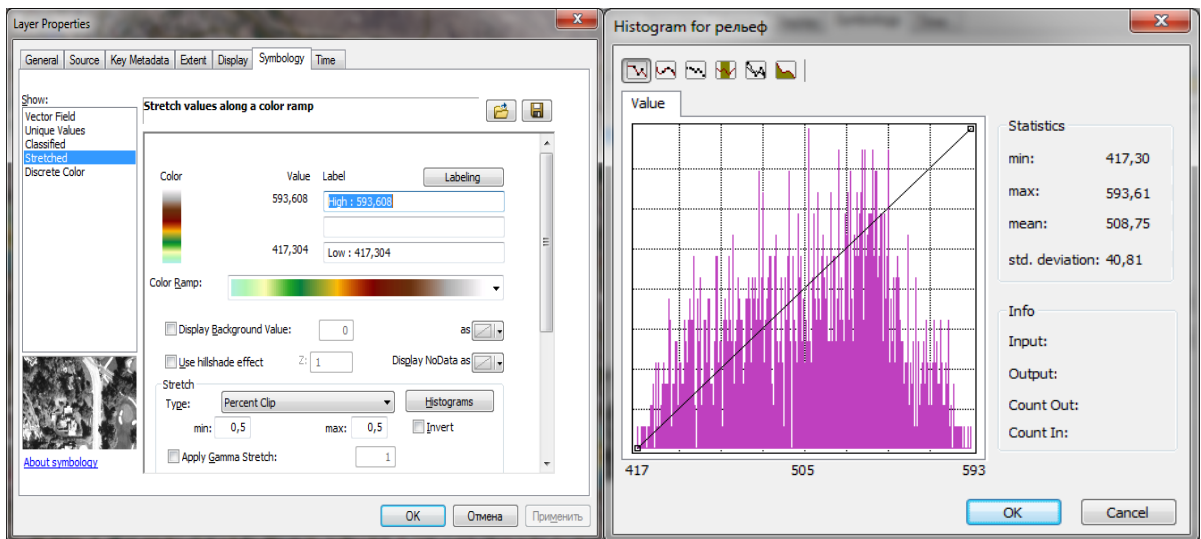


Рисунок 9 - Цветовая шкала высот и гистограмма, определяющая максимальную и минимальную высотную зону по рельефу местности

Из рисунков 8 и 9 видно, что высотная зона относительно проведенных линий электропередачи намного отличается друг от друга. Построенная гистограмма показывает, что максимальная высотная зона (593,61 м) почти 1,4 раза выше, чем минимальная (417,3 м) высотная зона.

Классификация уровней напряженности электрического поля показана на рисунке 10.

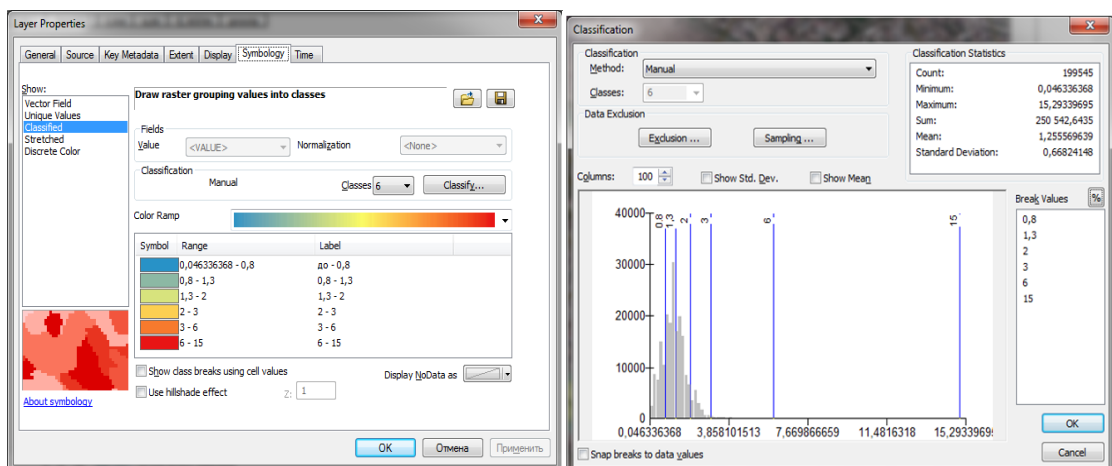


Рисунок 10 - Классификация уровней напряженности электрического поля.

На рисунке 10 [164] представлена зависимость изменения напряженности электрического поля от высотности структуры рельефа местности. Диапазон изменения напряженности электрического поля имеет колебательный характер и составляет от 0,046-15,293 кВ/м. Здесь главными параметрами являются высотные зоны распределения электрических полей, расстояния от жилых массивов до интересующей точки для каждого участка ЛЭП в зависимости от его местоположения (неоднородная структура местности).

В ходе установление санитарно-защитных зон, необходимо учитывать то, что повышенный уровень электрического поля, как правило, не фиксируется за пределами санитарно-защитных зон, которые устанавливаются как отечественными нормативами, так и стандартами Всемирной организации здравоохранения. В свою очередь при определении рекомендованного уровня магнитного поля необходимо расширять установленную зону в 2-3 раза. Картографирование на примере локальных местностей было проведено в ряде работ. В работах была полностью отражена и установлена зависимость уровня напряженности от местных географических и метеорологических условий [165,166].

В ПУЭ при строительстве и введении в эксплуатацию высоковольтных линий сближение с населенными пунктами, допускается на определенное расстояние в зависимости от номинального напряжения ВЛЭП [167].

В диссертационной работе для визуализации санитарно – защитных зон был применен метод интерполяции обратно взвешенного расстояния.

Интерполяция реализуется по известным значениям окрестности данной точки. Предполагается, что каждая точка с известным значением имеет локальное, которое уменьшается с расстоянием. Точкам, расположенным ближе к оцениваемой точке, присваивается вес больший, чем тем, которые расположены дальше:

$$z(s_0) = \sum_{i=1}^m \omega_i z(s_i) = \frac{\sum_{i=1}^m z(s_i) d_{0i}^{-p}}{\sum_{j=1}^m d_{0j}^{-p}} \quad (18)$$

где: $z(s_0)$ – оцениваемое значение точки в некоторых местоположениях s_0 , $z(s_1), z(s_2), \dots, z(s_n)$ – значение опорных точек.

Веса пропорциональны обратным расстояниям (между точкой данных и интерполируемым местоположением), возведенные в степень p . В результате, по мере увеличения расстояния вес будет стремительно уменьшаться. Степень уменьшения весов зависит от значения p . Если $p = 0$, уменьшения с увеличением расстояния не происходит, а поскольку все веса λ_i одинаковы, прогнозируемое значение будет являться средним для всех значений искомого фрагмента. По мере увеличения значения p веса отдаленных точек будут стремительно уменьшаться. Если значение p слишком высоко, то на интерполяцию окажут влияние только точки, расположенные в непосредственной близости.

Geostatistical Analyst использует значения степеней большие или равные 1. Если $p = 2$, метод называется интерполяцией обратных взвешенных квадратов расстояний. $P = 2$ используется как значение, установленное по умолчанию, хотя теоретическое обоснование для предпочтения этого значения отсутствует. Влияние изменения значения p должно исследоваться с помощью просмотра выходных данных и проверки перекрестных статистических данных.

Поверхность, рассчитанная с помощью метода обратных взвешенных расстояний, зависит от выбора степени (p) и стратегии поиска окрестности. Метод обратных взвешенных расстояний – это жесткий интерполятор, в котором минимальные и максимальные значения на интерполированной поверхности могут встречаться только в опорных точках.

На рисунке 11 [168] представлен пример профиля обратно взвешенных расстояний.

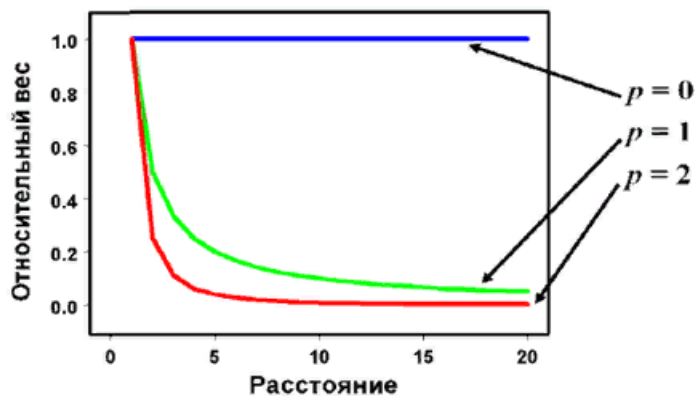


Рисунок 11 - Пример профиля обратно взвешенных расстояний.

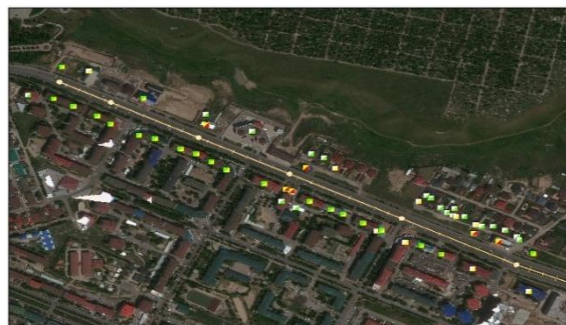
Установление санитарно – защитных зон на примере конкретных объектов представлены в нижеследующих рисунках.

На рисунке 12 представлен микрорайон Нұрсәт, где проведены линии электропередачи высокого напряжения и геоинформационная карта, построенная по градиенту опасности электрического и магнитного полей



Рисунок 12 - Общий вид опоры воздушной линии – 110 кВ, установленной в микрорайоне Нұрсәт и геоинформационная карта по градиенту опасности электрического и магнитного полей.

На рисунке 13 представлен проспект Н.Назарбаева, по которому проходят линии электропередачи высокого напряжения и геоинформационная карта, построенная по градиенту опасности электрического и магнитного полей.



- - зона высокой опасности 0-10 м - для электрического поля, 0-20 м – для магнитного поля
- - зона средней опасности 10-20 м – для электрического поля, 20-35 м – для магнитного поля
- - зона незначительной опасности 20-30 м – для электрического поля, 35-50 м – для магнитного поля

Рисунок 13 - Общий вид опор и воздушной линии – 110 кВ, установленной на проспекте Н.Назарбаева и геоинформационная карта построенная по градиенту опасности электрического и магнитного полей

На рисунке 14 представлен микрорайон Казыгурт, где проходят линии электропередачи сверх высокого напряжения и геоинформационная карта, построенная по градиенту опасности электрического и магнитного полей.



- - зона высокой опасности 0-15 м – для электрического поля, 0-30 м – для магнитного поля
- - зона средней опасности 15-30 м – для электрического поля, 30-50 м – для магнитного поля
- - зона незначительной опасности 30-45 м – для электрического поля, 50-80 м – для магнитного поля

Рисунок 14 - Общий вид опор и воздушной линии – 220 кВ, установленной в микрорайоне Казыгурт и геоинформационная карта по градиенту опасности электрического и магнитного полей.

Из рисунка 12,13,14 можно увидеть количество очагов заражения частей жилых массивов от интенсивности распределения электромагнитного поля [169, стр 133-134].

2.5 Выделение основных очагов электромагнитного излучения объектов исследования

Геоинформационная прикладная программа Arc GIS позволила получить необходимую информацию о геолокальных данных, обработаны, а также анализированы экологические ситуации на выбранных объектах. В свою очередь путем введения необходимой информации в программу, получены конкретные результаты и выводы при проведении экологического мониторинга. Сначала была поставлена задача путем введения основных градиентов по степени опасности электрического и магнитного полей, определено количество жилых объектов, находящихся в зоне опасности электромагнитного поля, порождаемого линией электропередачи высокого напряжения - 110 кВ и 220 кВ.

На рисунке 15 представлена выборка геолокальных данных на базе программы ESRI ArcGIS. В качестве необходимого параметра были введены диапазоны расстояний от начального провода линий электропередач до интересующей точки. Данный диапазон был взят градиентом опасности электрического и магнитного полей [170].

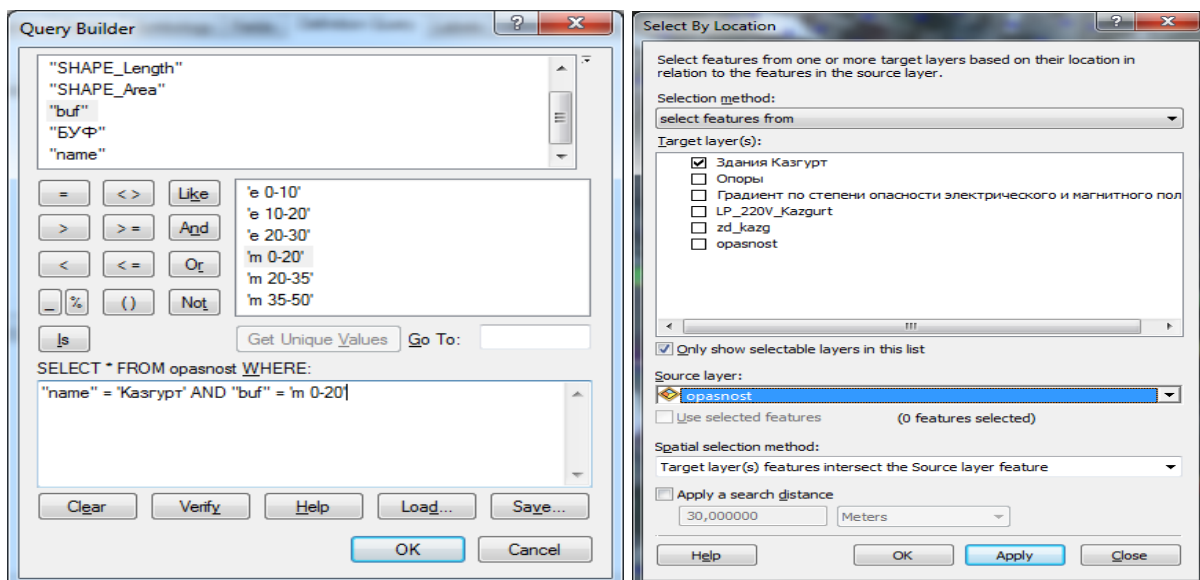


Рисунок 15 - Выборка геолокальных данных на базе программы геоинформационной программы ESRI ArcGIS.

На рисунке 16 приведена выборка точечных объектов, которые были определены на основе построения полигональной сетки. В полигональной сетке были калькулированы жилые дома микрорайона Казыгурт, которые находятся в зоне опасности воздействия электрического поля линии электропередачи высокого напряжения в 220 кВ.

| OBJEKTID 1 * | Shape * | OBJEKTID | STOR_NUM | BUILD_TAPE | BUILD_STAT | CAPTION | NAME | Visotsa | USL | Shape Leng | NUMBER KTG | Shape Le 1 | NUMBER K 1 | NUMBER K 2 | ORIG_FID |
|--------------|---------|----------|----------|------------|------------|---------|------|---------|----------|------------|------------|------------|------------|------------|----------|
| 84423 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 26,454198 | | 26,454198 | | | 84423 |
| 94767 | Point | 0 | 1 0 | 1 | КЖ | | | 3 | 43211000 | 57,95094 | | 57,95094 | | | 94767 |
| 94776 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 65,124295 | | 65,124295 | | | 94776 |
| 95250 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 41,580091 | | 41,580091 | | | 95250 |
| 95296 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 49,584068 | | 49,584068 | | | 95296 |
| 95297 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 3 | 43211000 | 60,069472 | | 60,069472 | | | 95297 |
| 96259 | Point | 0 | 1 0 | 1 | КН | | | 3 | 43212000 | 116,251207 | | 116,251207 | | | 96259 |
| 96316 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 0 | 43212000 | 39,174121 | | 39,174121 | | | 96316 |
| 96361 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 3 | 43211000 | 41,39287 | | 41,39287 | | | 96361 |
| 96394 | Point | 0 | 1 0 | 1 | КЖ | | | 3 | 43211000 | 53,552311 | | 53,552311 | | | 96394 |
| 96635 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 0 | 43211000 | 53,374201 | | 53,374201 | | | 96635 |
| 96701 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 57,439265 | | 57,439265 | | | 96701 |
| 96825 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 89,734242 | | 89,734242 | | | 96825 |
| 97020 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 3 | 43211000 | 50,453595 | 000043035 | 50,453595 | | | 97020 |
| 97105 | Point | 0 | 0 0 | 2 | стр. | | | 0 | 43236000 | 46,48004 | | 46,48004 | | | 97105 |
| 97144 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 3 | 43211000 | 78,168234 | | 78,168234 | | | 97144 |
| 97227 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 0 | 43212000 | 43,86295 | | 43,86295 | | | 97227 |
| 97228 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 0 | 43212000 | 32,133614 | | 32,133614 | | | 97228 |
| 97872 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 0 | 43211000 | 66,225001 | | 66,225001 | | | 97872 |
| 98085 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 3 | 43211000 | 48,522169 | | 48,522169 | | | 98085 |
| 98099 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 63,235687 | | 63,235687 | | | 98099 |
| 98416 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 3 | 43211000 | 37,140746 | | 37,140746 | | | 98416 |
| 98435 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 52,047979 | | 52,047979 | | | 98435 |
| 98498 | Point | 0 | 1 0 | 1 | КЖ | | | 3 | 43211000 | 47,24727 | | 47,24727 | | | 98498 |

Рисунок 16 - Выборка точечных объектов на основе полигональной сетки, находящихся в зоне высокой опасности воздействия электрического поля по микрорайону Казыгурт.

На рисунке 17 приведена выборка точечных объектов, которые были определены на основе построения полигональной сетки. В полигональной сетке были калькулированы жилые дома микрорайона Казыгурт, которые находятся в зоне опасности воздействия магнитного поля линий электропередачи высокого напряжения в 220 кВ.

| OBJEKTID 1 * | Shape * | OBJEKTID | STOR_NUM | BUILD_TAPE | BUILD_STAT | CAPTION | NAME | Visotsa | USL | Shape Leng | NUMBER KTG | Shape Le 1 | NUMBER K 1 | NUMBER K 2 | ORIG_FID |
|--------------|---------|----------|----------|------------|------------|---------|------|---------|----------|------------|-------------|------------|------------|------------|----------|
| 94423 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 26,454198 | | 26,454198 | | | 94423 |
| 94573 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 0 | 43212000 | 46,433823 | | 46,433823 | | | 94573 |
| 94579 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 0 | 43211000 | 47,506746 | | 47,506746 | | | 94579 |
| 94767 | Point | 0 | 1 0 | 1 | КЖ | | | 3 | 43211000 | 57,95094 | | 57,95094 | | | 94767 |
| 94776 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 0 | 43212000 | 65,124295 | | 65,124295 | | | 94776 |
| 94823 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 41,774577 | | 41,774577 | | | 94823 |
| 94830 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 0 | 43211000 | 58,330332 | | 58,330332 | | | 94830 |
| 94851 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 3 | 43211000 | 68,234245 | | 68,234245 | | | 94851 |
| 95214 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 0 | 43211000 | 65,811416 | | 65,811416 | | | 95214 |
| 95250 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 41,580091 | | 41,580091 | | | 95250 |
| 95251 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 3 | 43211000 | 56,672685 | | 56,672685 | | | 95251 |
| 95296 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 49,584068 | | 49,584068 | | | 95296 |
| 95297 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 3 | 43211000 | 60,069472 | | 60,069472 | | | 95297 |
| 95922 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 19,379179 | | 19,379179 | | | 95922 |
| 96058 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 3 | 43211000 | 49,98077 | 10200034328 | 49,98077 | | | 96058 |
| 96259 | Point | 0 | 1 0 | 1 | КН | | | 3 | 43212000 | 116,251207 | | 116,251207 | | | 96259 |
| 96316 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 0 | 43212000 | 39,174121 | | 39,174121 | | | 96316 |
| 96361 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 3 | 43211000 | 41,39287 | | 41,39287 | | | 96361 |
| 96394 | Point | 0 | 1 0 | 1 | КЖ | | | 3 | 43211000 | 53,552311 | | 53,552311 | | | 96394 |
| 96470 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 27,067852 | | 27,067852 | | | 96470 |
| 96480 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 0 | 43212000 | 39,86362 | | 39,86362 | | | 96480 |
| 96538 | Point | 0 | 1 0 | 1 | H | | | 3 | 43212000 | 16,589659 | | 16,589659 | | | 96538 |
| 96592 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 3 | 43212000 | 25,66802 | | 25,66802 | | | 96592 |
| 96635 | Point | 0 | 1 0 | 1 | Ж | | | 0 | 43211000 | 53,374201 | | 53,374201 | | | 96635 |

Рисунок 17 - Выборка точечных объектов на основе полигональной сетки на примере жилых объектов микрорайона Казыгурт, находящихся в зоне высокой активности магнитного поля

Точно также, для микрорайонов Нұрсәт и для проспекта Н. Назарбаева, были определены жилые объекты, находящиеся в зоне высокой, средней и несущественной опасности воздействия электрического и магнитного полей.

При ранжировании электрического и магнитного полей по степени их воздействия на окружающую среду, руководствовались предельно допустимыми уровнями напряженности электромагнитного поля [170, стр 47-48].

Путем применения прикладной геоинформационной программы Esri ArcGIS были выделены основные очаги электромагнитной радиации вокруг низкочастотных энергетических объектов, расположенных в микрорайоне Казыгурт и Нұрсәт [171].



Рисунок 18 - Зона заражения электромагнитным излучением, порождаемым низкочастотными энергетическими объектами, напряжением 220 кВ, расположенная в микрорайоне Казыгурт



Рисунок 19 - Зона заражения электромагнитным излучением, порождаемым низкочастотными энергетическими объектами, напряжением 110 кВ, расположенная в микрорайоне Нурсәт

2.6 Картографическая оценка электромагнитной обстановки существующих электрических сетей города Шымкента

Использованные при составлении карт методика интерполяции обратно взвешенного расстояния и методика Кригинга, отличаются друг от друга в зависимости от исследуемой территории.

Пространственные данные, полученные на основе предлагаемых алгоритмов, имеют две формы выражения: картографическую и геоинформационную. Картографическая форма предназначена для наглядной визуализации и во многом зависит от предлагаемого масштаба. Для составления карт структуры энергосистемы и климатических нагрузок выбирается масштаб 1:400 000. Это в свою очередь объясняется наглядностью дифференциации в структурных свойствах сети и вариацией климатических показателей. При визуализации основных территориальных ограничений берутся карты масштабом 1:200 000.

В диссертационной работе при составлении цифровых карт была применена геоинформационная форма. Геоинформационная форма предназначена для взаимной увязки содержания отдельных карт, автоматизированного анализа, расчетов и построения показателей, а также синтеза всего содержания в виде поверхности, которая позволяет автоматизировать процесс обоснования вариантов трасс с учетом весовых коэффициентов отдельных факторов. В результате были построены цифровые карты, где визуально была показана интенсивность распределения электромагнитного поля в дневное и ночное время суток, а также путем подбора локальных данных была выявлена часть жилого массива, которая находится в зоне активного воздействия электромагнитного поля, порождаемого линией электропередачи высокого напряжения.

На рисунках 20 и 21 представлены цифровые карты местности, с распределением напряженности электромагнитного поля в жилом массиве микрорайона Казыгурт.

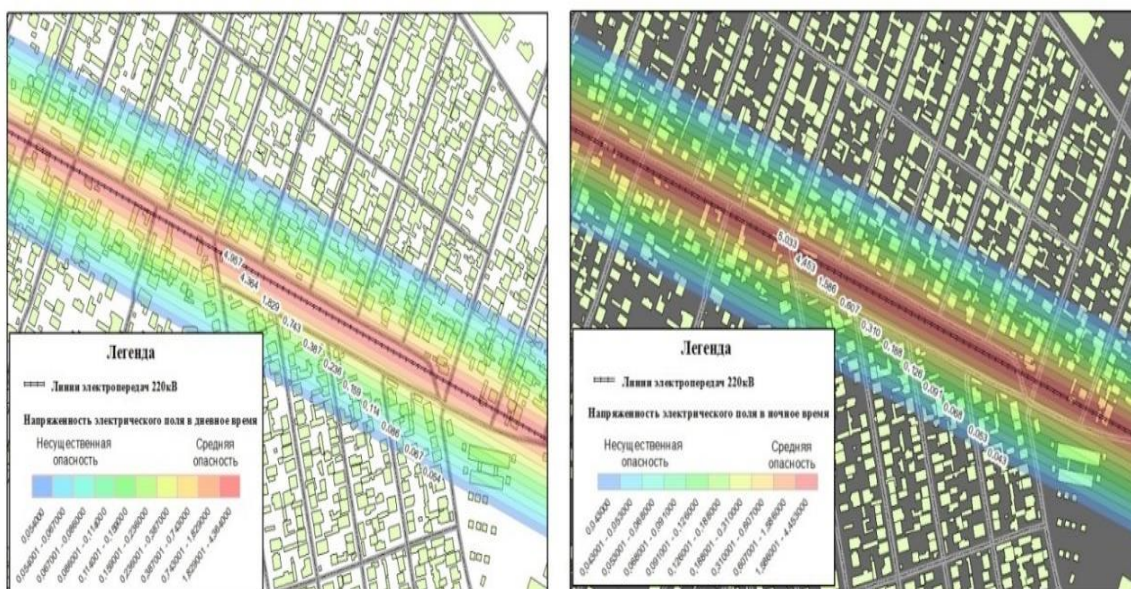


Рисунок 22 - Цифровая карта распределения интенсивности электрического поля в дневное и ночное время суток

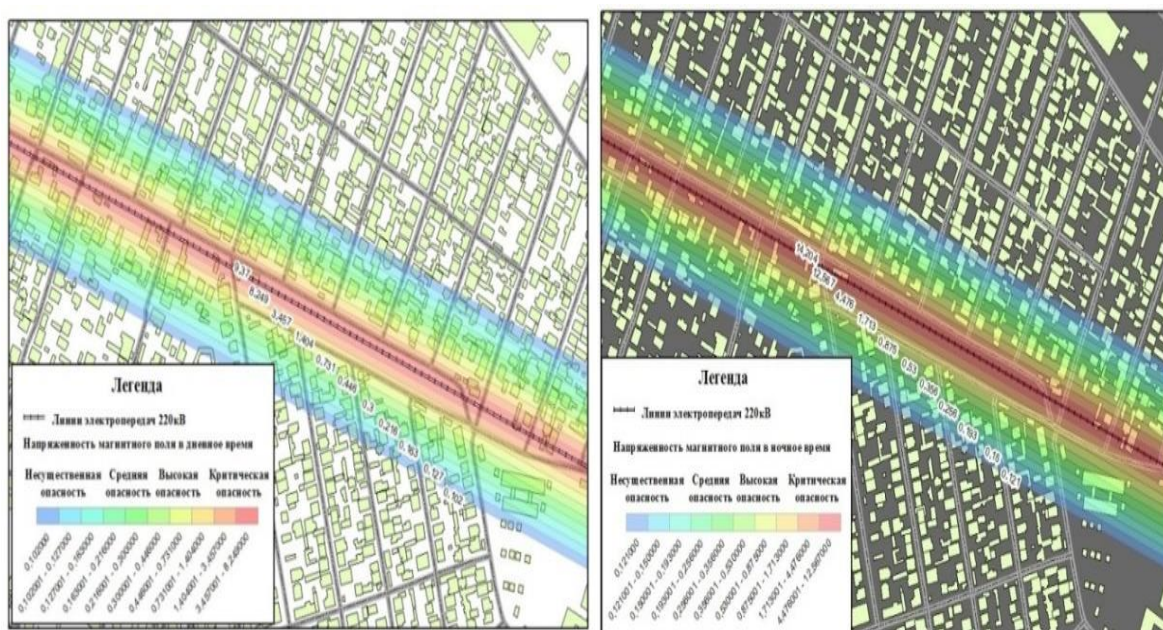


Рисунок 23 - Цифровая карта распределения интенсивности магнитного поля в дневное и ночное время суток.

Из рисунков 20-23[172] видно, что интенсивность распределения электромагнитного поля в разное время суток имеет значительные отличия, сопровождающиеся техногенными, климатическими и метеорологическими изменениями.

Статистика по жилым массивам, находящимся в зоне влияния электромагнитного поля, приведены на рисунке 24 [172, стр 91].

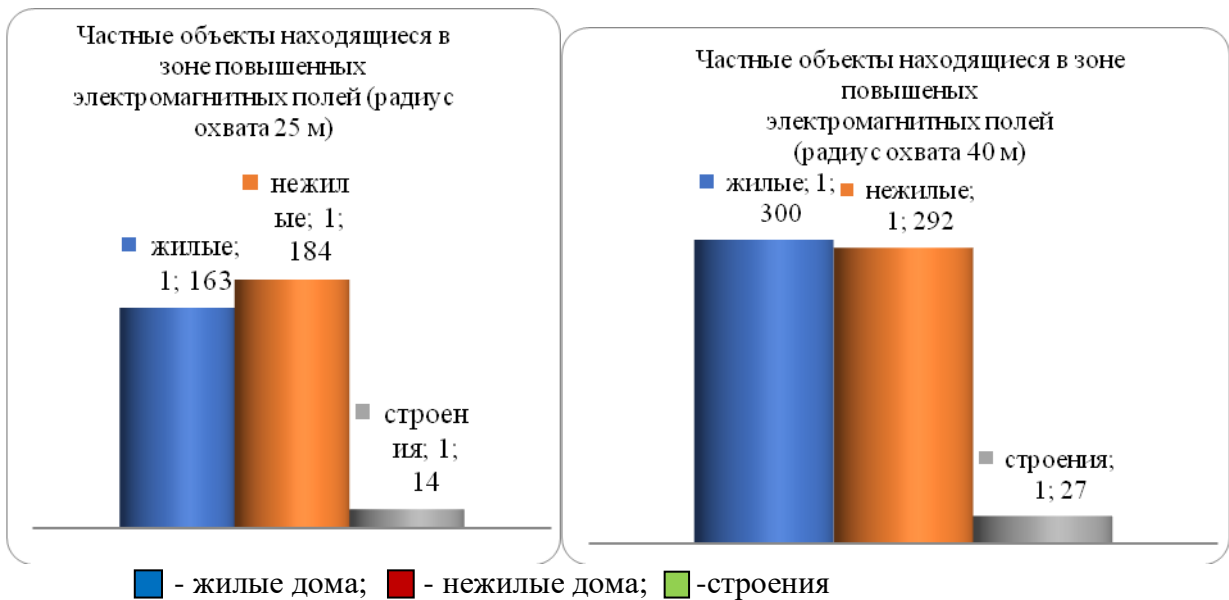


Рисунок 24 - Диаграмма статистических данных по жилым массивам, находящимся в зоне повышенного воздействия электромагнитного поля.

Цифровые карты местности, описывающие динамику изменения магнитного поля, порождаемого линией электропередач высокого напряжения, 110 и 220 кВ, в жилых массивах Нұрсәт и Казыгурт представлены на рисунках 25 и 26.

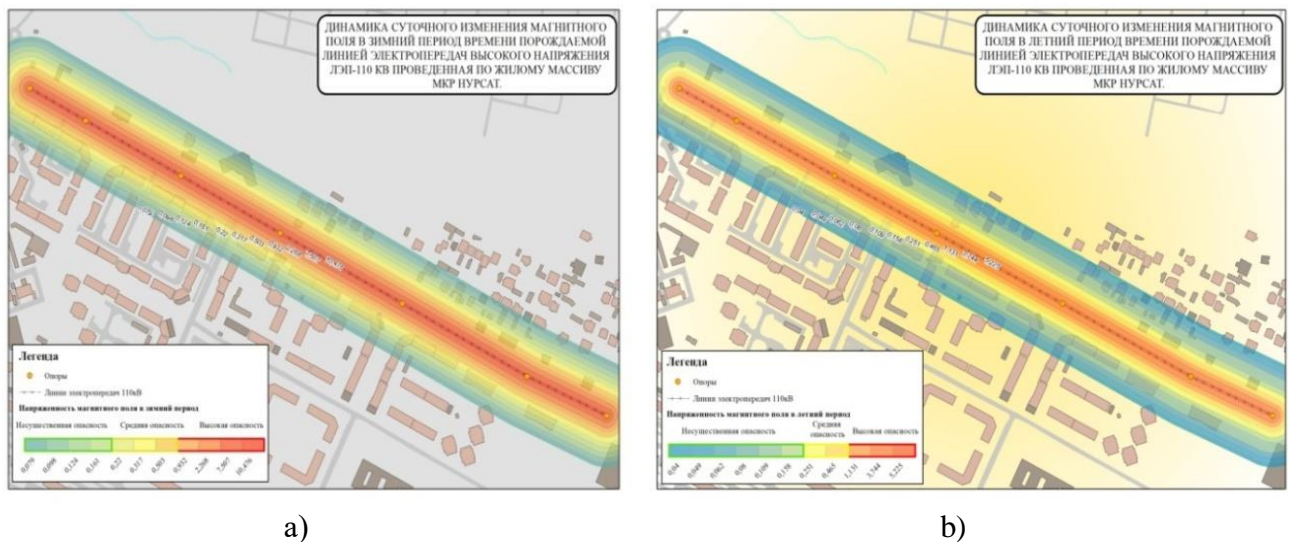


Рисунок 25 - ГИС карта, описывающая динамику изменения магнитного поля в линиях электропередач высокого напряжения 110 кВ, в летние (а) и зимние (б) периоды времени в жилом массиве Нұрсәт

Из рисунка 25, видно, что сдвиг по расстоянию распространения магнитного загрязнения в зимние периоды времени суток по сравнению с летними, составляет 8 м. В свою очередь, сдвиг расстояния повышает уровень

магнитного загрязнения и в сравнительном характере имеет повышенный уровень риска зарождения канцерогенных явлений.

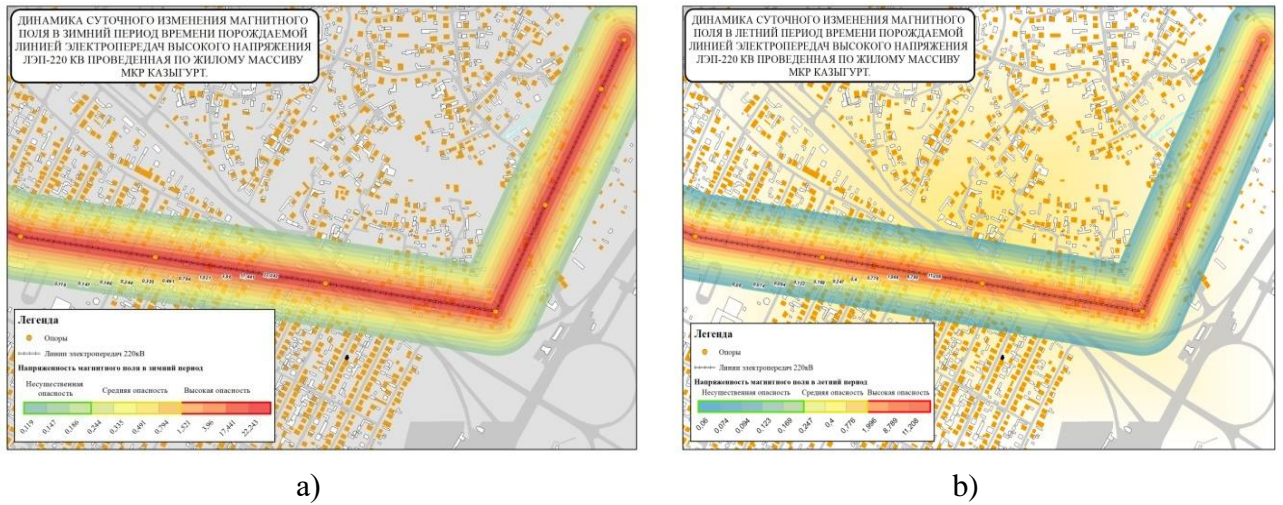
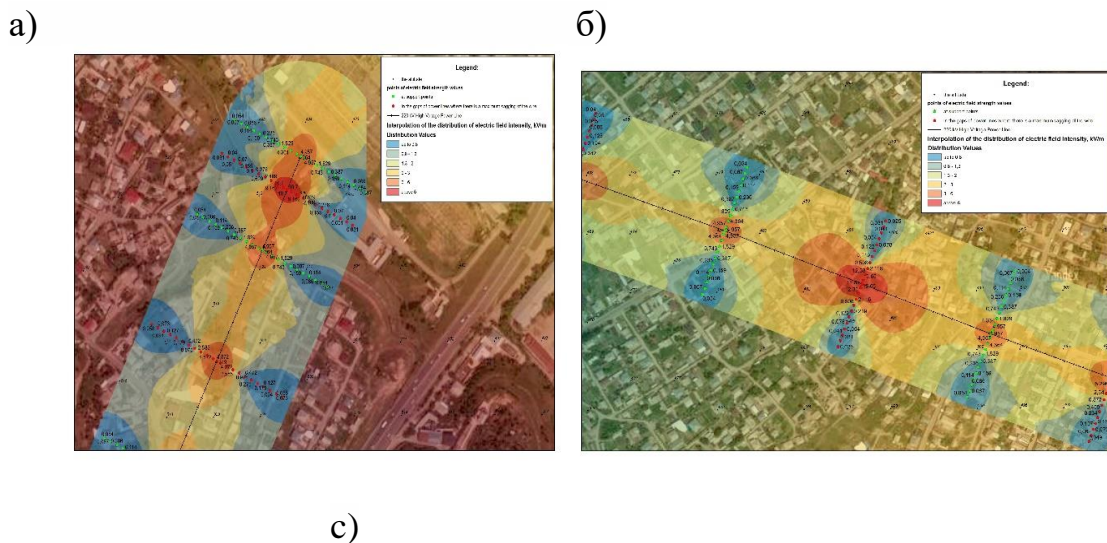
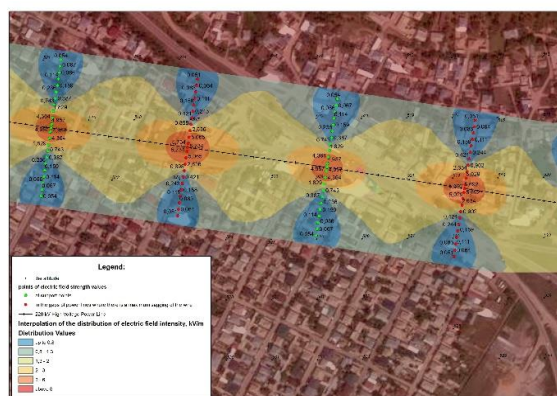


Рисунок 26 - ГИС карта описывающая динамику изменения магнитного поля в линиях электропередачи высокого напряжения 220 кВ в летние (а) и зимние (б) периоды времени в жилом массиве микрорайона Казыгурт.

Из рисунка 26, видно, что сдвиг по расстоянию распространения магнитного загрязнения в зимние периоды времени суток по сравнению с летними составляет 15 м. В свою очередь, сдвиг расстояния повышает уровень магнитного загрязнения и, в сравнительном характере, имеет повышенный уровень риска зарождения канцерогенных явлений [173].

В результате полученных расчетов была построена цифровая карта, описывающая фон изменения уровня напряженности электрического поля, в зависимости от изменения высотных зон ландшафта местности. На рисунке 27 представлены изменения уровня напряженности электрического поля в однородных и в неоднородных рельефах местности





■ - уровень напряженности электрического поля в максимальных провисах линий электропередач
 ■ - уровень напряженности электрического поля в опорных точках линий электропередач

Рисунок 27 - Значения уровня напряженности электрического поля, в однородных и в неоднородных рельефах местности .

Из рисунка 27 [164, стр 278] видно, что радиационная оболочка в неоднородных рельефах местности имеет объемную характеристику, которая в свою очередь приводят к повышению экологического риска в жилой среде. Значения напряженности электрического поля в неоднородных рельефах местности в максимальных точках провиса превышает примерно 4 раза, чем в опорных точках, а при однородных рельефах местности в 1,3 раза.

На рисунке 28 представлена обобщенная цифровая карта по микрорайону Казыгурт, которая визуальнo показывает изменение электрической радиации, распространяемая по жилой среде. Созданная карта позволяет в перспективе проводить экологический мониторинг по жилым массивам, где будет построена и введена в эксплуатацию линия электропередачи высокого напряжения, с достоверными показателями и обоснованными характеристиками, с учетом внешних возмущающих воздействий. Проведение экологических мониторингов такого характера даст возможность найти оптимальную маршрутизацию линий электропередачи, которые снизят экологические риски в антропогенной среде.

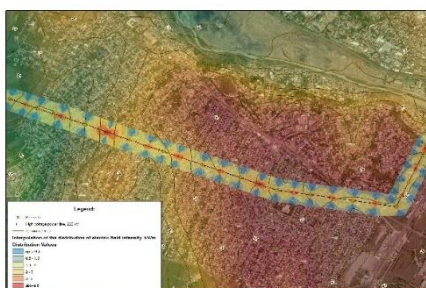


Рисунок 28 - Цифровая карта по микрорайону Казыгурт, визуальнo показывающая фон электрической радиации распространяемая в жилой среде

Из рисунка 28 видно, что данная жилая зона находится в среде электромагнитного загрязнения, и санитарно-защитная зона требует введения определенных корректировок.

На рисунке 29 представлена виртуальная модель линий электропередачи и 3D модель рельефа местности, построенные с помощью геоинформационной программы ArcGIS.

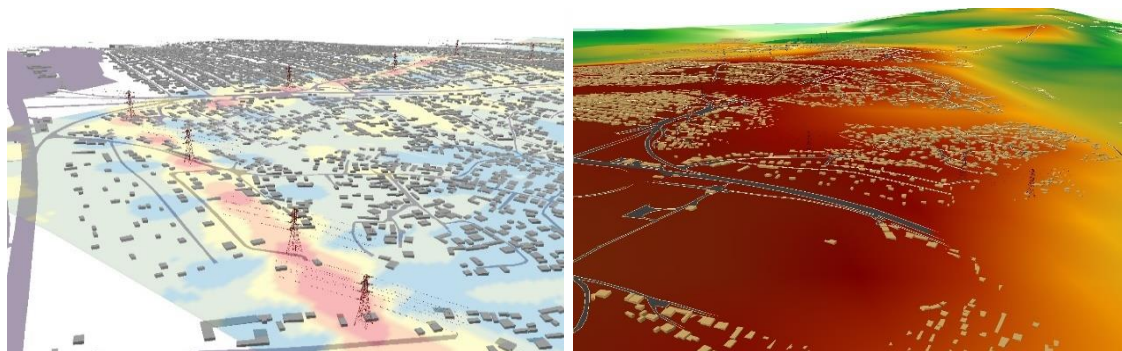


Рисунок 29 - Виртуальная модель линий электропередачи и 3D модель рельефа местности, возведенные с помощью геоинформационной программы ArcGIS .

Полученная 3D характеристика позволяет иметь визуальное представление об электромагнитной обстановке по жилым районам, которые находятся в зонах активного электромагнитного воздействия, производимых линиями электропередачи высокого напряжения. Из рисунков 28 и 29 [164, стр 279] видно, что уровень интенсивности распределения электрического поля имеет повышенный характер именно в критических точках провиса, чем в опорных точках. Цифровая карта показывает, что жилая зона, которая находится, в промежутках линий электропередачи больше подвергается к активному воздействию электромагнитного поля.

Выводы по 2 главе диссертационной работы

1. Применение геоинформационных технологий позволило построить цифровую карту местности. В качестве входных данных были взяты значения интенсивности распределения электромагнитного поля, степени ее воздействия на окружающую среду. Выходные данные были получены методом построения интерполяции обратно взвешенного расстояния и методом Крикинга при определении электрических полей низкочастотных энергетических объектов в неоднородной структуре рельефа местности. Согласно статистическим данным, а также согласно обзору литературы и правилам санитарно-эпидемиологических требований, радиус охвата распространения магнитного загрязнения в жилом районе Нурсат летом составляет 0 -18 м, а зимой достигает до 26 метров. В среде жилого района Казыгурт, где установлены высоковольтные линии электропередачи 220 кВ, радиус охвата

распространения магнитного загрязнения в летние периоды составляет 0-25 м, в зимние периоды он достигает до 40 метров.

2. Статистика, которая описывает влияния характерных зон распределения магнитного поля на окружающую среду, построена с помощью буфера распределения магнитного поля. Для построения буфера был использован метод интерполяции обратно взвешенных расстояний (IDW) с интервалом 10м. В ходе построения цифровых карт были взяты максимальные значения магнитных полей, производимых низкочастотными энергетическими объектами в летние и зимние периоды времени суток. В свою очередь визуализация полученных данных как необходимая информация будет взята за основу при строительстве и введении в эксплуатации новых электросетевых объектов. Картографическими данными будут руководствоваться как экологи, санитарно-эпидемиологическая служба, так и инженеры - энергетики при строительстве новых линий электропередачи на выбранных определенных территориях.

3. Дешифрование данных дистанционного зондирования позволяет получить информацию не только о структуре местности, но и о существующей электросетевой инфраструктуре. Эти данные служат основой для первичной оценки существующей сети, включая ее конструкционные особенности и пространственную структуру. При распознавании электрических сетей использована такая комплексная характеристика, как видовой состав опор ЛЭП. Путем применения геоинформационной технологии условно рассчитаны расстояния линий электропередачи высокого напряжения по отдельности, получены необходимые данные о существующих колебаниях в линиях электропередачи, которые связаны с неоднородной структурой рельефа местности.

Построенная гистограмма показывает, что максимальная высотная зона (593,61 м) почти 1,4 раза выше, чем минимальная (417,3 м) высотная зона. При этом диапазон изменения напряженности электрического поля порождаемые высоковольтными линиями напряжением 220 кВ составляет 0,046-15,293 кВ/м

ГЛАВА 3 КОМПЬЮТЕРНАЯ ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ В СРЕДЕ PTC MATHCAD 15

3.1 Аналитическое прогнозирование уровня электромагнитных полей и оценка их воздействия на окружающую среду

При решении ряда конкретных задач путем моделирования, а также выводом различных данных и способов анализа используется применение современных математических продуктов. Широкофункциональные характеристики программного продукта позволяют пользователям проводить математическую обработку разных технологических процессов, а также в визуальном виде представлять данные, на основании которого проводятся анализы, делаются выводы и даются соответствующие рекомендации по полученным решениям.

При создании математических моделей учитываются главные показатели программных продуктов:

- назначение и возможности ПП;
- состав их библиотек и приложений;
- принципы построения моделей;
- методы интегрирования и дифференцирования;
- средства визуализации результатов графическими редакторами.

К программным продуктам относятся такие как: Mathematica, Maple, Mathcad, Matlab, Simulink.

Перечисленные программные продукты направлены на решение прикладных задач в области техники, естественной науки. Этапы построения моделей базируются на аналитической форме представления. Особенности программирования заключаются в программировании сравнительно небольших по объему программ, которые в большинстве случаев состоят из макрооператоров. Пакеты компонентного моделирования базируются на численных экспериментах.

PTC Mathcad 15.0 — это версия PTC Mathcad, которая является стандартным видом программного продукта для обработки экспериментальных и натуральных данных, в создании документации специального назначения, а также совместного и повторного использования важных инженерных расчетов. Программный продукт обладает простотой использования интерактивных математических значений, имеет мощные возможности при передаче информации, а также открытость архитектуры позволяют инженерам и проектировщикам реализовывать важные процессы разработки и конструирования. В отличие от программного обеспечения для работы с электронными таблицами, редактирования текстов и создания презентаций, PTC Mathcad позволяет легко отображать вычисления, текст, данные и изображения в одном документе, упрощая сбор информации, повторное использование данных и верификацию проектов. Соответственно повышается качество, сокращается срок вывода продукта на рынок и упрощается соблюдение законодательных требований [174].

К основным возможностям PTC MathCAD 15 можно отнести следующее:

- решение задач с использованием численных методов;
- решение систем уравнений, обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнений в частных производных с помощью различных методов;
- поиск корней многочленов и функций;
- символьные вычисления выражений, в том числе систем уравнений;
- работа с единицами измерения, автоматическая проверка единиц измерения;
- создание 2D, 3D, полярных и контурных графиков;
- работа с векторами и матрицами;
- инструменты программирования;
- возможность вставки ссылок на другие листы Mathcad для повторного использования общих инженерных методов;
- интеграция с другими инженерными приложениями и инструментами моделирования, такими как AutoCAD, Credo, Pro/ENGINEER, Ansys, Excel[175].

Проведение аналитического обзора по математическому и компьютерному моделированию позволяет сделать вывод, что при прогнозировании, поиске и разработке, а также в оценке электромагнитных волн, порождаемых низкочастотными энергетическими объектами на окружающую среду, необходимо учитывать следующие факторы:

- энергетические нагрузки линий электропередачи высокого напряжения (мощность ЛЭП, напряжение ЛЭП, токовые нагрузки ЛЭП);
- геометрические параметры ЛЭП (высота подвесов опор, габарит линий электропередач, расстояния между проводами, провисания проводов);
- расстояния фокусировки диапазона электромагнитного излучения до интересующего объекта.

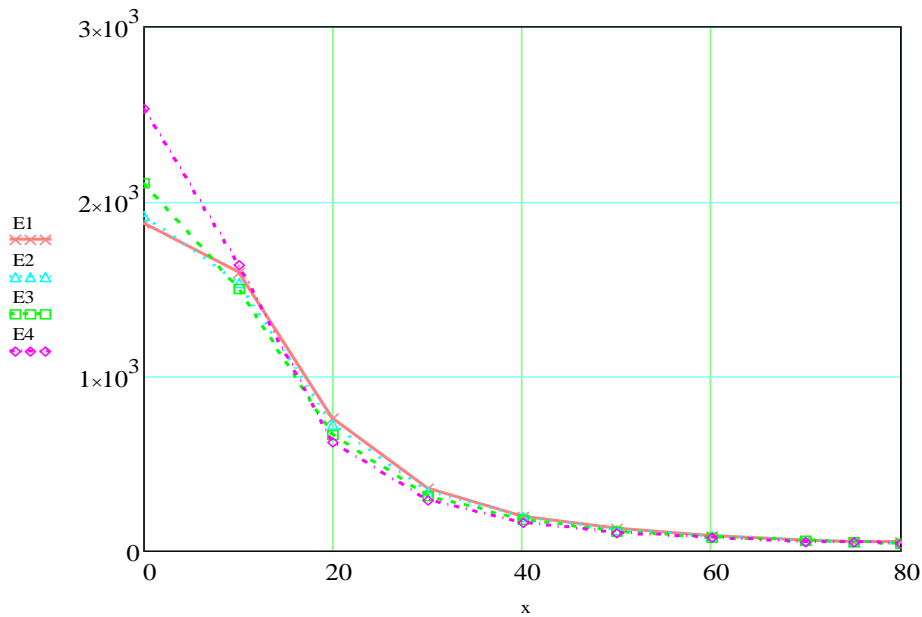
Главной задачей при обработке математических данных стало определение основных уровней напряженности электрического и магнитного поля для разного класса напряжения ЛЭП, соответственно на основании этого визуально показать оценку воздействия энергетических объектов на окружающую среду.

3.2 Статический расчет электромагнитных полей порождаемых высоковольтными линиями.

При проведении расчета высотные точки наблюдения составили: 1, 2, 4 и 6 м соответственно.

Построена математическая модель по определению уровня электромагнитного поля в линиях электропередач высокого напряжения.

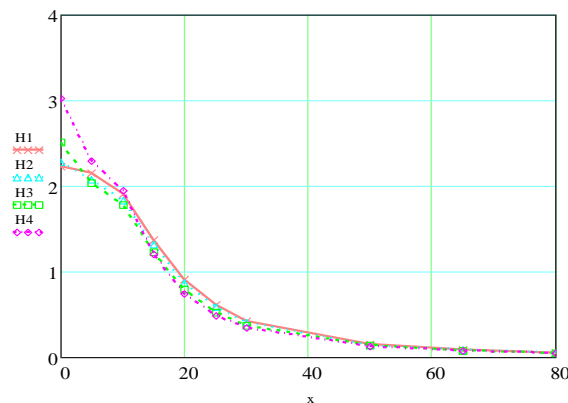
Аналитические характеристики напряженности электрического и магнитного полей, в зависимости от расстояния от опоры до определенного провода, приведены ниже.



где: E_1, E_2, E_3, E_4 – разности напряженности электрического поля от расстояния интересующей нас точки и от высоты точки наблюдения;
 x - расстояния опор до интересующей нас точки

Рисунок 30- Характеристики напряженности электрического поля в зависимости от расстояния опор до интересующей нас точки на примере микрорайона Жібек жолы

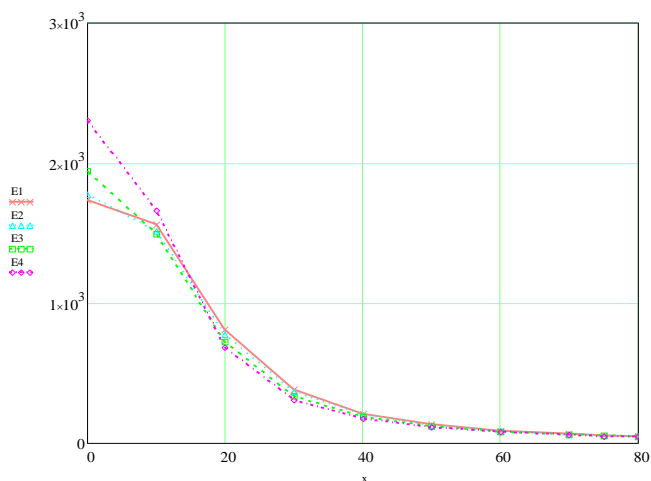
Из рисунка 30 видно, что уровень напряженности электрического поля порождаемого линией электропередач высокого напряжения 110 кВ составила 2,5 кВ/м.



H_1, H_2, H_3, H_4 - разности напряженности магнитного поля от расстояния интересующей нас точки и от высоты точки наблюдения;
 x - расстояния опор до интересующей нас точки

Рисунок 31- Характеристики напряженности магнитного поля в зависимости от расстояния опор до интересующей нас точки на примере микрорайона Жібек жолы.

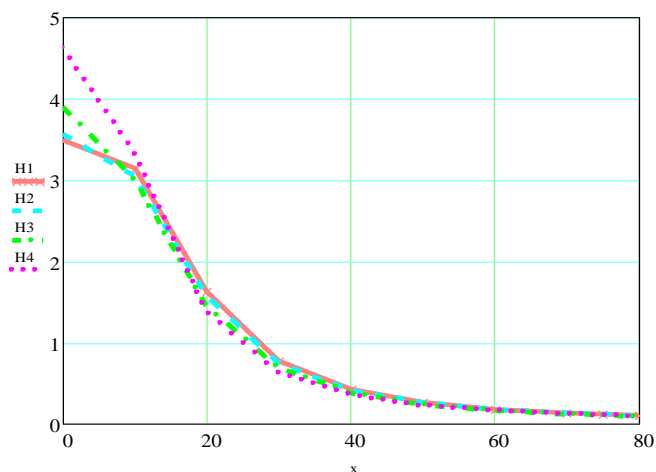
Из рисунка 31 видно, что уровень напряженности магнитного поля, порождаемого линией электропередач высокого напряжения 110 кВ составила 2,987 А/м



x - расстояния опор до интересующей нас точки
 где: E₁, E₂, E₃, E₄ – разности напряженности электрического поля от расстояния интересующей нас точки и от высоты точки наблюдения;

Рисунок 32- Характеристики напряженности электрического поля в зависимости от расстояния опор до интересующей нас точки на примере микрорайона Нүрсәт

Из рисунка 32 видно, что напряженность электрического поля порождаемого линией электропередач высокого напряжения 110 кВ составила 2,2 кВ/м.



где: E₁, E₂, E₃, E₄ – разности напряженности электрического поля от расстояния интересующей нас точки и от высоты точки наблюдения;
 H₁, H₂, H₃, H₄ - разности напряженности магнитного поля от расстояния интересующей нас точки и от высоты точки наблюдения;
 x - расстояния опор до интересующей нас точки

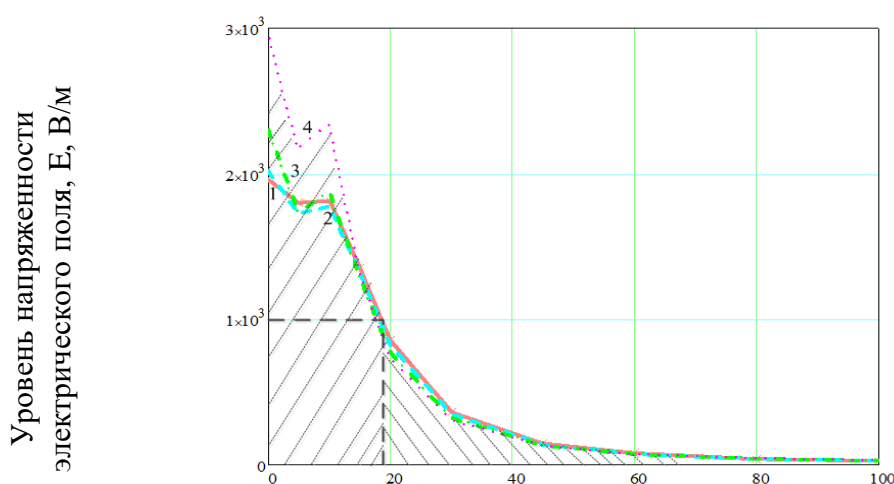
Рисунок 33- Характеристики напряженности магнитного поля в зависимости от расстояния опор до интересующей нас точки на примере микрорайона Нүрсәт

Из рисунка 33 видно, что уровень напряженность магнитного поля, порождаемого линией электропередач высокого напряжения 110 кВ составила 4,65 А/м [176].

3.3 Определение безопасных характерных зон от воздействия ЭМП на окружающую среду

В нижеследующих характеристиках наглядно описаны опасные и безопасные зоны распространения электромагнитного излучения.

На рисунке 34 представлена характеристика интенсивности распределения электрического поля в низкочастотных энергетических объектах воздушных линий - 110 кВ, по которой сделан анализ влияния напряженности электрического поля на окружающую среду в зависимости от ее распространения в атмосферной среде. В качестве исследуемых объектов были взяты линии электропередачи высокого напряжения 110 кВ, находящиеся в микрорайоне Нүрсәт и проспекте Н. Назарбаева.



Расстояния от начального провода линий электропередачи до интересующей точки, х, м:

- 1 – высотная зона распределения электрического поля равная 1 м;
- 2 - высотная зона распределения электрического поля равная 2 м;
- 3 - высотная зона распределения электрического поля равная 4 м;
- 4 - высотная зона распределения электрического поля равная 6 м

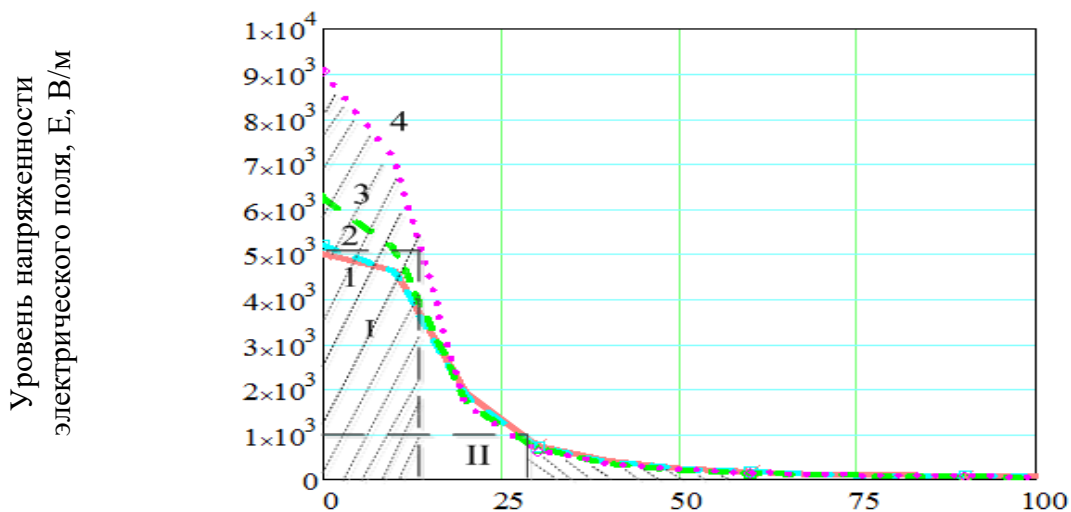
Рисунок 34- Характеристика интенсивности распределения электрического поля в низкочастотных энергетических объектах воздушных линий- 110кВ.

Из рисунка 34 видно, что характерные зоны распределения электрического поля оказывают свое влияние на экосистему. В исследованиях

определено, что для здоровья населения, проживающего в жилых домах, опасной является электрическое поле напряженностью $1 \cdot 10^3$ В/м. В зависимости от распространения электрического поля E начиная с $1 \cdot 10^3$ до $2,987 \cdot 10^3$ В/м, опасные зоны находятся на расстояниях от начального провода линии электропередачи до интересующей точки в пределах $0 - 18$ м. Из рисунков 34 видно что, линия электропередачи высокого напряжения, проведенная в микрорайоне Нурсат, имеет несущественную опасность по напряженности электрического поля. Следует учесть, что в жилой зоне по микрорайону Нурсат, возводятся новые объекты, которые в последующем будут способствовать повышению степени опасности электрического поля.

В линиях электропередачи высокого напряжения, проведенная по проспекту Назарбаева, имеет равномерную интенсивность распределения электрического поля по степени опасности (несущественная и средняя) его воздействия на антропогенную среду. В свою очередь торговые дома и другие социальные объекты приводят к повышению электрического загрязнения [169, стр 136].

На рисунке 35 представлена характеристика интенсивности распределения электрического поля в низкочастотных энергетических объектах воздушной линии – 220 кВ, из которой видно влияние интенсивности распределения электрического поля на окружающую среду в зависимости от ее распространения в атмосферной среде. В качестве исследуемого объекта была взята линия электропередачи высокого напряжения 220 кВ проведенная в микрорайоне Казыгурт.



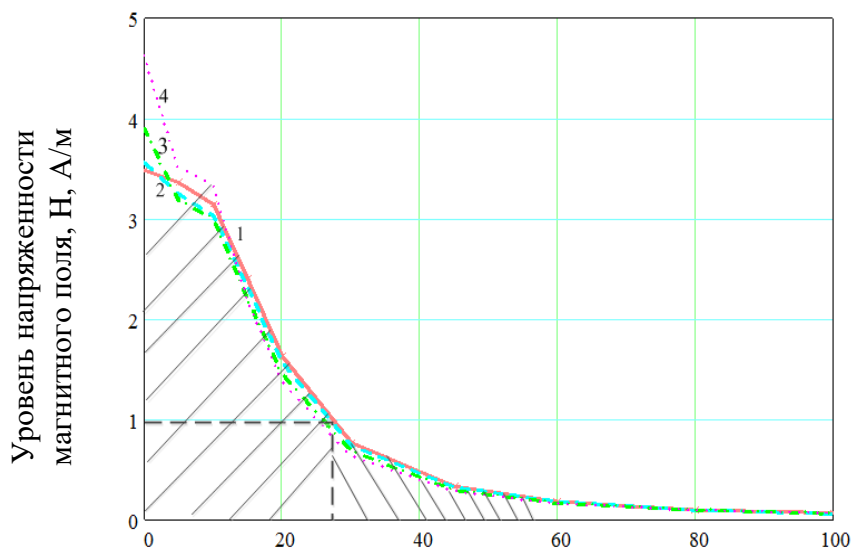
Расстояния от начального провода линий электропередачи до интересующей точки, x , м:

- I, II – категория опасности электрического поля для населения, проживающего в жилых домах и для рабочего персонала соответственно
- 1 – высотная зона распределения электрического поля равная 1 м;
- 2 – высотная зона распределения электрического поля равная 2 м;
- 3 – высотная зона распределения электрического поля равная 4 м;
- 4 – высотная зона распределения электрического поля равная 6 м

Рисунок 35- Характеристика интенсивности распределения электрического поля в низкочастотных энергетических объектах воздушной линии - 220 кВ.

Из рисунка 35 видно, что характерные зоны распределения электрического поля имеют свое влияние на экосистему. В зависимости от распространения электрического поля E , начиная с $1 \cdot 10^3$ до $9,037 \cdot 10^3$ В/м, опасные зоны находятся на расстояниях от начального провода линии электропередачи до интересующей точки в пределах 0 – 25м – для населения, проживающего в жилых домах (I категория опасности). Начиная от $5 \cdot 10^3$ до $9,037 \cdot 10^3$ В/м, опасная зона находится от начального провода линии электропередачи до интересующей точки в пределах 0-15 м – для линейного персонала, работающего вне зоны жилых домов (II категория опасности). Интенсивность распределения электрического поля, порождаемого линией электропередачи высокого напряжения, расположенной в микрорайоне Казыгурт, по степени опасности (высокая, средняя и незначительная) воздействия на жилую среду имеет равномерный характер.

На рисунке 36 представлена характеристика интенсивности распределения магнитного поля в низкочастотных энергетических объектах воздушной линии – 110 кВ. В качестве исследуемого объекта взята линия электропередачи высокого напряжения 110 кВ, проведенная в микрорайоне Нұрсәт по проспекту Назарбаева.



Расстояния от начального провода линий электропередачи до интересующей точки, X , м:

- 1 – высотная зона распределения магнитного поля равная 1 м;
- 2 – высотная зона распределения магнитного поля равная 2 м;
- 3 – высотная зона распределения магнитного поля равная 4 м;
- 4 – высотная зона распределения магнитного поля равная 6 м

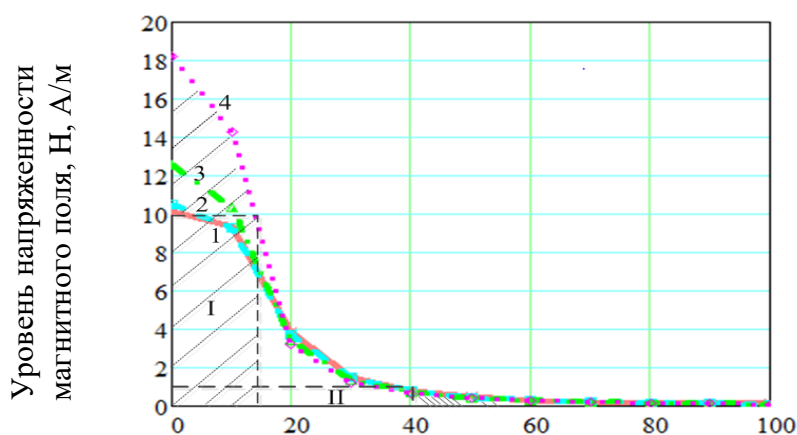
I, II – категория опасности магнитного поля для населения, проживающего в жилых домах и для рабочего персонала соответственно

Рисунок 36- Характеристика интенсивности распределения магнитного поля в низкочастотных энергетических объектах воздушной линии – 110 кВ.

Из рисунка 36 видно, что характерные зоны распределения магнитного поля имеют свое влияние на экосистему. В исследованиях определено, что для здоровья населения, проживающего в жилых домах, опасным является магнитное поле напряженностью 1 А/ м . В зависимости от распространения магнитного поля H , начиная с 1 А/ м до $4,625 \text{ А/ м}$, опасные зоны находятся на расстояниях от начального провода линий электропередач до интересующей точки в пределах $0 - 25 \text{ м}$. Из рисунков 36 видно, что линия электропередачи высокого напряжения, проведенная в микрорайоне Нурсат, имеет несущественную опасность, только лишь малая часть жилой зоны попадает в среднюю опасность по происхождению магнитного поля. Следует учесть, что в жилой зоне по микрорайону Нурсат возводятся новые объекты, которые в последующем будут способствовать повышению степени опасности магнитного поля.

Линия электропередачи высокого напряжения, проведенная по проспекту Назарбаева, имеет среднюю опасность по происхождению магнитного поля, лишь малая часть объектов в жилой зоне попадает в критическую и несущественную зону опасности. В свою очередь торговые дома и другие социальные объекты приводят к повышению магнитного загрязнения [169, стр 137].

На рисунке 37 представлена характеристика интенсивности распределения магнитного поля в низкочастотных энергетических объектах ВЛ – 220 кВ и влияния напряженности магнитного поля на окружающую среду, в зависимости от ее распространения в атмосферной среде. В качестве исследуемого объекта была взята линия электропередачи высокого напряжением 220 кВ проведенная в микрорайоне Казыгурт.



Расстояние от начального провода линий электропередачи до интересующей точки, X м:

- 1 – высотная зона распределения магнитного поля равная 1 м;
- 2 - высотная зона распределения магнитного поля равная 2 м;
- 3 - высотная зона распределения магнитного поля равная 4 м;
- 4 - высотная зона распределения магнитного поля равная 6 м.

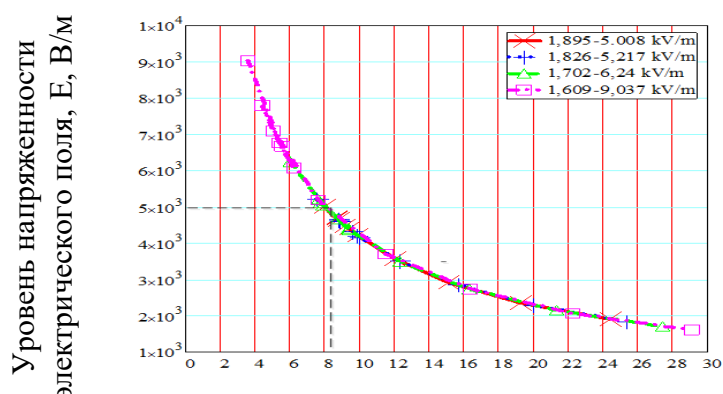
Рисунок 37- Характеристика интенсивности распределения магнитного поля в низкочастотных энергетических объектах воздушной линий – 220 кВ.

Из рисунка 37 видно, что характерные зоны распределения магнитного поля имеют свое влияние на экосистему. В зависимости от распространения магнитного поля H , начиная с 1 А/м до 18,246 А/м, опасные зоны находятся на расстояниях от начального провода линий электропередачи до интересующей точки, в пределах 0 – 40 м – для населения, проживающего в жилых домах (I категория опасности). Начиная от 10 до 18,246 А/м опасные зоны находятся от начального провода линий электропередачи до интересующей точки в пределах 0-15 м – для линейных работников, работающих вне зоны жилых домов (II категория опасности). Из рисунка 37 что жилой массив микрорайона Казыгурт, находящийся вблизи линий электропередачи высокого напряжения, в основном, находится в зоне высокой и несущественной опасности, а 1/3 жилых объектов находится в зоне средней опасности по происхождению магнитного поля [169, стр 138].

3.4 Расчет и прогнозирование времени пребывания линейных персоналов в зоне активного воздействия электромагнитного излучения

Выше было отмечено, что при оценке воздействия электрического поля на антропогенную среду, одним из главных факторов является время нахождения линейного персонала, работающего в зонах ее активного воздействия. В связи с этим, после определения опасных зон интенсивности распределения электрического и магнитного полей, было определено допустимое время пребывания линейного персонала ТОО «Онтустик Жарык Транзит» в характерных зонах распределения электрического поля.

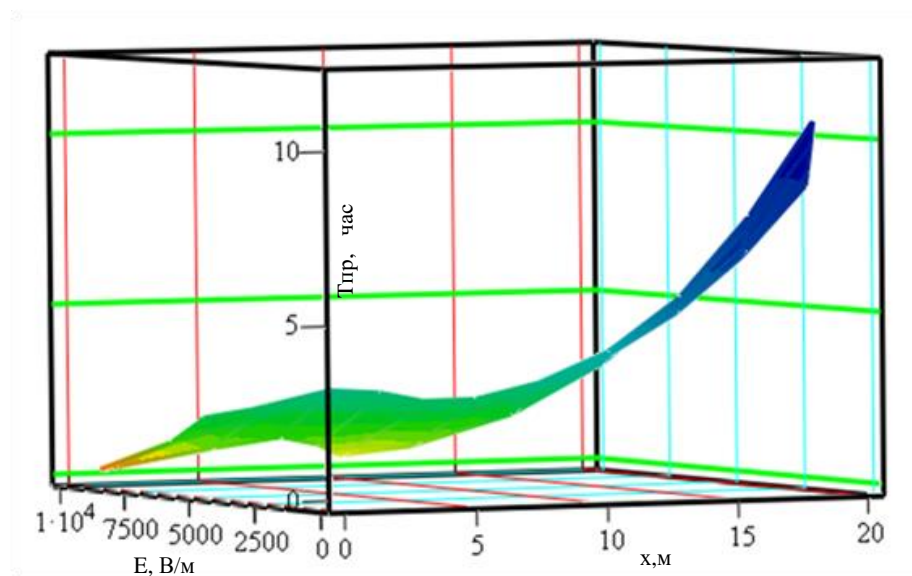
В ходе проведения экологических обследований были получены нижеследующие функциональные зависимости: $E = f(x^{-1})$ и $T = f(E^{-1})$. Следует отметить, что при максимальной напряженности электрического поля $E = 9,037$ кВ/м при высоте высотной зоны $h = 6$ м, время пребывания рабочего персонала в данной зоне составила 3,5 час. По санитарно-эпидемиологическим требованиям предельно допустимый уровень времени пребывания линейного персонала в зонах влияния электрического поля составляет 8 часов на 5кВ/м.



Время пребывания линейного персонала в зонах электрического поля, t , час

Рисунок 38- Зависимость времени пребывания линейного персонала в зонах электрического поля от уровня ее распределения.

На рисунке 38 наглядно показан диапазон времени пребывания людей в зонах воздействия электрического поля. Следует отметить, что с увеличением зоны опасности, время пребывания людей сводится к минимальным значениям. При напряженности электрического поля 9,037 кВ/м составила 3 часа 30 мин.



($T_{пр}$, час) от уровня интенсивности распределения электрического поля (E В/м) и расстояния излучающего низкочастотного энергетического объекта x , м

Рисунок 39 – Зависимость времени пребывания людей в зоне опасности электрического излучение

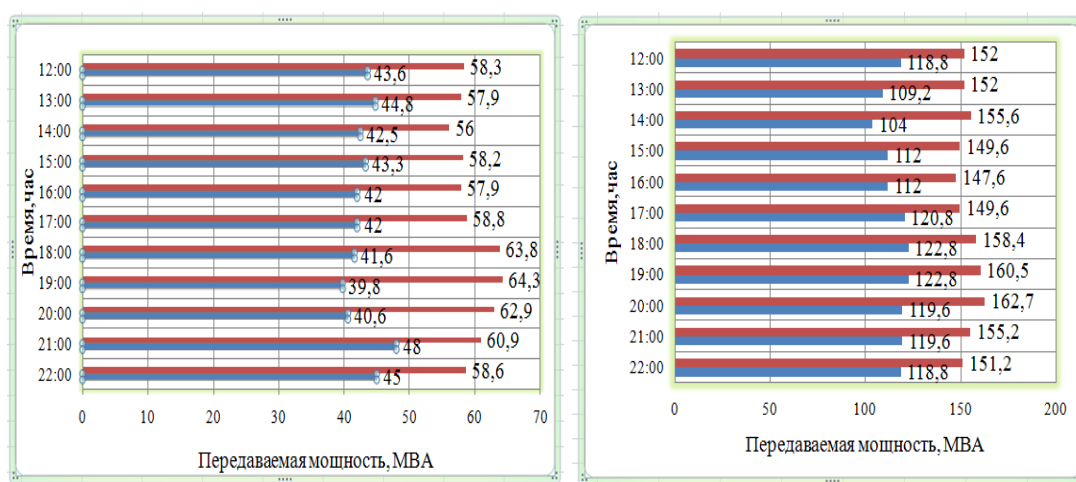
На рисунке 39 представлена трехмерная временная характеристика, описывающая опасность электрического излучения в разных ее диапазонах. Результирующими координатами были взяты время пребывания линейного персонала в зонах опасности электрического излучения, уровень напряженности электрического поля и расстояния по убыванию опасности электрического излучения от низкочастотного энергетического объекта [169, стр 139].

Следует отметить, что интенсивность распределения электромагнитного поля напрямую зависит от возмущающих факторов: климатических (скорость ветра, оседания дождя, морось, температура окружающей среды) и технологических (провисания проводов, разница суточного перераспределения электрической энергии, превышение допустимой токовой нагрузки, ухудшение и износ электроизоляционных установок). Это в свою очередь повышает уровень электромагнитного загрязнения, увеличивает его распределение по определенному радиусу и снижает время нахождения людей в зонах влияния электромагнитного поля, приводящего к увеличению степени риска появления

различного вида заболеваний - рака, снижения женской репродуктивности, лейкемии у детей и взрослых, психологических заболеваний различного рода и т.д. Следовательно, при установлении охранной зоны линий электропередачи высокого напряжения, должно проводиться обоснованное ранжирование по определению опасных зон электромагнитного поля.

3.5 Динамический расчет электромагнитных полей порождаемого высоковольтными линиями

В ходе проведения экологических обследований совместно со специалистами региональной электросетевой компаний ТОО «Онтустик Жарык Транзит» были взяты замеры дневных и вечерних максимумов электрических нагрузок линий электропередачи высокого напряжения в летние и зимние периоды.



■ - зимний период времени, ■ - летний период времени

Рисунок 40- Динамика изменения электрических нагрузок в линиях электропередач высокого напряжения 110 и 220 кВ.

Из рисунка 40 видно, что пиковые значения электрических нагрузок по линиям электропередачи высокого напряжения, 110 кВ в летние периоды времени составила 48 МВА, а в зимние периоды времени составляет 64,3 МВА. По линиям электропередачи высокого напряжения, 220 кВ пиковые значения электрических нагрузок составили 123 и 163 МВА, соответственно в летние и зимние периоды времени. Следует отметить, что рост электрических нагрузок возрастает в вечернее время, в летние периоды времени вечерние максимумы в линиях электропередач высокого напряжения 110 кВ приходятся на время с 21:00-22:00 (48-45 МВА), а в зимние периоды времени на 18:00-21:00 (63,8 – 60,9 МВА). В линиях электропередач высокого напряжения 220 кВ пиковые значения электрических нагрузок в летние периоды времени приходятся на вечернее время суток 17:00-21:00 (120,8 -119,6 МВА), в зимние периоды времени на 18:00-20:00 (158,4-162,7 МВА).

Динамика изменения токовых нагрузок имеет аналогичную характеристику. При расчете токовых нагрузок были введены поправочные коэффициенты, учитывающие зависимости токовых нагрузок от температуры окружающей среды. Поправочные коэффициенты в летние периоды времени составляет $k_{\text{п}}=0,8$, в зимние периоды времени составляет $k_{\text{п}}=1,2$.

Данные токовых нагрузок в линиях электропередач высокого напряжения 110 и 220 кВ приведены на рисунке 41.

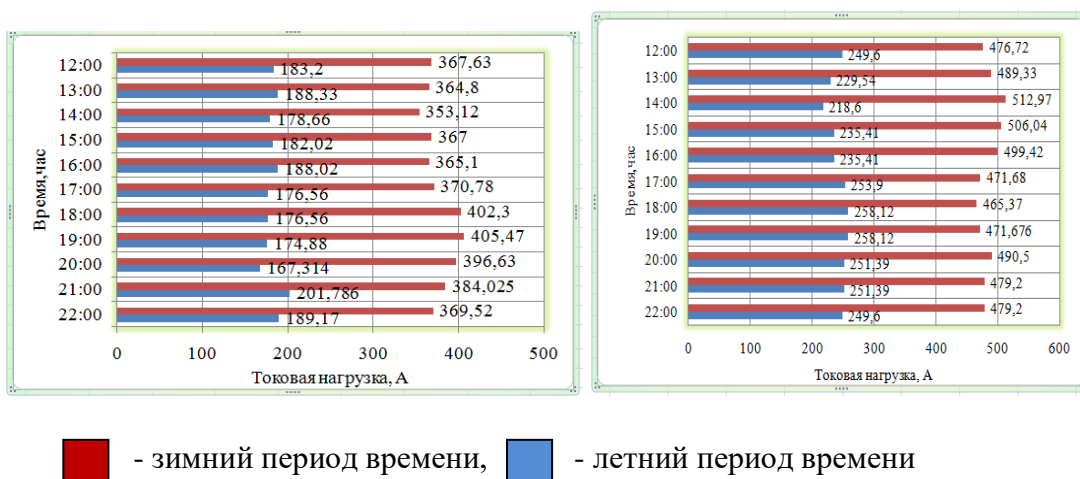


Рисунок 41- Динамика изменений токовых нагрузок в линиях электропередач высокого напряжения 110 и 220 кВ.

Из рисунка 41 видно, что пиковые значения токовых нагрузок по линиям электропередачи высокого напряжения, 110 кВ в летние периоды времени составила 201,786 А, в зимние периоды времени составляет 405,47 А. По линиям электропередачи высокого напряжения, 220 кВ пиковые значения токовых нагрузок составила 258,12 и 512,97А соответственно в летние и зимние периоды времени. Следует отметить, что рост электрических нагрузок возрастает в вечернее время, в летние периоды времени вечерние максимумы в линиях электропередач высокого напряжения 110 кВ приходятся на время с 21:00-22:00 (201,786-189,17А), в зимние периоды времени на 18:00-21:00 (402,3 – 384,025А). В линиях электропередачи высокого напряжения, 220 кВ пиковые значения электрических нагрузок в летние периоды времени приходятся на вечернее время суток 17:00-21:00 (253,9 -251,39 А), в зимние периоды времени на 18:00-20:00 (499,42-512,97 А) [173, стр 67-68].

Зависимость интенсивности распределения магнитного поля, порождаемого линией электропередач высокого напряжения от динамики изменения токовых нагрузок, описывается методом зеркального изображения по нижеследующей формуле:

$$H(I) = \frac{I \cdot \gamma}{2 \cdot \pi} \left(\sqrt{(2k_1 - k_3 - k_2)^2 + 3(k_3 - k_5)^2 + (2k_3 - k_4 - k_6)^2 + 3(k_4 - k_6)^2} \right) \quad (22)$$

Динамика изменения напряженности магнитного поля в линиях электропередач высокого напряжения, 110 и 220 кВ проведенных замеров по микрорайонам Нурсат и Казыгурт, при предельных токовых нагрузках в летние и зимние периоды приведены на рисунках 42 и 43.

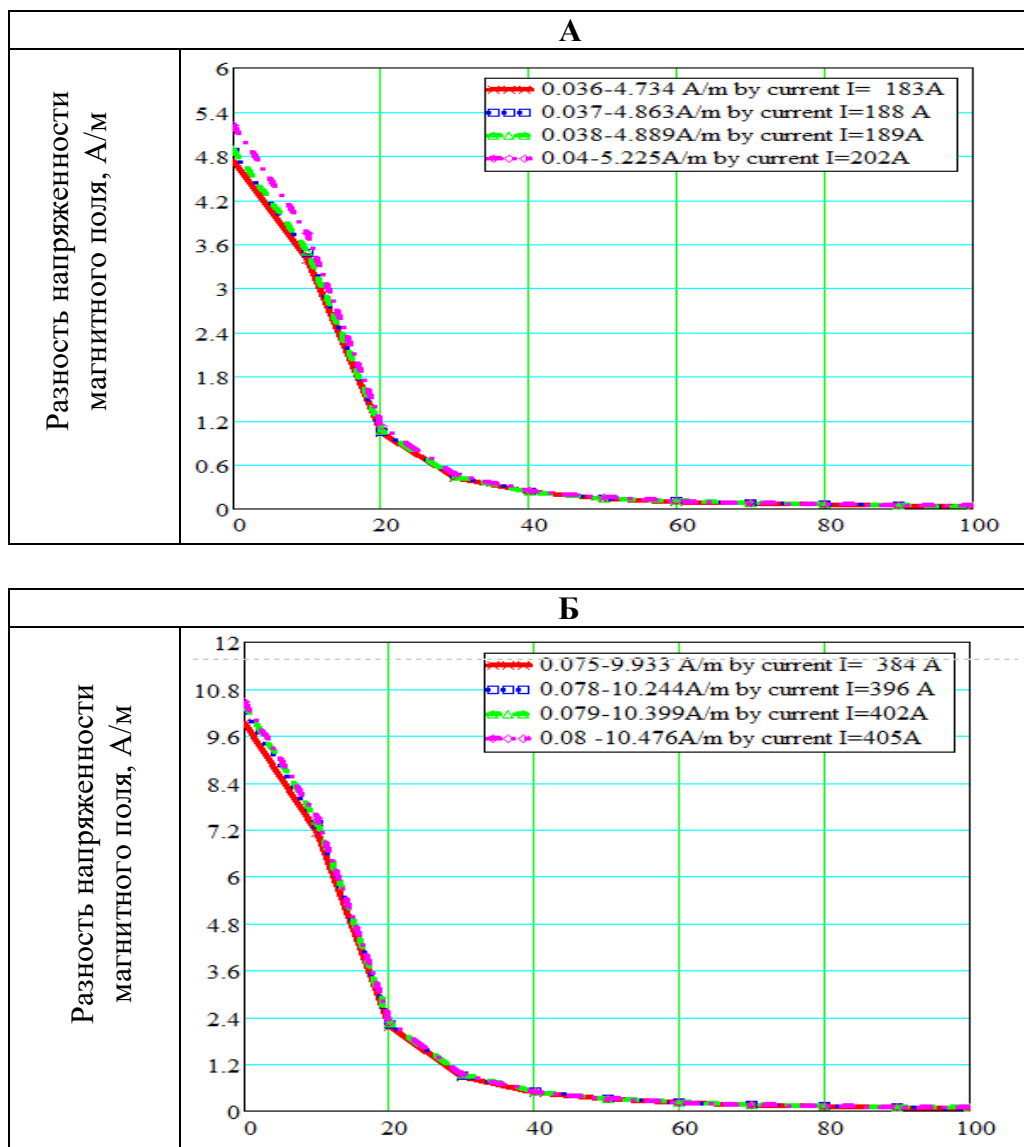


Рисунок 42- Расстояния от линий электропередач, до интересующей точки, х,м.

Из рисунка 42 видно, что в зимние периоды времени воздействия магнитного поля в линиях электропередач высокого напряжения 110 кВ на экосистему почти 2 раза выше в сравнении с летними периодами времени. Критические значения напряженности магнитного поля за сутки в летние периоды времени составила 5,225 А/м, в зимние периоды времени 10,476 А/м.

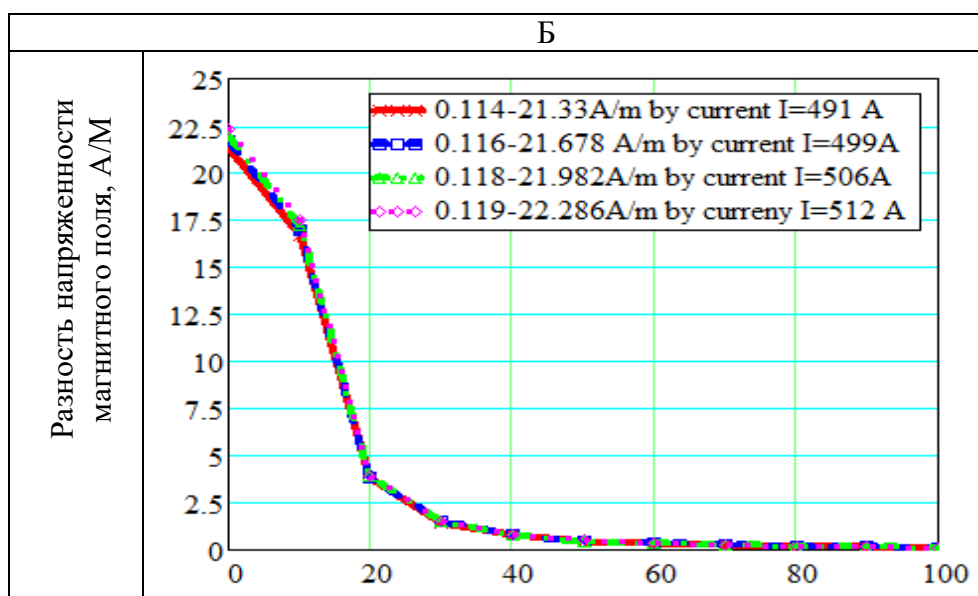
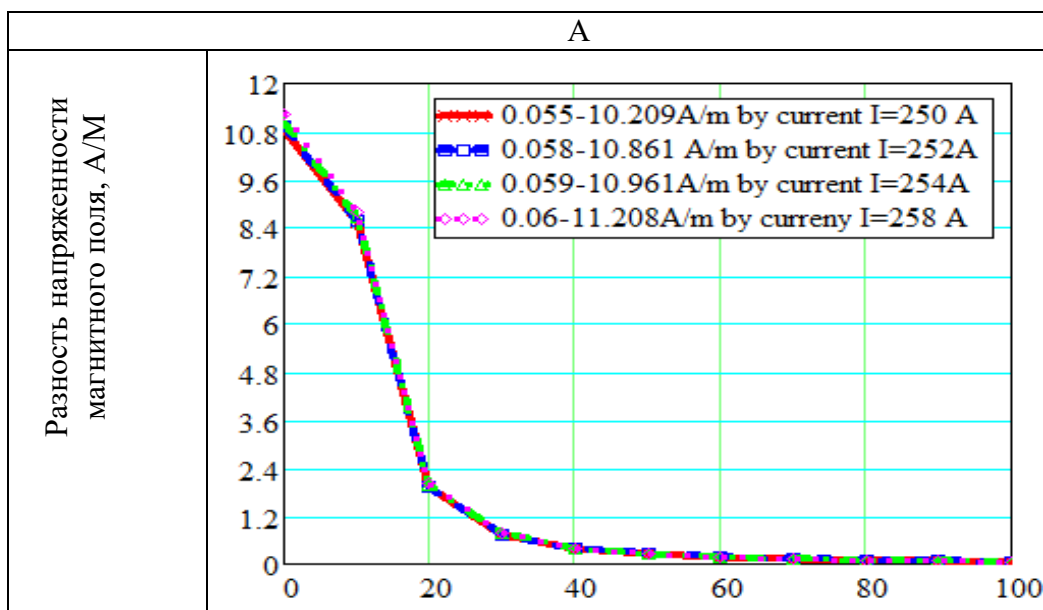


Рисунок 43- Расстояния от линий электропередач до интересующей точки х,м.

Из рисунка 43 видно, что в зимние периоды времени воздействия магнитного поля в линиях электропередач высокого напряжения 220 кВ, на экосистему почти 2 раза выше в сравнении с летними периодами времени. Критические значения напряженности магнитного поля за сутки в летние периоды времени составила 11,208 А/м, а в зимние периоды времени 22,286 А/м [173, стр 69].

Выводы по 3 главе диссертационной работы

1. Выбран эффективный методологический подход в оценке уровня электромагнитного загрязнения и на основе данной методологии путем

проведения основных расчетов оценен уровень электромагнитного загрязнения порождаемого линией электропередачи высокого напряжения в статической и динамической характеристике

2. Установлены принципиально новые параметры санитарно- защитной зоны в строительстве и во введении в эксплуатацию низкочастотных энергетических объектов.

3. Графоаналитические характеристики по оценке уровня электромагнитного загрязнения могут служить основой в деле создания новых оптимальных маршрутов системы передачи электрической энергии с учетом эколого-изыскательных характеристик выбранных территории.

4. Создана 3D математическая модель, демонстрирующая трехмерную зависимость между уровнем электромагнитного загрязнения, расстоянием и временем пребывания линейного работника, напрямую контактирующего с высоковольтными линиями.

ГЛАВА 4 НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЛЫХ МАССИВОВ, НАХОДЯЩИХСЯ В ЗОНЕ АКТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМП

4.1 Рекомендации по повышению электромагнитной безопасности урбанизированных территорий вблизи линии электропередачи

При снижении интенсивности электрического и магнитного полей вводятся следующие виды мероприятий, которые определяются выбором конкретных методов и средств с учетом их экономических показателей, простотой и надежностью эксплуатации.

Защитные мероприятия состоят:

- из оценки уровня ЭМП и их сопоставления с данными, которые определяются нормативными документами;
- выбора необходимых мер и средств защиты, которые обеспечат степень защищенности при заданных условиях;
- применения современных геоинформационных платформ при проведении экологической экспертизы, с учетом выведения оценки агломерационной среды, где в последующем, будут вводиться новые низкочастотные энергетические объекты.

Мероприятия по защите от ЭМП порождаемого высоковольтными линиями, подразделяются на следующие виды: организационные; медицинско-профилактические и лечебные; инженерно-технические.

К организационным методам относятся: создание оптимальных вариантов при строительстве ЛЭП, оказывающие в зоне воздействия; предупреждение возможности попадания населения в зоны, превышающие ПДУ; планирование времени труда и отдыха персонала

Применение этих видов защитных мер начинается в период предупредительного и вводятся корректировки в период текущего санитарного контроля, и состоят из следующих видов организационных мероприятий: выбор рациональных режимов работы ЛЭП; нормирование параметров электромагнитных воздействий; периодический мониторинг облучаемости; ограничения времени пребывания ЭМП.

Медицинско – профилактические и лечебные мероприятия проводятся в целях предупреждения и раннего обнаружения изменений состояния здоровья. Все работающие, профессионально связанные с обслуживанием и эксплуатацией источников ЭМП, в том числе ЛЭП, должны проходить предварительный медосмотр и периодические профилактические при поступлении, в соответствии с действующим законодательством

Инженерно – технические мероприятия включают в себя уменьшение мощности излучения непосредственно в источнике, электромагнитное экранирование и средства индивидуальной защиты [177].

4.2 Апробация научно-практических технических решений по оценке уровня электромагнитного загрязнения и по оптимизации маршрутизации ЛЭП для снижения активных воздействии ЭМП.

С помощью программы РТС MathCad 15. 01 были определены уровни напряженности электрического и магнитного полей в линиях электропередач высокого и сверхвысокого напряжения. Полученные расчеты выявили, что в линиях электропередач высокого напряжения в 110 кВ максимальная напряженность электрического поля составляет 2,987 кВ/м, в линиях электропередач высокого напряжения в 220 кВ составляет 9,088 кВ/м. Соответственно, были определены максимальные напряженности магнитного поля: максимальная напряженность магнитного поля в линиях электропередач высокого напряжения в 110 кВ - 4,625 А/м, а в линиях электропередач высокого напряжения в 220 кВ – 18,246А/м.

Путем сравнительного анализа были определены опасные зоны распространения электромагнитного излучения. Полученные экспериментальные расчеты позволяет провести ранжирование по градиентам опасности электрических и магнитных полей в зависимости от уровня, соответственно.

Ранжирование градиентов по степени опасности электрического и магнитного полей по линиям электропередач высокого напряжения в 110 кВ и 220 кВ представлены ниже.

Ранжирование градиентов по степени опасности электрического и магнитного полей, в линиях электропередач высокого напряжении в 110 кВ.

Зона высокой опасности 0-10 м - для электрического поля, 0-20 м – для магнитного поля; зона средней опасности 10-20 м – для электрического поля и 20-35 м – для магнитного поля; зона незначительной опасности 20-30 м – для электрического поля и 35-50 м – для магнитного поля.

Ранжирование градиентов по степени опасности электрического и магнитного полей, в линиях электропередач высокого напряжения в 220 кВ:

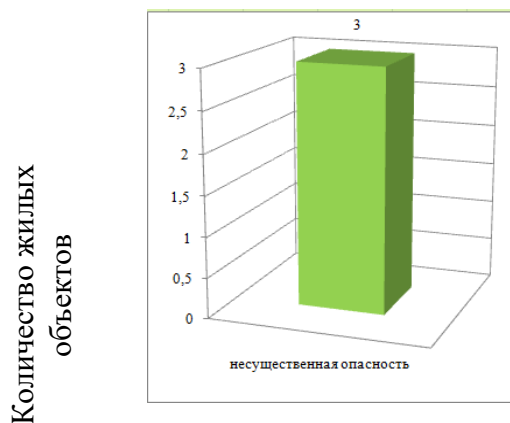
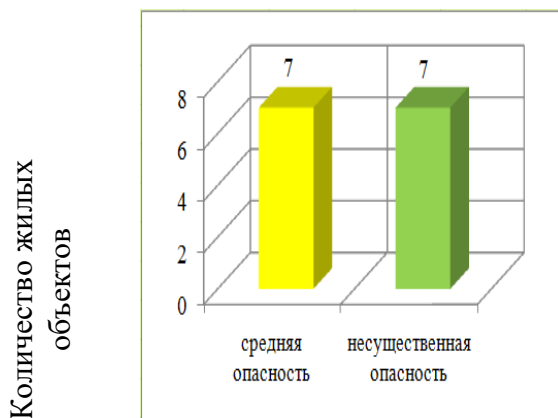
Зона высокой опасности 0-15 м – для электрического поля, 0-30 м – для магнитного поля; зона средней опасности 15-30 м – для электрического поля и 30-50 м – для магнитного поля; зона незначительной опасности 30-45 м – для электрического поля, 50-80 м – для магнитного поля [169, стр 140].

На основе полученных данных была построена геоинформационная карта на исследуемую территорию. В свою очередь, это дало возможность выявить несоответствие размеров санитарно-эпидемиологических зон с данными, которые были получены в ходе проведения экспериментальных исследований. Методом выборки геолокальных данных в программе ArcGIS были определены жилые объекты, которые находятся в зоне опасности электрического и магнитного полей.

С помощью геоинформационной программы ESRI ArcGIS было высчитано количество жилых объектов, которые находятся в зоне высокой, средней и незначительной опасности электрического и магнитного полей, порождаемых линиями электропередачи высокого напряжения, напряжением в

110 и 220 кВ по микрорайону Нурсат, проспекту Назарбаева и микрорайону Казыгурт.

На рисунке 44 представлено количество жилых объектов, которые находятся в зоне опасности электрического и магнитного полей по микрорайону Нурсат.



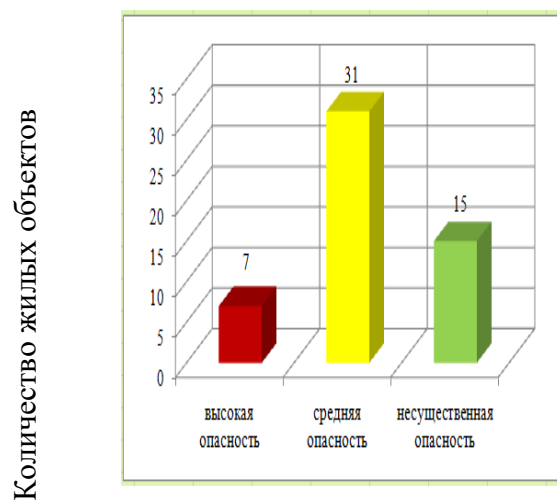
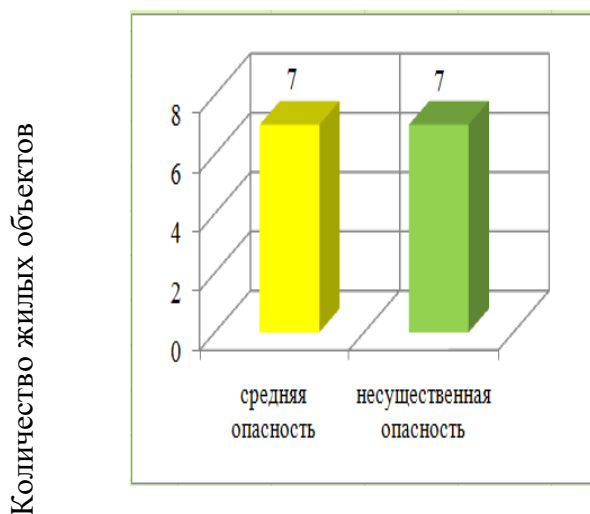
Степень опасности электрического поля

Степень опасности магнитного поля

Рисунок 44- Количество жилых объектов, находящихся в зоне опасности электрического и магнитного полей по микрорайону Нурсат.

Из рисунка 44 видно, что 3 жилых объекта по микрорайону Нурсат находятся в зоне незначительной опасности электрического поля, 4 и 10 жилых объектов, соответственно, в зоне средней и незначительной опасности магнитного поля.

На рисунке 45 представлено количество жилых объектов, которые находятся в зоне опасности электрического и магнитного полей по проспекту Назарбаева.



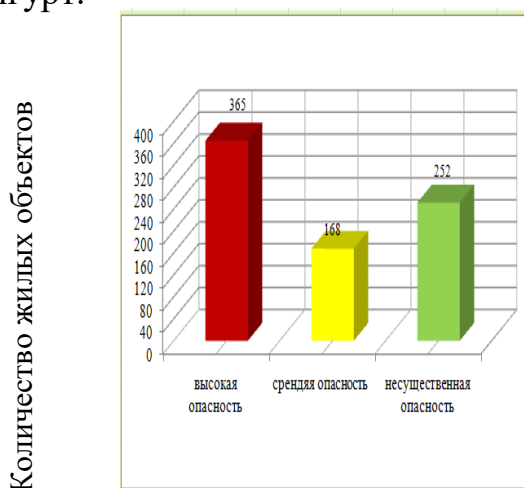
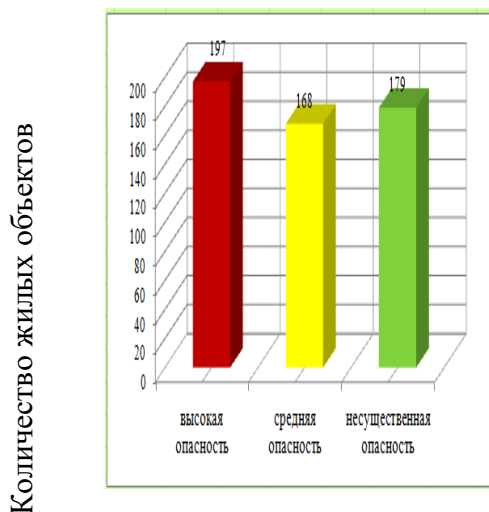
Степень опасности электрического поля

Степень опасности магнитного поля

Рисунок 45- Количество жилых объектов, находящихся в зоне опасности электрического и магнитного полей по проспекту Назарбаева [170].

Из рисунка 45 видно, что по проспекту Назарбаева 7 жилых объектов находятся в зоне незначительной и 7 жилых объектов в зоне средней опасности электрического поля, 7, 31 и 15 жилых объектов, соответственно, находятся в зоне высокой, средней и незначительной опасности магнитного поля.

На рисунке 46 представлено количество жилых объектов, расположенных в зоне опасности электрического и магнитного полей по микрорайону Казыгурт.



Степень опасности электрического поля

Степень опасности магнитного поля

Рисунок 46- Количество жилых объектов, расположенных в зоне опасности электрического и магнитного поля по микрорайону Казыгурт.

Из рисунка 46 видно, что по микрорайону Казыгурт 197,168 и 179 жилых объектов, соответственно, находятся в зоне высокой, средней и незначительной опасности электрического поля и 365,168 и 252 жилых объектов, соответственно, находятся в зоне высокой, средней и незначительной опасности магнитного поля [170, стр 49].

Полученные экспериментальные данные показывают, что для обеспечения безопасной зоны от воздействия электрического и магнитного полей, порождаемые линией электропередач высокого напряжения, необходимо предарительно разместить проложение высоковольтных линий, которые будут строиться и эксплуатироваться на выбранных территориях.

Обеспечение безопасности и здоровья линейных персоналов, которые работают непосредственно на линиях электропередач высокого напряжения, является одним из основных задач при проведении экологического мониторинга. Для выбора оптимальной маршрутизации для работы линейных персоналов, было определено допустимое время пребывания в зоне активного воздействия электрического поля, которое напрямую зависит от расстояния расположение высоковольтных линий [169, стр 139].

Таблица 5 – Параметры пребывания линейного персонала в зонах влияния электрического поля по категориям опасности

| Е, В/м при h=1 м | Е, В/м при h=2 м | Е, В/м при h=4 м | Е, В/м при h=6 м | Тдоп.про ф, час при h=1 м | Тдоп.про ф, час при h=2 м | Тдоп.про ф, час при h=4 м | Тдоп.про ф, час при h=6 м | Расстояния от и.о,х,м |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|
| $5,008 \cdot 10^3$ | $5,217 \cdot 10^3$ | $6,24 \cdot 10^3$ | $9,037 \cdot 10^3$ | 7 час 54 мин | 7 час 30 мин | 6 час | 3 час 30 мин | 0 |
| $4,674 \cdot 10^3$ | $4,635 \cdot 10^3$ | $5,04 \cdot 10^3$ | $6,757 \cdot 10^3$ | 8 час 48 мин | 8 час 42 мин | 7 час 54 мин | 5 час 20 мин | 2 |
| $4,393 \cdot 10^3$ | $4,205 \cdot 10^3$ | $4,398 \cdot 10^3$ | $6,06 \cdot 10^3$ | 9 час 18 мин | 9 час 48 мин | 9 час 20 мин | 6 час 10 мин | 4 |
| $4,474 \cdot 10^3$ | $4,308 \cdot 10^3$ | $4,669 \cdot 10^3$ | $6,66 \cdot 10^3$ | 9 час 6 мин | 9 час 30 мин | 8 час 45 мин | 5 час 30 мин | 6 |
| $4,694 \cdot 10^3$ | $4,615 \cdot 10^3$ | $5,2 \cdot 10^3$ | $7,804 \cdot 10^3$ | 8 час 48 мин | 8 час 48 мин | 7 час 40 мин | 4 час 25 мин | 8 |
| $4,641 \cdot 10^3$ | $4,601 \cdot 10^3$ | $5,117 \cdot 10^3$ | $7,086 \cdot 10^3$ | 8 час 56 мин | 11 час | 7 час 50 мин | 5 час | 10 |
| $4,211 \cdot 10^3$ | $4,156 \cdot 10^3$ | $4,384 \cdot 10^3$ | $5,189 \cdot 10^3$ | 9 час 48 мин | 12 час 20 мин | 9 час 25 мин | 7 час 42 мин | 12 |
| $3,572 \cdot 10^3$ | $3,495 \cdot 10^3$ | $3,497 \cdot 10^3$ | $3,706 \cdot 10^3$ | 12 час | 14 час 42 мин | 12 час 10 мин | 11 час 20 мин | 14 |
| $2,919 \cdot 10^3$ | $2,834 \cdot 10^3$ | $2,734 \cdot 10^3$ | $2,724 \cdot 10^3$ | 15 час | 18 час 20 мин | 16 час 18 мин | 16 час 20 мин | 16 |
| $2,352 \cdot 10^3$ | $2,272 \cdot 10^3$ | $2,144 \cdot 10^3$ | $2,065 \cdot 10^3$ | 19 час 20 мин | 23 час | 21 час 20 мин | 22 час 15 мин | 18 |
| $1,895 \cdot 10^3$ | $1,826 \cdot 10^3$ | $1,702 \cdot 10^3$ | $1,609 \cdot 10^3$ | 24 час 20 мин | 25 час 20 мин | 27 час 20 мин | 29 час | 20 |

В ходе оценки динамики изменения уровня электромагнитных полей с помощью лазерного дальномера, были взяты замеры дневных и ночных, а также сезонных уровней напряженности электрических полей. При оценке изменения динамики магнитных полей были получены сведения от ТОО «Оңтүстік Жарық Транзит».

Динамика изменения магнитных полей в разные периоды приведены в нижеследующих таблицах, где:

h – высотная зона распределения напряженности электрического и магнитного поля, 6 м.

x – расстояния от жилого массива линий электропередач высокого напряжения

Таблица 6 - Динамика суточного изменения магнитного поля в летний период времени, порождаемой линией электропередач высокого напряжения ЛЭП-110 кВ по жилому массиву мкр Нурсат

| Н, А/м при токовой нагрузке I=174 А | Н, А/м при токовой нагрузке I=183 А | Н, А/м при токовой нагрузке I=189 А | Н, А/м при токовой нагрузке I=202 А | х, расстояния от исследуемого объекта (горизонтальное) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 4,501 | 4,734 | 4,899 | 5,225 | 0 м |
| 3,225 | 3,392 | 3,503 | 3,744 | 10 м |
| 0,974 | 1,025 | 1,058 | 1,131 | 20 м |
| 0,4 | 0,421 | 0,435 | 0,465 | 30 м |
| 0,216 | 0,227 | 0,235 | 0,251 | 40 м |
| 0,136 | 0,143 | 0,148 | 0,158 | 50 м |
| 0,094 | 0,099 | 0,102 | 0,109 | 60 м |
| 0,069 | 0,073 | 0,075 | 0,08 | 70 м |
| 0,053 | 0,056 | 0,058 | 0,062 | 80 м |
| 0,042 | 0,044 | 0,046 | 0,049 | 90 м |
| 0,034 | 0,036 | 0,037 | 0,04 | 100 м |

Таблица 7 - Динамика суточного изменения магнитного поля в зимний период времени, порождаемого линией электропередачи высокого напряжения ЛЭП-110 кВ по жилому массиву мкр Нурсат .

| Н, А/м при токовой нагрузке I=367 А | Н, А/м при токовой нагрузке I=384 А | Н, А/м при токовой нагрузке I=397 А | Н, А/м при токовой нагрузке I=405А | х, расстояния от исследуемого объекта (горизонтальное) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 9,493 | 9,933 | 10,269 | 10,476 | 0 м |
| 6,803 | 7,118 | 7,359 | 7,507 | 10 м |
| 2,055 | 2,15 | 2,223 | 2,268 | 20 м |
| 0,844 | 0,883 | 0,913 | 0,932 | 30 м |
| 0,456 | 0,477 | 0,494 | 0,503 | 40 м |
| 0,288 | 0,301 | 0,311 | 0,317 | 50 м |
| 0,199 | 0,208 | 0,215 | 0,22 | 60 м |
| 0,146 | 0,153 | 0,158 | 0,161 | 70 м |
| 0,112 | 0,117 | 0,121 | 0,124 | 80 м |
| 0,089 | 0,093 | 0,096 | 0,098 | 90 м |
| 0,072 | 0,075 | 0,078 | 0,079 | 100 м |

Из таблиц 6,7 видно динамика изменение интенсивности распределения магнитных полей в зимние и летние времени периоды. Главным составляющими параметрами при определении магнитных полей является переток мощностей и электрической энергии, а также коэффициент учитывающий изменение температур окружающей среды [178].

Таблица 8 - Динамика суточного изменения магнитного поля в летний период времени, порождаемого линией электропередачи высокого напряжения ЛЭП-220 кВ по жилому массиву мкр Казыгурт.

| Н, А/м при токовой нагрузке I=235 А | Н, А/м при токовой нагрузке I=249 А | Н, А/м при токовой нагрузке I=251 А | Н, А/м при токовой нагрузке I=258 А | х, расстояния от исследуемого объекта (горизонтальное) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| 10,209 | 10,817 | 11,034 | 11,208 | 0 м |
| 8,005 | 8,482 | 8,655 | 8,789 | 10 м |
| 1,818 | 1,926 | 1,965 | 1,996 | 20 м |
| 0,698 | 0,74 | 0,755 | 0,766 | 30 м |
| 0,365 | 0,386 | 0,394 | 0,4 | 40 м |
| 0,225 | 0,239 | 0,244 | 0,247 | 50 м |
| 0,154 | 0,163 | 0,166 | 0,169 | 60 м |
| 0,112 | 0,119 | 0,121 | 0,123 | 70 м |
| 0,086 | 0,091 | 0,092 | 0,094 | 80 м |
| 0,067 | 0,072 | 0,073 | 0,074 | 90 м |
| 0,055 | 0,058 | 0,059 | 0,06 | 100 м |

Таблица 9 - Динамика суточного изменения магнитного поля в зимний период времени, порождаемого линией электропередачи высокого напряжения ЛЭП-220 кВ по жилому массиву мкр Казыгурт.

| Н, А/м при токовой нагрузке I=491 А | Н, А/м при токовой нагрузке I=499 А | Н, А/м при токовой нагрузке I=506 А | Н, А/м при токовой нагрузке I=512 А | х, расстояния жилого массива от линии электропередач высокого напряжения (горизонтальное) |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| 21,33 | 21,678 | 21,982 | 22,243 | 0 |
| 16,726 | 16,999 | 17,237 | 17,441 | 10 м |
| 3,798 | 3,86 | 3,914 | 3,96 | 20 м |
| 1,459 | 1,482 | 1,503 | 1,521 | 30 м |
| 0,762 | 0,774 | 0,785 | 0,794 | 40 м |
| 0,471 | 0,478 | 0,485 | 0,491 | 50 м |
| 0,322 | 0,327 | 0,331 | 0,335 | 60 м |
| 0,234 | 0,238 | 0,242 | 0,244 | 70 м |
| 0,179 | 0,182 | 0,184 | 0,186 | 80 м |
| 0,141 | 0,143 | 0,145 | 0,147 | 90 м |
| 0,114 | 0,116 | 0,118 | 0,119 | 100 м |

Из таблиц 8,9 видно динамика изменение интенсивности распределения магнитных полей в зимние и летние времени периоды. Главным составляющими параметрами при определении магнитных полей является переток мощностей и электрической энергии, а также коэффициент учитывающий изменение температур окружающей среды [178, стр 772].

Использование геоинформационных технологий позволило построить цифровую карту местности. В нашем случае, в качестве входных данных были взяты значения интенсивности распределения электромагнитного поля и степени его воздействия на окружающую среду. Выходные данные были получены путем построения интерполяции обратно взвешенного расстояния. Согласно статистическим данным, а также согласно обзору литературы и правилам санитарно-эпидемиологических требований, радиус охвата распространения магнитного загрязнения в жилом районе Нурсат летом составляет 0 -18 м, а зимой достигает 26 метров. В условиях жилого района Казыгурт, где установлены высоковольтные линии электропередачи 220 кВ, радиус охвата распространения магнитного загрязнения в летние периоды составляет 0-25 м, в зимние периоды он достигает до 40 метров. Путем введения местных данных, а также путем ранжирования уровня воздействия электромагнитного поля на окружающую среду, были определены зоны жилых районов, которые подвергаются повышенному воздействию электромагнитного поля. Полученные данные показывают, что уровень воздействия магнитного поля на окружающую среду является переходным, что указывает на уменьшение или увеличение количества жилых объектов, которые подвергаются канцерогенному риску в экосистеме. С помощью установления минимальной и максимальной высотной зоны по рельефу местности, были определены критические провисы проводов в линиях электропередач высокого напряжения для каждого участка. Стрела провисания проводов в неоднородном рельефе местности в любой точке линий электропередач определяется по нижеследующей формуле:

$$f_x = \frac{\gamma \cdot X}{2 \cdot \delta} \cdot (l - X) + X \cdot \frac{\Delta h}{l} \quad (23)$$

- где: X – расстояния от рассматриваемой точки до опоры, м;
 l – расстояние между линиями электропередачи (пролет линий);
 Δh – разность между высотными зонами (определяющая относительную погрешность при однородной и неоднородной морфологии рельефа местности);
 δ - напряжения в низшей точке в проводах линий электропередач в начальном и искомом состояниях, кГ/мм^2
 γ - удельная нагрузка провода, $\text{Н/(м} \cdot \text{мм}^2)$

Кривые провисания и стрелы провеса проводов при разной высоте точек представлены на рисунке 47.

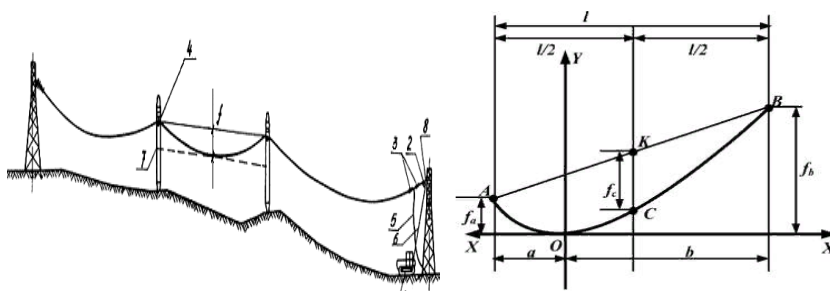


Рисунок 47- Кривые провисания и стрелы провеса проводов при разной высоте точек

Используя необходимые параметры и вышеуказанную формулу, были определены максимальные провисания проводов и критические точки провиса, которые и указывают на повышенную зону опасности по интенсивности распределения электрического поля в определенном радиусе. Критические точки провиса проводов при разности высотных зон находятся в низших зонах [178, стр 773].

Длина линий электропередачи, разность высотных зон по рельефу местности, максимальные значения провисания проводов, а также критические точки провиса для каждого участка ЛЭП представлены в таблице 10

Таблица 10 - Длина линий электропередачи, разность высотных зон по рельефу местности, максимальные значения провисания проводов, а также критические точки провиса для каждого участка ЛЭП.

| № | 1-2 | 2-2' | 1-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | 10-11 | 11-12 | 12-12' |
|----------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|-----------|-----------|----------|----------|------------|-----------|-----------|
| L | 312 | 131 | 284 | 423 | 426 | 333 | 383 | 397 | 418 | 364 | 453 | 510 | 294 |
| Δh , м | 4 | 26 | 2 | 2 | 2 | 8 | 26 | 3 | 17 | 13 | 26 | 4 | 12 |
| $f_{x,м}$ | 5,17 4 | 9,72 9 | 4,08 2 | 6,40 3 | 6,45 5 | 6,6 8 | 9,11 2 | 5,95 7 | 8,4 7 | 6,7 7 | 10,89 6 | 8,31 2 | 6,62 3 |
| $l_{кр,м}$ | 154 | 46 | 142 | 212 | 213 | 166 | 180 | 198 | 250 | 160 | 220 | 255 | 130 |

После полученных геометрических данных по линиям электропередач, методом зеркального изображения, учитывая разность высотных зон, были определены уровни напряженности электрического поля для каждого ее участка. Уровень напряженности электрического поля определяется по нижеследующей формуле

$$E = \frac{C \cdot U_{\phi}}{4 \cdot \pi \cdot \epsilon_0} \cdot \sqrt{(2 \cdot k_1 - k_3 - k_5)^2 + 3(k_3 - k_5)^2 + (2 \cdot k_2 - k_4 - k_6)^2 + 3(k_4 - k_6)^2} \quad (24)$$

Уровни напряженности электрического поля по каждому участку линий электропередачи, в зависимости от изменения рельефа местности, представлены в таблице 11.

Таблица 11 - Расчетные данные по уровню напряженности электрического поля по участкам линий электропередачи, в зависимости от изменения рельефа местности.

| x, м | по 1-2-ому участку | | | | | | | | | | | | |
|------|--------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|--|--|
| | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|------|-------|------|-------|
| Е, кВ/м | 10,7 | 9,162 | 2,409 | 0,629 | 0,276 | 0,155 | 0,1 | 0,07 | 0,051 | 0,04 | 0,031 |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|------|-------|------|-------|

по 2-2'-ому участку

| | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| х,м | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Е, кВ/м | 4,872 | 4,319 | 2,585 | 0,975 | 0,472 | 0,275 | 0,179 | 0,127 | 0,094 | 0,073 | 0,058 |

по 1-3-ому участку

продолжение таблицы 11

| | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| х,м | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Е, кВ/м | 4,333 | 3,861 | 2,514 | 1,029 | 0,511 | 0,301 | 0,197 | 0,140 | 0,104 | 0,08 | 0,065 |

по 3-4-ому участку

| | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| х,м | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Е, кВ/м | 5,692 | 5,029 | 2,634 | 0,902 | 0,424 | 0,244 | 0,159 | 0,111 | 0,083 | 0,064 | 0,051 |

по 4-5-ому участку

| | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| х,м | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Е, кВ/м | 5,734 | 5,065 | 2,636 | 0,898 | 0,421 | 0,243 | 0,158 | 0,111 | 0,083 | 0,064 | 0,051 |

по 5-6-ому участку

| | | | | | | | | | | | |
|------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|------|
| х,м | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Е, кВ/м | 5,92 | 5,228 | 2,639 | 0,883 | 0,412 | 0,237 | 0,154 | 0,108 | 0,08 | 0,062 | 0,05 |

по 6-7-ому участку

| | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| х,м | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Е, кВ/м | 9,208 | 8,006 | 2,508 | 0,687 | 0,305 | 0,172 | 0,111 | 0,077 | 0,057 | 0,044 | 0,035 |

по 7-8-ому участку

| | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| х,м | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Е, кВ/м | 5,362 | 4,742 | 2,621 | 0,930 | 0,441 | 0,255 | 0,166 | 0,117 | 0,087 | 0,067 | 0,054 |

по 8-9-ому участку

| | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| х,м | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Е, кВ/м | 8,026 | 7,036 | 2,58 | 0,745 | 0,335 | 0,190 | 0,122 | 0,086 | 0,063 | 0,049 | 0,039 |

по 9-10-му участку

| | | | | | | | | | | | |
|------------|---|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| х,м | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Е, кВ/м | 6 | 5,296 | 2,64 | 0,877 | 0,409 | 0,234 | 0,153 | 0,107 | 0,079 | 0,062 | 0,049 |

по 10-11-ому участку

| | | | | | | | | | | | |
|------------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| х,м | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Е, кВ/м | 15,650 | 12,330 | 2,116 | 0,508 | 0,219 | 0,122 | 0,078 | 0,054 | 0,041 | 0,031 | 0,025 |

по 11-12-ому участку

| | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| х,м | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Е, кВ/м | 7,781 | 6,829 | 2,593 | 0,758 | 0,342 | 0,194 | 0,125 | 0,088 | 0,065 | 0,05 | 0,041 |

по 12-12'-ому участку

| | | | | | | | | | | | |
|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| х,м | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
| Е, кВ/м | 5,872 | 5,185 | 2,638 | 0,887 | 0,415 | 0,238 | 0,155 | 0,109 | 0,081 | 0,062 | 0,05 |

| | | | | | | | | | | | |
|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| кВ/м | | | | | | | | | | | |
|------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Из таблицы 10 видно, что на 10-11-ом участке уровень напряженности электрического поля составил 15,65 кВ/м, а по 1-3 участку уровень напряженности электрического поля составил 4,333 кВ/м, соответственно, при неоднородном рельефе местности уровень напряженности электрического поля примерно 4 раза выше, чем при однородном рельефе местности [178, стр 774-775].

Полученные результаты были внедрены в ТОО «Оңтүстік Жарык Транзит» и РГУ «А Управление санитарно - эпидемиологического контроля Абайского района г.Шымкент» (Приложения А-Г).

4.3 Техничо - экономическое преимущество применения геоинформационного мониторинга электромагнитной обстановки в зоне жилых массивов

К основным результатам геоинформационного мониторинга охраны окружающей среды можно отнести нижеследующие:

- методология измерений ЭМИ для ГИС-картографирования местности по зонам уровней;
- динамика зон уровней ЭМИ на территории города Шымкент;
- программа по снижению техногенного воздействия источников ЭМИ на окружающую среду и население, включающая аспекты уменьшения общих энергопотерь;
- карты зон уровней ЭМИ на территории города Шымкент.

Тематическое картографирование данных, а также получение основных результатов с помощью функциональных возможностей ГИС программы ESRI ArcGIS состоит из нижеследующих этапов:

- управление геоинформационных систем созданными информационными продуктами;
- определение основных тем на основании представленных данных;
- определение диапазоны масштабов и их пространственные представления;
- создание табличной структуры базы данных и модели поведения ли описательных атрибутов;
- предложение проекта базы геоданных;
- проектирование рабочих потоков и составление тематических экологических карт;
- составление основной документации проекта геоданных.

Программные средства (ПС) вычислительной техники (ВТ) являются материальными объектами специфической интеллектуальной деятельности специалистов, состоящими из программных документально оформленных проектов, реализующих свои потребительские свойства и качества в составе функционирующих вычислительных систем или систем обработки данных. По

стоимости и срокам службы ПС относятся к основным производственным фондам предприятия.

Широкое применение ВТ требует постоянного обновления и совершенствования ПС. Выбор эффективных проектов ПС связан с их экономической оценкой и расчетом экономического эффекта.

Новый программный продукт должен быть не только технически совершенным, но и экономически выгодным. На основе экономической оценки нового программного продукта принимается решение об инвестициях в данный проект. Отсутствие экономического обоснования и расчетов приводит к экономическим ошибкам в проектировании, созданию неэффективных проектов.

В результате разработки и применения программного модуля обработки и отображения картографической информации на цифровой карте местности, экономический эффект достигается за счет экономии трудовых, материальных и финансовых ресурсов по сравнению с базовым вариантом программного модуля.

Для определения экономического эффекта от использования нового ПС потребителем, необходимо сравнить расходы по всем основным статьям сметы затрат на эксплуатацию нового ПС (расходы на заработную плату с начислениями, затраты на расходные материалы, расходы на машинное время) с расходами по соответствующим статьям базового варианта. При этом за базовый вариант следует принимать аналогичное программное средство, используемое в действующей автоматизированной системе, или ручной вариант, если автоматизация отсутствует. При сравнении базового и нового вариантов ПО в качестве экономического эффекта будет выступать общая экономия всех видов ресурсов относительно базового варианта. Создание нового ПО окажется экономически целесообразным лишь в том случае, если все капитальные затраты окупятся за счет получаемой экономии в ближайшее время (в течение 2 лет) [179].

Таблица 12 - Исходные данные для расчета экономии ресурсов в связи с применением нового ПО

| Наименование показателей | Обозначения | Единицы измерения | Значение показателя | | Наименование источника информации |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------------|---------------------|------------------|-----------------------------------|
| | | | в базовом варианте | в новом варианте | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. Капитальные вложения, включая затраты пользователя на приобретение ПО | $K_{пр}$ | тг. | - | 30 967 154 | Прогнозируемая отпускная цена |
| 2. Затраты на освоение ПО | $K_{ос}$ | тг. | - | 2 121 350 | 10% от себестоимости |

| | | | | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------|---------|-----------|---------------------------------------|
| 3. Затраты на сопровождение ПО | K_c | тг. | - | 4 242 695 | 20% от себестоимости |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 4. Затраты на укомплектование ВТ техническими средствами в связи с внедрением нового ПО | $K_{тс}$ | тг. | - | - | Сметы затрат на внедрение |
| 5. Затраты на пополнение оборотных средств в связи с эксплуатацией нового ПО | $K_{об}$ | тг. | - | - | Сметы затрат на внедрение |
| 6. Среднемесячная ЗП одного программиста | $Z_{см}$ | тг. | 400 000 | 800 000 | Расчетные данные пользователя |
| 7. Коэффициент начислений на зарплату | $K_{нз}$ | | 0,4 | 0,4 | Рассчитывается по данным пользователя |
| 8. Среднемесячное количество рабочих дней | D_p | День | 21 | 21 | Принято для расчета |
| 9. Количество типовых задач, решаемых за год | $Z_{т2}$ | Задача | - | 12 | План пользователя |
| 10. Объем работ, выполняемых при решении одной задачи | A_0 | 100 команд | - | 22 | План пользователя |
| 11. Средняя трудоемкость работ в расчете на 1 задачу | T_{c1}, T_{c2} | человеко-часов на 1 задачу | - | 2 | Рассчитывается по данным пользователя |
| 12. Количество часов работы в день | $T_ч$ | ч. | 8 | 8 | принято для расчета |
| 13. Ставка налога на прибыль | H_p | % | 24 | 24 | |

Особое значение имеет оценка капитальных затрат на приобретение и использование ПО.

Общие капитальные вложения (K_0) заказчика (потребителя), связанные с приобретением, внедрением и использованием ПО, рассчитываются по формуле:

$$K_0 = K_{пр} + K_{ос} + K_c + K_{тс} + K_{об} \quad (25)$$

где: $K_{пр}$ – затраты пользователя на приобретение программного обеспечения по отпускной цене разработчика с учетом стоимости услуг по эксплуатации (тг.);

$K_{ос}$ – затраты пользователя на освоение ПО (тг.);

K_c – затраты пользователя на оплату услуг по сопровождению ПО (тг.);

$K_{тс}$ – затраты на докомплектацию ВТ техническими средствами в связи с внедрением нового ПО (тг.);

$K_{об}$ – затраты на пополнение оборотных средств в связи с использованием нового ПО (тг.).

$$K_0 = 30\,967\,310 + 2\,448\,950 + 4\,242\,695 = 37\,658\,955 \text{ (тг.)} \quad (26)$$

Расчет экономии основных видов ресурсов в связи с использованием нового ПО.

При расчете затрат на заработную плату важно правильно выбрать показатели сравниваемых проектов в зависимости от особенности сервиса. В качестве показателей для сравнения базового и проектируемого ПО можно использовать:

- трудоемкость решаемых задач (на основе хронометражных наблюдений и накопленной статистической информации);

- затраты труда на 100 строк исходного кода;

- количество выполнения транзакций в минуту.

Экономия затрат на заработную плату (C_3) при использовании нового ПО в расчете на объем выполненных работ:

$$C_3 = C_{33} \cdot A_2$$

где: C_{33} – экономия затрат на заработную плату при решении задач с использованием нового ПО в расчете на 1 задачу (тг.);

A_2 – объем выполненных работ с использованием нового ПО (задач).

Экономия затрат на заработную плату в расчете на 1 задачу (C_{33}):

$$C_{33} = \frac{Z_{см} \cdot (T_{c1} - T_{c2}) / T_ч}{D_p} \quad (27)$$

где: $Z_{см}$ – среднемесячная заработная плата одного программиста (руб.);

T_{c1} , T_{c2} – снижение трудоемкости работ в расчете на 1 задачу (человеко-часов);

$T_ч$ – количество часов работы в день (ч);

D_p – среднемесячное количество рабочих дней.

$C_{33} = ((2\,080\,000 \cdot 2) / 8 / 21) = 24\,761$ (тг.)

Объем выполняемых работ с использованием нового ПО (100 команд):

$A_2 = A_0 \cdot Z_{т2}$

$A_2 = 22 \cdot 100 = 2200$ (100 команд)

Экономия заработной платы при использовании нового ПО (тг.);

$$C_3 = C_{3Э} * A_2$$

где:

$C_{3Э}$ – экономия заработной платы (тг.);

A_2 – объем выполняемых работ с использованием нового ПО (100 команд)

$$C_3 = 54\,477\,280 \text{ (тг.)}$$

Экономия с учетом начисления на зарплату (C_H):

$$C_H = C_3 * K_{H3}$$

где: C_3 - экономия заработной платы при использовании нового ПО (тг.);

K_{H3} – коэффициент начислений на зарплату

$$C_H = 54\,477\,280 \cdot 1,5 = 81\,715\,920 \text{ (тг.)}$$

Общая годовая экономия текущих затрат, связанных с использованием нового ПО (C_0) равна экономии с учетом начисления на зарплату (C_H):

$$C_0 = 81\,715\,920 \text{ (тг.)}$$

Расчет экономического эффекта. Внедрение нового ПО позволит пользователю сэкономить на текущих затратах, т.е. практически получить на эту сумму дополнительную прибыль. Для пользователя в качестве экономического эффекта выступает лишь чистая прибыль – дополнительная прибыль, остающаяся в его распоряжении ($\Delta\Pi_{ч}$), которая определяется по формуле:

$$\Delta\Pi_{ч} = C_0 - \frac{C_0 \cdot H_n}{100\%} \quad (28)$$

где: H_n – ставка налога на прибыль (24%)

$$\Delta\Pi_{ч} = 81\,715\,920 - ((81\,715\,920 \cdot 24\%)/100) = 62\,105\,000$$

В процессе использования нового ПО чистая прибыль в конечном итоге возмещает капитальные затраты. Однако полученные при этом суммы результатов (прибыли) и затрат (капитальных вложений) по годам приводят к единому времени – расчетному году (за расчетный год принят 2006 год) путем умножения результатов и затрат за каждый год на коэффициент приведения α_t , который рассчитывается по формуле:

$$\alpha_t = (1 + E_H)^{tp-t} \quad (29)$$

где: E_H – норматив приведения разновременных затрат и результатов;

t_p – расчетный год, $t_p=1$;

t – номер года, результаты и затраты которого приводятся к расчетному году.

Норматив приведения разновременных затрат и результатов (E_H) для программных средств ВТ в существующей практике принимается равным 0,15, так как E_H по своей сущности очень близок к ставке рефинансирования.

Следовательно, при решении данной задачи коэффициентам приведения ($ALFA_t$) по годам будут соответствовать следующие значения:

- расчетный год
 $ALFA_1 = (1+0,15)^{1-1}=1$;
- 2019-ый год
 $ALFA_2 = (1+0,15)^{1-2}=0,87$;
- 2020-ый год
 $ALFA_3 = (1+0,15)^{1-3}=0,66$;
- 2021-ый год
 $ALFA_4 = (1+0,15)^{1-4}=0,57$;

Данные расчета экономического эффекта от использования ПС представлены в таблице 13.

Таблица 13– Результаты расчетов экономического эффекта от использования нового ПС

| Показатели | Ед. изм. | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|-------------------------------------------------------|----------|------------|------------|------------|------------|
| Результаты: | | | | | |
| - прирост прибыли за счет экономии затрат ($\Pi_ч$) | тг. | 59 715 480 | | | |
| -то же с учетом фактора времени | тг. | 62 104 099 | 54 030 568 | 40 988 703 | 35 399 338 |
| Затраты: | | | | | |
| - приобретение,адаптация ($K_{пр}$) | тг. | 30 967 310 | - | - | - |
| - освоение ПС ($K_{ос}$) | тг. | 2 121 350 | - | - | - |
| - сопровождение ПО (K_c) | тг. | 4 242 695 | - | - | - |
| Всего затрат: | тг. | 37 331 356 | - | - | - |
| - то же с учетом фактора времени: | тг. | 37 071 356 | 32 478 279 | 24 638 697 | 21 278 873 |
| Экономический эффект: | | | | | |
| - превышение рез-та над затратами | тг. | 24 772 742 | 21 558 289 | 16 350 000 | 14 120 464 |
| - то же нарастающим итогом | тг. | 24 772 742 | 27 993 196 | 33 195 479 | 35 425 020 |
| Коэффициент приведения | ед. | 1,0 | 0,87 | 0,66 | 0,57 |

Затраты на разработку программы у разработчика составили 37 331 356 тг [180].

Разработанное ПО ВТ позволяет получить значительную экономию трудовых, материальных и финансовых расходов в процессе эксплуатации пользователем по сравнению с базовым вариантом программного модуля обработки и отображения картографической информации на цифровой карте местности. Экономия трудовых ресурсов связана с сокращением трудоемкости выполняемых работ, материальных ресурсов – со снижением расходов на

материалы (бумагу, магнитные диски), финансовых – с уменьшением денежных расходов (статьи «прочие затраты», «накладные расходы»). Реализация проекта ПО позволит заказчику снизить трудоемкость решения задач и сократить простой сервиса. Все затраты заказчика окупятся в течении первого года эксплуатации ПО. Проект представляется эффективным и полезным для заказчика [181].

Выводы по 4 главе диссертационной работы

1. Рассчитаны экспериментальные данные по ранжированию градиента опасности электрического и магнитного полей, для разных классификаций линий электропередачи высокого напряжения. В ходе обработки расчетов показаны числовые значения жилых экологических комплексов, которые находятся в зоне активного воздействия электромагнитного поля.

2. Рассчитаны динамики изменения интенсивности распределения электрического и магнитного поля в зависимости от суточных и дневных электрических нагрузок в разные периоды времени, а также с учетом неоднородной структуры рельефа местности были определены уровни электрического поля для каждого участка линий электропередачи высокого напряжения. По линиям электропередачи высокого напряжения 110 кВ напряженность магнитного поля в летний период времени составила 5,225 А, а в зимний период составила 10,476 А/м соответственно. По линиям электропередачи высокого напряжения 220 кВ напряженность магнитного поля в летний период времени составила 11,208 А/м, а в зимний период времени составила 22,243 А/м соответственно.

Время пребывания линейного персонала в зонах электрической радиации при напряженности электрического поля 9,037 кВ/м составила 3 часа 30 мин.

При оценке уровня электрического поля порождаемого линией электропередачи высокого напряжения на примере неоднородных структур рельефа местности составлен видовой состав опор для каждого исследуемого участка. В работе исследуемые участки были разделены на 12 участков, самый максимальный уровень напряженности электрического поля по 10-11 участку и составила 15,65 кВ/м.

3. В технико-экономических показателях приведены расчеты, отражающие преимущество применения геоинформационных технологий, улучшения технико-экономических показателей в измерении уровня электромагнитного поля, с учетом разработок новых цифровых карт.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При строительстве новых низкочастотных энергетических объектов, одним из главных вопросов становится обеспечение экологической безопасности вокруг населения, находящегося в зоне низкочастотных энергетических объектов. Защитные мероприятия по обеспечению экологической безопасности вокруг линий электропередачи высокого напряжения реализуются методами защиты расстоянием, временем и экранированием.

1. Разработаны методы защиты от интенсивности распределения электромагнитного поля путем анализа оценки уровня электромагнитного загрязнения на примере конкретных, точечных объектов.

2. Дана оценка уровня электромагнитного загрязнения порождаемого высоковольтными линиями, основанная на методологии зеркального изображения, где основными факторами являются:

- геометрические параметры линий электропередачи высокого напряжения (габариты линий электропередачи высокого напряжения, высота подвесов опор линий электропередачи высокого напряжения, расстояния между опорами линий электропередачи высокого напряжения);

- расстояния между линиями электропередачи высокого напряжения до интересующего объекта;

- время пребывания людей вокруг высоковольтных линий;

- последние два фактора являются оценивающими факторами при анализе активного воздействия интенсивности распределения электромагнитного поля на окружающую среду;

3. Рассчитаны уровни электромагнитного поля учитывающие ее статические и динамические характеристики. В динамике изменения уровня электромагнитного поля учитываются следующие факторы:

- суточные и сезонные перепады электрических нагрузок, которые напрямую влияют на повышение уровня магнитного загрязнения;

- температурные характеристики окружающей среды, а также рельеф местности, которые напрямую влияют на повышение уровня электрического загрязнения.

4. Разработана геоинформационная характеристика о состоянии окружающей среды жилых экологических зон, которые находятся в зоне активного воздействия электромагнитного поля. Проведен статический анализ по электромагнитной обстановке жилых экологических объектов. В разработанных тематических экологических картах характерного назначения видно изменение состояния окружающей среды в зависимости от статических и динамических факторов интенсивности распределения электромагнитного поля.

5. Разработана математическая модель в среде MathCad и на базе геоинформационной платформы Esri ArcGIS, которая дала возможность создать градиенты санитарно-защитных зон на примере статических и динамических состояний линий электропередачи высокого напряжения. Полученные экспериментальные расчеты позволили установить новые охранные зоны электрических сетей относительно жилым экологическим зонам, которые находятся вокруг ее распределения.

6. Созданная 3D характеристика электромагнитного поля порождаемого низкочастотными энергетическими объектами, позволила визуально провести анализ по электромагнитной обстановке жилой экологической зоны, которая приводит к созданию оптимального маршрута при проведении линий электропередачи высокого напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. М.Ю.Гарицкая, Я.С.Ивлева, Д.А.Маркин Мониторинг электромагнитного загрязнения урбанизированной территорий с использованием геоинформационных технологий. Известия Оренбургского государственного аграрного университета, 4(60), 2016 г.
2. Gubernskiy Yu.D., Goshin M.E., Kalinina N.V., Banin I.M. Hygienic aspects of electromagnetic pollution of indoor environment. *Gigiena i Sanitaria (Hygiene and Sanitation, Russian journal)* 2016; 95(4): 329-335. (In Russ.). DOI: 10.18821/0016-9900-2016-95-4-329-335
3. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum.* 2013;102(Pt 2):1-460. PMID: 24772662; PMCID: PMC4780878.
4. Bortkiewicz A. Health effects of Radiofrequency Electromagnetic Fields (RF EMF). *Ind Health.* 2019;57(4):403-405. doi: 10.2486/indhealth.57_400. PMID: 31378769; PMCID: PMC6685799.
5. Ю.Г.Григорьев Принципиально новое электромагнитное загрязнение окружающей среды и отсутствие адекватной нормативной базы к оценке риска (анализ современных отечественных и зарубежных данных). *Гигиена и санитария*, 3(93), 2014 г, стр:11-16.
6. Э.А.Новохатская, М.А.Калитина, Я.Т.Петровна. Воздействия линий электропередачи на здоровье населения. *Евразийский Союз Ученых (ЕСУ) № 2 (23)*, 2016.
7. [Wang, Z., Wang, L., Zheng, S. *et al.* Effects of electromagnetic fields on serum lipids in workers of a power plant. *Environ Sci Pollut Res* **23**, 2495–2504 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5500-9>].
8. Di Nallo, A.M., Strigari, L., Giliberti, C. *et al.* Monitoring of people and workers exposure to the electric, magnetic and electromagnetic fields in an Italian national cancer Institute. *J Exp Clin Cancer Res* **27**, 16 (2008). <https://doi.org/10.1186/1756-9966-27-16>].
9. [Li, H., Liu, Z., Liu, R. *et al.* The relationship between work stress and work ability among power supply workers in Guangdong, China: a cross-sectional study. *BMC Public Health* **16**, 123 (2015). <https://doi.org/10.1186/s12889-016-2800-z>].
10. Ryabov, A.V., Pilipenko, V.A., Ermakova, E.N. *et al.* Detection of Artificial ULF Signals at Staraya Pustyn Magnetic Station during the FENICS-2019 Experiment. *Geomagn. Aeron.* **61**, 365–375 (2021). <https://doi.org/10.1134/S0016793221030130>
11. Влияния электромагнитного поля и др. на человека. *Космическая этика.* <http://cosmoforum.ucoz.ru>
12. Е.М.Франциянц, Е.А.Шейко. Противоопухолевое действия электромагнитных полей и их влияния на боль в экспериментальной и клинической онкологии Исследования и практика в медицине 2019, т.6, №2, с. 86-99, DOI: 10.17709/2409-2231-2019-6-2-9

13. А.В.Семенов Обоснование предельно допустимых норм на индукцию магнитных полей промышленной частоты для человека. Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 321. № 1. стр: 197-200.
14. И.Л.Манжуров, В.Л.Лежин Многофакторная оценка влияния окружающей среды на развитие онкологических заболеваний// Экология человека/ISSN 1728-0869, UDC 616-006-02:574.24
15. Kheifets L, Ahlbom A, Crespi CM, Draper G, Hagihara J, Lowenthal RM, Mezei G, Oksuzyan S, Schuz J, Swanson J, Tittarelli A, Vinceti M, Wunsch Filho V: Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer* 2010, 103:1128–1135.
16. Shuz J, Ahlbom A: Exposure to electromagnetic fields and the risk of childhood leukaemia: a review. *Radiat Prot Dosimetry* 2008, 132:202-211
17. Kim, S.K., Choi, J.L., Kwon, M.K. *et al.* Effects of 60 Hz magnetic fields on teenagers and adults. *Environ Health* 12, 42 (2013). <https://doi.org/10.1186/1476-069X-12-42>.
18. Margallo VAC: Extremely Low Frequency (ELF) magnetic field exposure assessment of two 100 MVA electric power substations in the Philippines. Chiang Mai, Thailand: 9th Asia-Oceania Congress of Medical Physics & 7th South-East Asian Congress of Medical Physics; 2009. October 22-24.
19. Д.З.Шибкова, А.В.Овчинникова Эффекты воздействия электромагнитных излучений на разных уровнях организации биологических систем. Успехи современного естествознания, №5,2015 ISSN: 1681-7494, стр: 156-159.
20. Tworoger SS, Davis S, Emerson SS, Mirick DK, Lentz MJ, McTiernan A: Effect of a nighttime magnetic field exposure on sleep patterns in young women. *Am J Epidemiol* 2004, 160(3):224–9.
21. Ташпулатова, М. Н. Изучение трудовых условий рабочих работающих при воздействии электромагнитного излучения / М. Н. Ташпулатова, Б. К. Нурматов. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 23.2 (157.2). — С. 27-29. — URL: <https://moluch.ru/archive/157/44476/> (дата обращения: 02.03.2022).
22. Ahmadi H, Mohseni S, Shayegani Akmal AA: Electromagnetic fields near transmission lines – problems and solutions. *Iran J Environ Health Sci Eng* 2010, 7(2):181–188.
23. Graham C, Cook MR: Human sleep in 60 Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 1999, 20(5):277–283.
24. Sharifi M, Nasiri P, Monazzam MR: Measurement of the Magnetic Fields from High-Voltage (230 kV) Substations in Tehran and Assessment of Their Effects. *Iranian J Med Phys* 2010, 7(3):49–56.
25. Yousefi H.A., Nasiri P: Psychological Effect of Occupational Exposure to Electromagnetic Fields. *J ResHealth Sci* 2006, 6(1):18–21.
26. [Barsam, T., Monazzam, M.R., Haghdoost, A.A. *et al.* Effect of extremely low frequency electromagnetic field exposure on sleep quality in high voltage substations. *J Environ Health Sci Engineer* 9, 15 (2012). <https://doi.org/10.1186/1735-2746-9-15>].

27. Lewczuk, B., Redlarski, G., Żak, A., Ziółkowska, N., Przybylska-Gornowicz, B., & Krawczuk, M. (2014). Influence of Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields on the Circadian System: Current Stage of Knowledge. *BioMed Research International*, 2014.
28. LI G, Pang XF (2011) Biological effects of environmental electromagnetic fields. *Adv Mat Res* 183: 532-536.
29. Li G, Pang XF (2011) The influence of electromagnetic field on the electromagnetic properties of biological tissue. *Progress of Biochemistry and Biophysics (Chinese)* 38: 604-610.
30. Li G, Li B, Yang SF, Pang XF (2012) The influences of static magnetic field on the electric features of testicular tissue of rats. *Aerospace Medicine and Medical Engineering* 25: 172-175.
31. Li G, Yan YJ, Han SG, Pang XF (2012) The influences of static magnetic field on the brain tissue of the rats using infrared spectrum method. *Laser and Infrared* 42: 894-896.
32. Li G, Yan YJ, Huan Y, Zhou Y, Pang XF (2012) The influences of electromagnetic field with extremely low frequency on the characteristics of infrared spectrum of the sensitive tissue in rat. *Spectroscopy and Spectral Analysis* 32: 21194-11947.
33. Li G, Li B, Yan YJ, Yang SF, Pang XF (2011) Calculation of equivalent electrical parameters in human tissue and its applications. *Material Review* 25: 142-145.
34. Zhang YM, Li G, Yan YJ and Pang XF (2011) Altered expression of matrix metalloproteinases and tight junction proteins in rats following pulse EMF-induced blood brain barrier permeability change with PEMF-induced BBB permeability change. *Biomed Environ Sci* 24: 408-414.
35. Zhang M., Zhou Y, Pang X. (2012) The Investigation of effects of pulse electromagnetic field on the fluorescence spectrum of serum in rat. *Spectroscopy and Spectral Analysis*. 32: 2162-2165.
36. Beebe S., Fox P., Rec L., Somers K, Stark R., et al. (2002) Nanosecond pulsed electric field (nsPEF) effects on cells and tissues: apoptosis induction and tumor growth inhibition. *IEEE Trans Plasma Sci* 30: 286-292
37. Д.Р.Петренев Реакции перитонеальных макрофагов крыс на продолжительное воздействие переменного магнитного поля низкой частоты 50 Гц *Известия Гомельского государственного университета имени Ф. Скорины*, № 6 (93), 2015
38. Dasdag S, Sert C, Akdag MZ, Oflazoglu H (2001) Effects of microwaves and ELF magnetic fields on the phagocytic activity of variously treated rat macrophages. *Electrobiology and Magnetobiology* 20: 177-184.
39. Akdag MZ, Dasdag S, Uzunlar AK, Ulukaya E, Oral AY, et al. (2013) Can safe and long-term and extremely low frequency (50 Hz) magnetic field affect apoptosis, reproduction and oxidative stress? *Int J Radiat Biol* 89: 1053–1060.
40. Feng, Pang & Gun, Li. (2017). The Influences of Electromagnetic Field Irradiated by High Voltage Transmission Lines with 50 Hz on the Features of Blood in Animals. *Journal of Tissue Science & Engineering*. 08. 10.4172/2157-7552.1000194

41. Heredia-Rojas, J.A.; Rodríguez-De la Fuente, A.O.; Gomez-Flores, R.; Heredia-Rodríguez, O.; Rodríguez-Flores, L.E.; Beltcheva, M.; Castañeda-Garza, M.E. In Vivo Cytotoxicity Induced by 60 Hz Electromagnetic Fields under a High-Voltage Substation Environment. *Sustainability* 2018, 10, 2789. [CrossRef]
42. Loughran, S.P.; Al Hossain, M.S.; Bentvelzen, A.; Elwood, M.; Finnie, J.; Horvat, J.; Iskra, S.; Ivanova, E.P.; Manavis, J.; Mudiyansele, C.K.; et al. Bioelectromagnetics Research within an Australian Context: The Australian Centre for Electromagnetic Bioeffects Research (ACEBR). *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2016, 13, 967. [CrossRef] [PubMed]
43. Zhang, X.; Ni, X.; Wei, B.; Wang, S.; Yang, Q. Characteristic Analysis of Electromagnetic Force in a High-Power Wireless Power Transfer System. *Energies* 2018, 11, 3088. [CrossRef]
44. Fiocchi, S.; Liorni, I.; Parazzini, M.; Ravazzani, P. Assessment of Foetal Exposure to the Homogeneous Magnetic Field Harmonic Spectrum Generated by Electricity Transmission and Distribution Networks. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2015, 12, 3667–3690. [CrossRef] [PubMed]
45. Послание Президента РК от 2 сентября 2019 года
46. Довбыш В.Н., Маслов М.Ю., Семаков Л.М., Сподобаев Ю.М. Экспериментальное исследования электромагнитных полей высоковольтной линий электропередач. *Инфокоммуникационные технологий*. ISSN: 2073-3909, 2006, стр: 74-75
47. Dib Djalel, Mordjaoui Mourad Study of the influence high-voltage power lines on environment and human health (case study: The electromagnetic pollution in Tebessa city, Aligeria). *Journal of electrical and electronic Engineering №2* (1),2014.- pp.1 – 8
48. Рахимбеков М.С. Влияния электромагнитных излучений на человека.- *Гигиена труда и медицинская экология*, №3 (56),2017.-с.3-11.
49. Monica, A. Mugurel, R. « Electromagnetic field radiation near power lines and its environmental impact » *U.P.B. Sci. Bull., Series C, Vol. 74, Iss. 1, ISSN 1454-234 x* ; 2012.
50. Milutinov, A. Juhas, and M. Prša, “Electric and magnetic field in vicinity of overhead Multi-line power system” Conference on modern power system MPS 2008, 12-14 NOVEMBER 2008, ROMANIA
51. Adel Z. El Dein , “Magnetic Field Calculation under EHV Transmission Lines for More Realistic Cases”, *IEEE Transactions on Power Delivery, VOL. 24, NO. 4, PP. 2214-2222, OCTOBER 2009.*
52. Adel Z. El Dein, Mohamed A. A. Wahab, Mohamed M. Hamada, Tamer H. Emmary , “The Effects of the Span configurations and Conductor sag on the Electric Field Distribution under Overhead Transmission Lines”, *IEEE Transactions on Power Delivery, VOL. 25, NO. 4, PP. 2891-2902, OCTOBER 2010.*
53. Adel Z. El Dein, Mohamed A. A. Wahab, Mohamed M. Hamada, Tamer H. Emmary , “Effect of Towers’ Displacement and Phases’ Arrangements of Parallel Two Circuits OHTLs on their Electric Field Distribution”, *The 2nd International Conference of Energy Engineering ICEE-2 December 27- 29, 2010, High Institute of Energy, Aswan, Egypt.*

54. Dib.D, H. Ali and C. Fayçal .”The Return-Stroke of Lightning Current, Source of Electromagnetic Fields (Study, Analysis and Modelling) ”. *Am. J. Applied Sci.*, 4: 42-48. DOI: 10.3844/2007.42.48.
55. K.H. Chiang and K.W. Tam, 2008 . ”Electromagnetic Assessment on Human Safety of Mobile Communication Base Stations at University of Macau”. *Am. J. Applied Sci.*, 5: 1344-1347. DOI: 10.3844/2008.1344.1347.
56. Les Champs Electromagnétiques Eurobaromètre Spécial 272a/ Vague 66.2-TNS, 2006.Volume5.N°2,43-53, Janvier-Février.
57. OMS, 1998. Organisation Mondiale de la San“Champs Électromagnétiques et Santé publique : fréquence Extrêmement basses(ELF) .Aidemémoire No:205,1998
58. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300GHz).*Healt.Phys.* 74(4):494-552, 1998.
59. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to radio frequency electromagnetic fields, 3 KHz to 300GHz.IEEE std c95.1, 1999 edition, Institute of Electrical and Electronics Engineers, 1999
- 60.Al-Bassam, E., Elumalai, A., Khan, A. *et al.* Assessment of electromagnetic field levels from surrounding high-tension overhead power lines for proposed land use. *Environ Monit Assess* 188, 316 (2016). <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5318-z>.
- 61.Tourab W, Babouri A. Measurement and Modeling of Personal Exposure to the Electric and Magnetic Fields in the Vicinity of High Voltage Power Lines. *Saf Health Work.* 2016 Jun;7(2):102-10. doi: 10.1016/j.shaw.2015.11.006. Epub 2015 Dec 8. PMID: 27340596; PMCID: PMC4909853.
62. Rueda, L.E., Duque, J.E., Vanegas, E., & Gomez, E.P. (2019). Computation of Electromagnetic Fields for 220 kV Power Line in Cartagena de Indias. *WEA*.
63. Devine-Wright P, Batel S: Explaining public preferences for high voltage pylon designs: an empirical study of perceived fit in a rural landscape. *Land Use Policy* 2013, 31:640–649
64. Doukas H, Karakosta C, Flamos A, Psarras J: Electric power transmission: an overview of associated burdens. *Int J Energy Res* 2011, 35:979–988.
65. Sumper A, Boix-Aragones O, Villafafila-Robles R, Bergas-Jane J, Ramirez-Pisco R: Methodology for the assessment of the impact of existing high voltage lines in urban areas. *Energy Policy* 2010, 38:6036–6044.
66. Poortinga W, Cox P, Pidgeon NF: The perceived health risks of indoor radon gas and overhead powerlines: a comparative multilevel approach. *Risk Anal* 2008, 28:235–248
67. Cox P, Pidgeon NF, Lake I, Poortinga W: Public Risk Perceptions on the Health Effects of Ionising Radiation and Power Frequency Electromagnetic Fields. Norwich: Centre for Environmental Risk; 2005.
68. Porsius, J.T., Claassen, L., Smid, T. *et al.* Health responses to a new high-voltage power line route: design of a quasi-experimental prospective field study in the Netherlands. *BMC Public Health* 14, 237 (2014). <https://doi.org/10.1186/1471-2458-14-237>.

69. Qin, Q., Chen, Y., Fu, T. *et al.* The monitoring results of electromagnetic radiation of 110-kV high-voltage lines in one urban location in Chongqing P.R. China. *Environ Monit Assess* 184, 1533–1540 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10661-011-2058-y>.

70. Kroll, M., Swanson, J., Vincent, T. *et al.* Childhood cancer and magnetic fields from high-voltage power lines in England and Wales: a case–control study. *Br J Cancer* 103, 1122–1127 (2010). <https://doi.org/10.1038/sj.bjc.6605795>.

71. Greenland, S.; Sheppard, A.R.; Kaune, W.T.; Poole, C.; Kelsh, M.A. A pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. Childhood Leukemia-EMF Study Group. *Epidemiology* 2000, 11, 624–634. [CrossRef] [PubMed]

72. Kheifets, L.; Ahlbom, A.; Crespi, C.M.; Draper, G.; Hagihara, J.; Lowenthal, R.M.; Mezei, G.; Oksuzyan, S.; Schüz, J.; Swanson, J.; et al. Pooled analysis of recent studies on magnetic fields and childhood leukaemia. *Br. J. Cancer* 2010, 103, 1128–1135. [CrossRef] [PubMed]

73. Crespi, C.M.; Vergara, X.P.; Hooper, C.; Oksuzyan, S.; Wu, S.; Cockburn, M.; Kheifets, L. Childhood leukaemia and distance from power lines in California: A population-based case-control study. *Br. J. Cancer* 2016, 115, 122–128. [CrossRef] [PubMed]

74. Bunch, K.J.; Keegan, T.J.; Swanson, J.; Vincent, T.J.; Murphy, M.F.G. Residential distance at birth from overhead high-voltage powerlines: Childhood cancer risk in Britain 1962–2008. *Br. J. Cancer* 2014, 110, 1402–1408. [CrossRef] [PubMed]

75. Bürgi, A.; Sagar, S.; Struchen, B.; Joss, S.; Rösli, M. Exposure Modelling of Extremely Low-Frequency Magnetic Fields from Overhead Power Lines and Its Validation by Measurements. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2017, 14, 949. [CrossRef] [PubMed]

76. BCalabrò, E. Introduction to the Special Issue “Electromagnetic Waves Pollution”. *Sustainability* 2018, 10, 3326. [CrossRef]

77. Loughran, S.P.; Verrender, A.; Dalecki, A.; Burdon, C.A.; Tagami, K.; Park, J.; Taylor, N.A.S.; Croft, R.J. Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure and the Resting EEG: Exploring the Thermal Mechanism Hypothesis. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2019, 16, 1505. [CrossRef] [PubMed]

78. Jesudason, C.G. Broad Considerations Concerning Electrochemical Electrodes in Primarily Fluid Environments. *Int. J. Mol. Sci.* 2009, 10, 2203–2251. [CrossRef] [PubMed]

79. Frigura-Iliasa, M., Baloi, F., Frigura-Iliasa, F., Simo, A., Musuroi, S., & Andea, P. (2019). Health-Related Electromagnetic Field Assessment in the Proximity of High Voltage Power Equipment. *Applied Sciences*, 10, 260] [doi:10.3390/app10010260](https://doi.org/10.3390/app10010260).

80. Deadman J-E, Armstrong BG, McBride ML, Gallagher R, Theriault G Exposures of children in Canada to 60 – Hz magnetic and electric fields. – *Scan J Work Environ Health*, 2019. – P. 368–375. – ISSN: 0355-1340. – doi: 10.5271/ sjweh.447.

81. В. Балдин, В.Б. Воржев, А.В. Елисеев, М.Ю. Звездина, А.А. Костоглотов, С.В. Лазаренко, А.П. Лапсарь, С.Н. Овсянников, А.А. Прыгунов,

А.Г. Прыгунов, С.А. Пшеничный, Н.В. Руденко, А.Г. Сукиязов, А.В. Шокова, Ю.А. Применение инновации в разработке радиотехнических систем. Российская Академия Естествознания Издательский дом Академии Естествознания. Москва 2015.

82. Довбыш В.Н. Экологический мониторинг элементов региональной энергетической инфраструктуры по фактору электромагнитного излучения. Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 11, №1 (3), 2009

83. Довбыш В.Н., Маслов М.Ю., Сподобаев М.Ю. Электромагнитная безопасность элементов энергетических систем.- Самара: ООО «ИПК «Содружество», 2009.-198 с

84. СанПиН 1.2.3685-21 "Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания"

85. СанПин РК "Защита населения от воздействия электрического поля, создаваемого высоковольтными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты" № 3.01.036-97 № 3.05.037/у-97

86. СТ РК 1150-2002 «Электромагнитные поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля».

87. Приказ Министра энергетики Республики Казахстан от 28 сентября 2017 года № 330. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 30 октября 2017 года № 15943.

88. Скоробогатая, И. В. Гигиеническая оценка электромагнитных излучений : учебно-методическое пособие / И. В. Скоробогатая, Э. И. Леонович. – Минск : БГМУ, 2018. – 39 с. ISBN 978-985-21-0006-9

89. R.K.Z. Sahbudin, S.A. Fauzi, S. Hitam and M. Mokhtar, 2010. Investigation of Electrical Potential and Electromagnetic Field for Overhead High Voltage Power Lines in Malaysia. *Journal of Applied Sciences*, 10: 2862-2868. DOI: [10.3923/jas.2010.2862.2868](https://doi.org/10.3923/jas.2010.2862.2868)

90. Klemen DEŽELAK, Gorazd ŠTUMBERGER, Franc JAKL University of Maribor, Slovenia (1) PRZEGLĄD ELEKTROTECHNICZNY (Electrical Review), ISSN 0033-2097, R. 87 NR 3/2011

91. Tonci Modric, Slavko Vujevic & Ivan Palladin 3D computation of the overhead power lines Electric Field Progress in Electromagnetic Research. Vol 53.- 2017 .- p.17-28

92. Fitzpatrick, R., Maxwell's Equations and the Principles of Electromagnetism, Infinity Science Press LLC, Hingham, 2008.

93. Olsen, R. G. and P. S. Wong, "Characteristics of low frequency electric and magnetic fields in the vicinity of electric power lines," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 7, No. 4, 2046–2055, 1992.

94. Moro, F. and R. Turri, "Fast analytical computation of power-line magnetic fields by complex vector method," IEEE Transactions on Power Delivery, Vol. 23, No. 2, 1042–1048, 2008.

95. Kaune, W. T. and L. E. Zaffanella, "Analysis of magnetic fields produced far from electric power lines," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 7, No. 4, 2082–2091, 1992.
96. Memari, A. R. and W. Janischewskyj, "Mitigation of magnetic field near power lines," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 11, No. 3, 1577–1586, 1996.
97. Цицикян Г.Н. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике: Учебное пособие.-Спб.:Изд-во СЗТУ,2006-59 с.
98. Нестеров Р.Е., Канев Ф.Ю., Макенова Н.А. Математическое моделирование линий электропередач и систем заземления// *Современные проблемы науки и образования*. – 2015. – № 1-1.
99. Olsen, R. G., D. Deno, R. S. Baishiki, et al., "Magnetic fields from electric power lines theory and comparison to measurements," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 3, No. 4, 2127–2136, 1988.
100. Rankovi'c, V. and J. Radulovi'c, "Prediction of magnetic field near power lines by normalized radial basis function network," *Advances in Engineering Software*, Vol. 42, No. 11, 934–938, 2011.
101. Vujevi'c, S., P. Saraj'cev, and D. Lovri'c, "Computation of the power line electric and magnetic fields," *Proceedings of the 17th Telecommunications Forum TELFOR*, 875–878, Belgrade, Serbia, Nov. 2009.
102. Vujevi'c, S., D. Lovri'c, and P. Saraj'cev, "Comparison of 2D algorithms for the computation of power line electric and magnetic fields," *European Transactions on Electrical Power*, Vol. 21, No. 1, 505– 521, 2011.
103. Ismail, H. M., "Characteristics of the magnetic field under hybrid AC/DC high voltage transmission lines," *Electric Power Systems Research*, Vol. 79, No. 1, 1–7, 2009.
104. Habiballah, I. O., A. S. Farag, M. M. Dawoud, and A. Firoz, "Underground cable magnetic field simulation and management using new design configurations," *Electric Power Systems Research*, Vol. 45, No. 2, 141–148, 1998.
105. San Segundo, H. B. and V. F. Roig, "Reduction of low voltage power cables electromagnetic field emission in MV/LV substations," *Electric Power Systems Research*, Vol. 78, No. 6, 1080–1088, 2008.
106. Almeida, M. E., V. M. Machado, and M. G. Das Neves, "Mitigation of the magnetic field due to underground power cables using an optimized grid," *European Transactions on Electrical Power*, Vol. 21, No. 1, 180–187, 2011.
107. Machado, V. M., "Magnetic field mitigation shielding of underground power cables," *IEEE Transactions on Magnetics*, Vol. 48, No. 2, 707–710, 2012.
108. Canova, A., D. Bavastro, F. Freschi, L. Giaccone, and M. Repetto, "Magnetic shielding solutions for the junction zone of high voltage underground power lines," *Electric Power Systems Research*, Vol. 89, 109–115, 2012.
109. El Dein, A. Z., "Magnetic-field calculation under EHV transmission lines for more realistic cases," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 24, No. 4, 2214–2222, 2009.
110. Lucca, G., "Magnetic field produced by power lines with complex geometry," *European Transactions on Electrical Power*, Vol. 21, No. 1, 52–58, 2011.

111. Salari, J. C., A. Mpalantinos, and J. I. Silva, "Comparative analysis of 2- and 3-D methods for computing electric and magnetic fields generated by overhead transmission lines," *IEEE Transactions on Power Delivery*, Vol. 24, No. 1, 338–344, 2009.
112. Modrić, T., S. Vujević, and T. Majić, "Geometrical approximation of the overhead power line conductors," *International Review on Modelling and Simulations*, Vol. 7, No. 1, 76–82, 2014.
113. Modrić, T., "Advanced numerical computation of electromagnetic field of power lines and substations," Ph.D. Thesis, University of Split, FESB, 2014 (in Croatian).
114. Tonci Modric, Slavko Vujevic & Dino Lovric 3D computation of the overhead power lines Magnetic Field Progress in Electromagnetic Research. Vol 45.-2015 .- p.1-9
115. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках: Учеб.пособие для вузов.-2-е изд., перераб и доп.-М.Энергоатомиздат.1984-448с.,ил.
116. Дюсебаев М.К Обеспечение экологической безопасности при эксплуатации электрооборудования ЛЭП и подстанций высокого напряжение. Алматы: НАО «АУЭС».-2014.-102 с
117. Таваров С.Ш Защита линейного персонала обслуживающего линии электропередач напряжением 500 кВ в Республике Таджикистан Челябинск: НИУ ЮУГУ.-2014.-115с
118. Аврясова О.С Совершенствование средств анализа квазистационарных и электромагнитного полей высоковольтных воздушных ЛЭП для обоснования технических и экологических решений проектирования и эксплуатации Саратов: СГТУ имени Ю.А.Гагарина.-2013.-98 с
119. М.Ю.Маслов.,Ю.М.Сподобаев., М.Ю.Сподобаев Современные проблемы электромагнитной экологии «ЭЛЕКТРОСВЯЗЬ», № 10, 2014 ISSN 0013-5771.
120. Дюсебаев М.К., Абдимуратов Ж.С. Исследование электромагнитных полей на объектах энергетики Казахстана//Поиск.-2013.-№3(1).-С.103-107
121. Берлянт А.М., Тикунов В.С. Геоинформационные системы.-М.:Картгеоцентр-Геодезиздат,1994.-180 с
122. Paolino, Luca & Sebillio, Monica & Tortora, Genoveffa & Vitiello, Giuliana. (2001). Monitoring Electromagnetic Pollution: A GIS-Based Visual Approach. 10.1007/3-540-44819-5_8.
123. International EMF project, World Health Organization , www.who.int/peh-emf .
124. Environmental System Research Institute, www.esri.com .
125. SPANS MAP, Intera Tydac Technologies Inc, www.tydac.ch.
126. MGE Project Viewer, Intergraph Corporation, www.intergraph.com/federal.
127. M. A. Aufaure-Portier (1994) Definition of a Visual Language for GIS. in *Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Sys-*

tems, Dordrecht, The Netherlands, (T. Nyerges, D. Mark, R. Laurini, and M. Egenhofer, eds.), Kluwer Academic Publisher, pp. 163-178.

128. Д.В.Андреев. Применение ГИС - технологии в экологических исследованиях для построения географических карт. Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» №12/2020

129. D. Calcinelli and M. Mainguenaud, (1994) Cigales, a Visual Query Language for Geographic Information System: the User Interface. *Journal of Visual Languages and Computing* 5, pp. 113 – 132.

130. G. Costagliola, G. Tortora, and M. Tucci. (1995). GISQL - A Query Language Interpreter for Geographic Information Systems. *Procs 3rd IFIP 2.6 Working Conference on Visual Database System*, (S. Spaccapietra and R. Jain, eds.), pp. 275-286.

131. J. Florence, K. Hornsby, and M. Egenhofer (1996) The GIS Wallboard: Interactions with Spatial Information on Large-Scale Displays. 7th International Symposium on Spatial Data Handling (SDH'96), Delft, The Netherlands, (M.- J. Kraak and M. Molenaar eds.), pp. 8A.1-15, August 1996.

132. M. Sebillio, G. Tortora, and G. Vitiello, "The Metaphor GIS Query Language", *Journal of Visual Languages & Computing*, vol. 11 n. 4, August 2000, Academic Press, pp. 439 – 454

133. Pierri, E.; Binder, O.; Hemdan, N.G.; Kurrat, M.(2017). Challenges and opportunities for a European HVDC grid. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 70: 427-456. DOI: [10.1016/j.rser.2016.11.233](https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.11.233)

134. Eser, P.; Singh, A.; Chokani, N.; Abhari, R.S.(2015). High resolution simulations of increased renewable penetration on Central European transmission grid. In *Proceedings of the IEEE Power and Energy Society General Meeting, Denver, CO, USA, 26–30 July 2015*. DOI: [10.1109/PESGM.2015.7285991](https://doi.org/10.1109/PESGM.2015.7285991)

135. Weigt, H., Jeske, T., Leuthold, F., von Hirschhausen, C. (2010). “Take the long way down”: Integration of large-scale North Sea wind using HVDC transmission. *Energy Policy*, 38, 3164–3173. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.07.041>

136. Kühne, O.; Weber, F. (2017) Conflicts and negotiation processes in the course of power grid extension in Germany. *Landsc. Res*, 43(2): 1-13. DOI: [10.1080/01426397.2017.1300639](https://doi.org/10.1080/01426397.2017.1300639)

137. Battaglini, A.; Komendantova, N.; Brtnik, P.; Patt, A. (2012). Perception of barriers for expansion of electricity grids in the European Union. *Energy Policy*, 47, 254–259. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2012.04.065>

138. Rathebe, P., Weyers, C. and Raphela, F(2016). Exposure levels of ELF magnetic fields in the residential areas of Mangaung Metropolitan Municipality. *Environ Monit Assess* 190, 544. <https://doi.org/10.1007/s10661-018-6916-8>

139. Свиридова Е. Ю. (2012). Экологический мониторинг и повышение электромагнитной безопасности урбанизированных территорий вблизи линий электропередачи (например, в городе Ногинск). Москва, 107, 120 стр

140. Michael Zipf, Samarth Kumar, Hendrik Scharf, Christoph Zöphel, Constantin Dierstein and Dominik Möst. (2019). Multi-Criteria High Voltage Power Line Routing— An Open Source GIS-Based Approach. *International journal of Geo – Information*. DOI:10.3390/ijgi8080316., pp 1 -24.

141. Iqbal, M.; Sattar, F.; Nawaz, M. (2006). Planning a least cost gas pipeline route a GIS & SDSS integration approach. In Proceedings of the 2006 International Conference on Advances in Space Technologies, ICAST, Islamabad, Pakistan, 2–3 September; pp. 126–130. DOI: [10.1109/ICAST.2006.313812](https://doi.org/10.1109/ICAST.2006.313812)

142. Мишустин М.С., Преликова Е.А. Влияние линий электропередач на окружающую среду и здоровье человека // Актуальные проблемы экологии и охраны труда сборник статей VII Международной научно-практической конференции. Юго-Западный государственный университет; редакционная коллегия: Л.В. Шульга (отв. редактор), В.М. Попов, А.Н. Барков, В.В. Юшин, В.В. Протасов, Е.А. Припачкина. 2015. С. 271-276.

143. Stewart, J. R. and D. D. Wilson. “Electromagnetic Environmental Aspects of New High Voltage Electric Power Transmission Technologies.” *1977 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility* (1977): 1-5.

144. Файз, Н. С., Сатаев, М. И., Бердалиева, А. А., Азимов, А. М. Оценка уровня электромагнитного загрязнения, порождаемого линией электропередач высокого напряжения на примере Северной и Северо- Центральной части города Шымкент.– Вестник Алматинского Университета энергетики и Связи, «АУЭС». – № 4(47). – 2019. – стр. 220–229.

145. Файз, Н. С., Сатаев, М. И., Бердалиева, А. А., Азимов, А. М., Никонов О.Я. Канцерогенный риск электрического поля на примере высоковольтных линий электропередач. - Вестник ПГУ.-№2.-2020.-стр 448-460. ISSN 1811-1858.

146. Скрыбина А.В. Современные системы мониторинга ЛЭП и энергооборудования//материалы Всероссийской научно-методической конференции. стр.: 525-527

147. Mu, C., Yan, Q., Feng, Y., Cai, J., Yu, J., 2009. Overview of powerlines extraction and surveillance using remote sensing technology. In: Proc. SPIE 7498 (MIPPR 2009: Remote Sensing and GIS Data Processing and Other Applications), 74981M, 8 p.

148. Matikainen, L., Lehtomäki, M., Ahokas, E., Hyuppä, J., Karjalainen, M., Jaakkola, A., Kukko, A., & Heinonen, T. (2016). Remote sensing methods for power line corridor surveys. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 119, pp. 10-31.

149. Chen, G., Deng, Y., Dong, J., Hu, Y., Jiang, L., & He, X. (2017). Integrated Multiple-Output Synchronous Buck Converter for Electric Vehicle Power Supply. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66, 5752-5761.

150. Luemongkol, Tatiya, Akkhapun Wannakomol and Thanatchai Kulworawanichpong. “Application of satellite imagery for rerouting electric power transmission lines.” (2009).

151. Ren, H., Zhao, Y., Xiao, W. *et al.* A review of UAV monitoring in mining areas: current status and future perspectives. *Int J Coal Sci Technol* 6, 320–333 (2019). <https://doi.org/10.1007/s40789-019-00264-5>

152 Новаковский, Б.А., Н. С. Ковач, А. Л. Энтин and Л. В. Калиновский. “Геоинформационное картографирование лесного покрова по материалам воздушного лазерного сканирования.” (2017).

153. Новаковский, Б.А., А.М. Карпачевский and П.Е. Каргашин. “Геоинформационное картографирование электрических сетей: подходы и методы.” (2017).

154. Новаковский Б.А., Пермяков Р.В. Комплексное геоинформационно-фотограмметрическое моделирование рельефа: учебное пособие. – М.: Изд-во МИИГАиК. 2019. – 175 с.

155. Ma, Lingfei, Ying Li, Jonathan Li, Cheng Wang, Ruisheng Wang and Michael A. Chapman. “Mobile Laser Scanned Point-Clouds for Road Object Detection and Extraction: A Review.” *Remote. Sens.* 10 (2018): 1531

156. N.S. Faiz, M.I. Satayev, A.M. Azimov, Sh.K. Shapalov, S.A. Turguldinova. NEWS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES. Volume 3, Number 447 (2021), 46-52. ISSN 2224-5278 <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.61>

157. Карпачевский А.М. Картографическое обеспечения планирования развития региональных электрических сетей. Москва 2018.-185 стр.

158. Ананичева, С.С. Проектирование электрических сетей : учеб. пособие / С.С. Ананичева, Е.Н. Котова.— Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2017. — 164 с. ISBN 978-5-7996-2040-0

159. Опасные скорости ветра и гололедные отложения в горных районах / О. А. Подрезов. - Л. : Гидрометеиздат, 1990. - 222 с.

160. GIS Solutions for Environmental Management. Mapping Your Environmental Management Strategy. www.esri.com/environment.

161. Основы геоморфологии: учебное пособие / Д.И. Щеглов, А.И. Громовик; Воронежский государственный университет. – Воронеж: Издательский дом ВГУ, 2017. – 178 с.

162. Ikechukwu, Maduako N., Elijah S. Ebinne, Ufot Idorenyin and Ndukwu Raphael. “Accuracy Assessment and Comparative Analysis of IDW, Spline and Kriging in Spatial Interpolation of Landform (Topography): An Experimental Study.” *Journal of Geographic Information System* 9 (2017): 354-371. DOI: 10.4236/JGIS.2017.93022

163. Li, J. and Heap, A.D., 2008. *A Review of Spatial Interpolation Methods for Environmental Scientists*. Geoscience Australia, Record 2008/23, 137 pp.

164. Файз Н.С., Сатаев М.И., Никонов О.Я., УЧЕТ СТРУКТУРЫ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПРИ ОЦЕНКЕ УРОВНЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ РАДИАЦИИ НА ПРИМЕРЕ ЛОКАЛЬНЫХ КОНКРЕТНЫХ МЕСТНОСТЕЙ The VII International Scientific and Practical Conference «Science, trends and perspectives of development», February 21 – 23, Budapest, Hungary. pp 275-281.

165. Григорьев О.А., Никитина В.Н., Носов В.Н., Пекин А.В., Алексеева В.А., Дубровская Е.Н. Электромагнитная безопасность населения. Национальные и международные нормативы электромагнитных полей радиочастотного диапазона. Здоровье населения и среда обитания – ЗНиСО. 2020;(10):28-33. <https://doi.org/10.35627/2219-5238/2020-331-10-28-33>

166. A.I.Sidorov., S.Sh.Tavarov. Construct Maps of Electric Field Intensity Account of the Relief and the Air Temperature (2013). Bulletin of the South Ural State University Series “Power Engineering” 2013, vol. 13, no. 1, pp. 52–55

167. СанПиН 2971-84 Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты.

168. ArcGIS for Desktop [Электронный ресурс] // Environmental Systems Research Institute, 2016. – Режим доступа: <http://desktop.arcgis.com/ru/arcmap/10.3/tools/3d-analyst-toolbox/how-kriging-works.htm> (дата обращения 27.09.2018).

169. Nursultan Saparulu Faiz, Marat Isakovich Satayev, Abdugani Mutalovich Azimov, Aydin Abdullaevna Berdaliyeva, Zhulduz Isakovna Satayeva and Oleg Yakovlevich Nikonov ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ELECTROMAGNETIC RADIATION IN LOW-FREQUENCY ENERGY FACILITIES ON THE RESIDENTIAL ECOLOGICAL ZONE. International Journal of GEOMATE, July., 2021, Vol.21, Issue 83, pp.-132-141 ISSN: 2186-2982 (P), 2186-2990 (O), Japan, DOI: <https://doi.org/10.21660/2021.83.j2100>

170. N.S.Faiz, M.I.Satayev, A.M.Azimov, Sh.K.Shapalov, S.A.Turguldinova Local Monitoring Of The Environmental Situation In Residential Areas With High Levels of Electromagnetic Radiation. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Science SCIENCES, ISSN 2224-5278 Volume 3, Number 447 (2021), <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.61>, pp 46-52.

171. Faiz N.S., Satayev M.I., Nikonov O.Ya APPLICATION OF INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE MONITORING SYSTEM OF THE ELECTROMAGNETIC ENVIRONMENT NEAR RESIDENTIAL AREAS Scientific Collection «InterConf», (54): with the Proceedings of the 3th International Scientific and Practical Conference «Global and Regional Aspects of Sustainable Development» (May 4-5, 2021). Copenhagen, Denmark: Berlitz Forlag, 2021. pp 456-461.

172. N.S.Faiz, M.I.Satayev, A.A.Berdaliyeva, A.M.Azimov, Sh.K.Shapalov, O.Ya.Nikonov. The Role GIS In the Assesment of Electromagnetic Radiation On the Example of a Residential Area. Reports of the National Academy of Sciences of the Republic Kazakhstan, ISSN 2224-5227 Volume 2, Number 336 (2021), <https://doi.org/10.32014/2021.2518-1483.34>, pp 87-93

173. N. S. Faiz, M. I. Satayev, J. I. Satayeva, A. A. Berdaliyeva, A. M. Azimov, O. Ya. Nikonov. Vizualization of Geodata of seasonal fluctuations of magnetic field based on Esri ARCGIS. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Geology and Technical Science SCIENCES, ISSN 2224-5278 Volume 1, Number 445 (2021), <https://doi.org/10.32014/2021.2518-170X.10>, p 66-72

174. Семенов А.С., Якушев И.А., Егоров А.Н. Математическое моделирование технических систем в среде Matlab, Современные технологий ООО «Издательский дом», «Академия естествознания», 2017, ISSN:1812-7320, стр 56-54

175. http://mathcad.com.ua/uploads/documents/Mathcad_14_15_vs_Mathcad_Prime

176. Faiz N.S., Satayev M.I., Nikonov O.Ya., Azimov A.M., Anarbayev Ye.A., Makhatov Zh.B. ELECTROMAGNETIC POLLUTION IN LOW-FREQUENCY ENERGY FACILITIES IS A TECHNOGENIC FACTOR OF ENVIRONMENTAL RISK IN ANTHROPOGENIC ENVIRONMENT Scientific Collection «InterConf», (53): with the Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference «International forum: Problems and scientific solutions» (April 25-26, 2021). 2021. Melbourne, Australia: CSIRO Publishing House, 2021 pp 552-567.

177. Степанов И.М. Исследования электромагнитных полей в электроустановках высокого напряжения и разработка мер по снижению их интенсивности Новосибирск: НГТУ.-2008.-148 с

178. Faiz N.S., Satayev M.I., Shapalov Sh.K., ACCOUNT TECHNOLOGICAL AND CLIMATIC FEATURES WHEN ASSESSING THE LEVEL OF ELECTROMAGNETIC POLLUTION IN HIGH-VOLTAGE POWER LINES Scientific Collection «InterConf», (96): with the Proceedings of the 6th International Scientific and Practical Conference «Scientific Community: Interdisciplinary Research» (January 26-28, 2022). Hamburg, Germany: Busse Verlag GmbH, 2022. pp 770-776.

179. Карманов А.Г., Кнышев А.И., Елисеева В.В. Геоинформационные системы территориального управления: Учебное пособие – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 121 с.

180. Палицын В.А. Технико-экономическое обоснование дипломных проектов: методическое пособие в 4-х частях. Часть 4. Проекты программного обеспечения / В.А. Палицын. – Мн.: БГУИР, 2006. – 76 с.

181. Г.Н.Булатова, Н.И.Афанасьева, Д.А.Семанов. Интегральное эколого-экономическое моделирование регионов с использованием ГИС-технологий Георесурсы. 2017. Т. 19. № 4. Ч.2. С. 383-392

ПРИЛОЖЕНИЕ А

СОГЛАСОВАНО

Проректор по НР и И
ЮКУ имени М.Ауэзова



С. Сулейменов

УТВЕРЖДАЮ

Технический директор
ТОО «Оңтүстік Жарық Транзит»



А.Н. Тастанов

АКТ

внедрение результатов научно – исследовательских работ в производство

Мы, нижеподписавшиеся представители ТОО «Оңтүстік Жарық Транзит» в лице начальника ОКС Айтубаева Н.Д., и начальника ЦДС Р.Герд и ЮКУ имени М.Ауэзова в лице руководителя НИР Сатаева М.И., заведующего кафедрой «БЖ и ЗОС» Ш.К.Шапалова и докторанта «БЖ и ЗОС» Н.С.Файз, настоящим актом подтверждаем, что результаты научно-исследовательской работы «Оценка воздействия энергетических объектов на окружающую среду и разработка системы дистанционного мониторинга на примере города Шымкент» выполненной на кафедре «БЖ и ЗОС» внедрены в ТОО «Оңтүстік Жарық Транзит»

Вид внедрения результатов: Применение дистанционного зондирования при проведении экологической экспертизы с учетом санитарно эпидемиологических и нормативно - технических регламентов в получении сравнительного анализа при строительстве и введении в эксплуатацию новых электросетевых объектов.

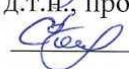
Область и форма внедрения: Строительство высоковольтных линий электропередачи вблизи жилых, экологических зон. Форма внедрения – программное обеспечения позволяющая оценить эпидемиологическую ситуацию с точки зрения электромагнитного излучения жилых районов с помощью создания тематических, экологических карт.

Эффект внедрения: Снижения электромагнитного излучения на жилые зоны путем прогнозирования и выявления конкретных данных о состояний окружающей среды, которые находится в зоне низкочастотных энергетических объектов.


Выводы и предложения: Предложена новая методика визуализации данных о состояний окружающей среды путем применения геоинформационной программы Esri Arc GIS. В свою очередь, данная информационная платформа позволяет оценить экологическую ситуацию путем получения данных в непрерывно – динамическом процессе пространственных объектов.

От ЮКУ имени М.Ауэзова


Директор ДАН
 У.Б.Назарбек

д.т.н., профессор руководитель НИР
 М.И.Сатаев


Заведующий кафедрой «БЖ и ЗОС»

 Ш.К.Шапалов

Докторант кафедры «БЖ и ЗОС»

 Н.С.Файз

От ТОО «Оңтүстік Жарық Транзит»

Начальник ОКС
 Н.Д.Айтубаев

Начальник ЦДС
 Р.Герд

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

СОГЛАСОВАНО
Проректор по НИР и И
ЮКУ имени М.Ауэзова
Сулейменов



УТВЕРЖДАЮ
Технический директор
ТОО «Оңтүстік Жарық Транзит»
А.Н.Тастанов



АКТ

о проведений экспериментальных исследований

Мы, нижеподписавшиеся представители ТОО «Оңтүстік Жарық Транзит» в лице начальника ОКС Айтубаева Н.Д., и начальника ЦДС Р.Герд и ЮКУ имени М.Ауэзова в лице руководителя НИР Сатаева М.И., заведующего кафедрой «БЖ и ЗОС» Ш.К.Шапалова и докторанта «БЖ и ЗОС» Н.С.Файз, настоящим актом подтверждаем, что была проведена совместная экспериментальное исследование по оценке уровня электромагнитного излучения низкочастотных энергетических объектов на примере кокнкретного жилого массива.

Важным аспектом электродинамического моделирования состоит в том, что уровни напряженности электрических и магнитных полей имеет непрерывно динамический характер, которые сопровождается технологическими и климатическими условиями (суточное изменение электрических нагрузок, провисания проводов в зависимости от температуры окружающей среды, скорости ветра и рельефа местности).

В свою очередь перед строительством и введением в эксплуатацию новых низкочастотных энергетических объектов должны провести комплексное обследование на выбранной локальной территории, где будут размещаться высоковольтные линий.

В ходе проведения экспериментальных работ, в качестве необходимых сведений были получены замеры ТОО «Оңтүстік Жарық Транзит» на июнь и декабрь месяца 2020 года соответственно. Полученные замеры приведены в графике 1 и 2.

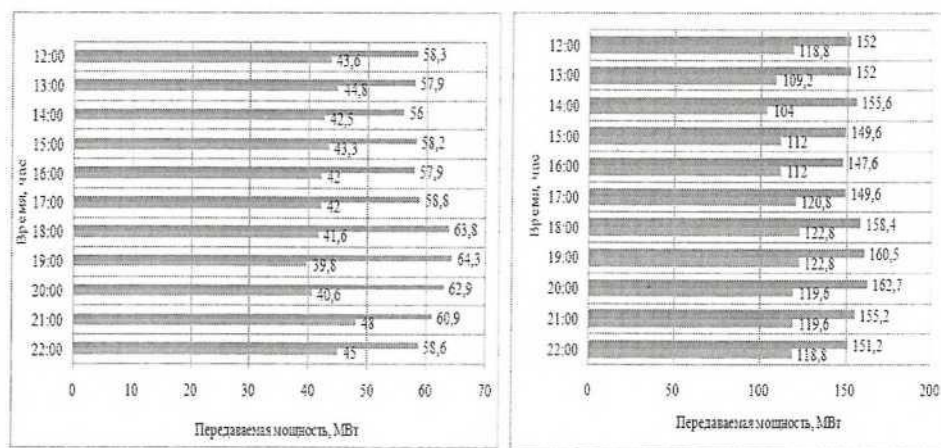


Рисунок 1. Динамика изменение электрических нагрузок в линиях электропередач высокого напряжения 110 и 220 кВ
 ■ - зимний период времени; ■ - летний период времени

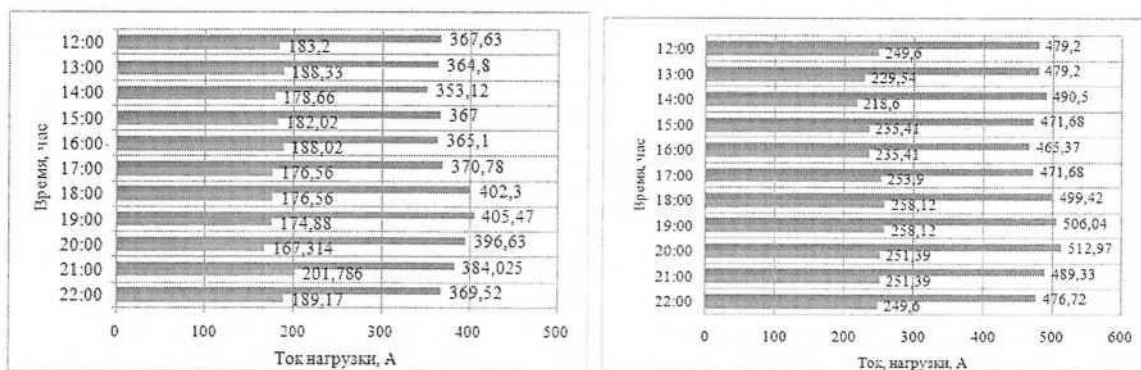


Рисунок 2. Динамика изменение токовых нагрузок в линиях электропередач высокого напряжения 110 и 220 кВ
 ■ - зимний период времени; ■ - летний период времени

На основании применение геоинформационных технологии были построены тематические экологические карты с целью визуализации данных о состоянии окружающей среды.

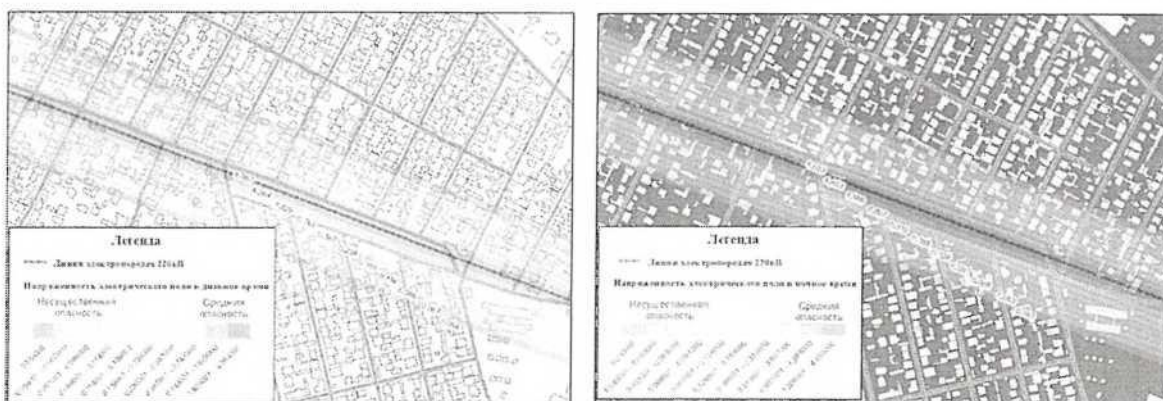


Рисунок 3. Цифровая карта распределения интенсивности электрического поля в дневное и ночное время суток

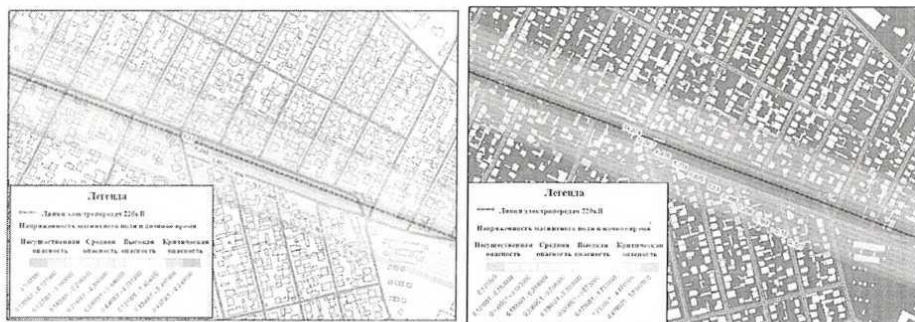


Рисунок 4. Цифровая карта распределения интенсивности магнитного поля в дневное и ночное время суток.

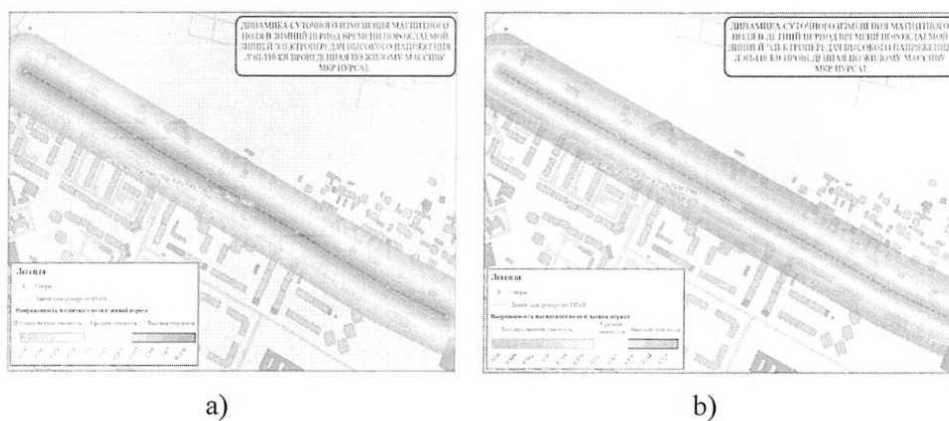
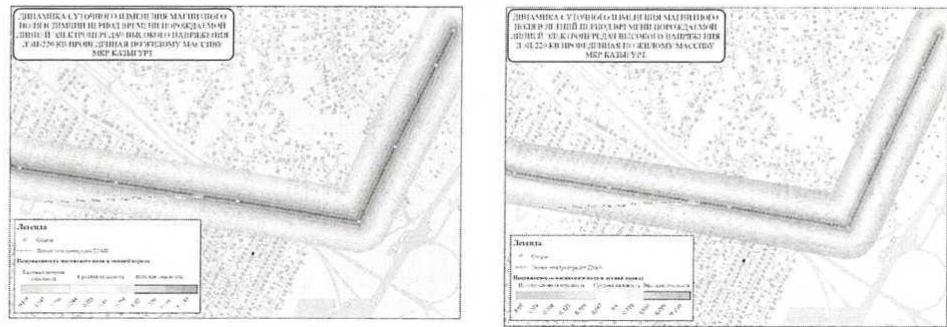


Рисунок 5. ГИС карта, описывающая динамику изменения магнитного поля в линиях электропередач высокого напряжения 110 кВ, в летние (а) и зимние (б) периоды времени в жилом массиве Нурмат

Из рисунка 5, видно что, сдвиг по расстоянию распространения магнитного загрязнения в зимние периоды времени суток по сравнению с летними, составляет 8 м. В свою очередь, сдвиг расстояния повышает уровень магнитного загрязнения и в сравнительном характере имеет повышенный уровень риска зарождения канцерогенных явлений.



а)

б)

Рисунок 6. ГИС карта описывающая динамику изменения магнитного поля в линиях электропередач высокого напряжения 220 кВ в летние (а) и зимние (б) периоды времени в жилом массиве микрорайона Казыгурт

Из рисунка 6, видно, что сдвиг по расстоянию распространения магнитного загрязнения в зимние периоды времени суток по сравнению с летними составляет 15 м. В свою очередь, сдвиг расстояния повышает уровень магнитного загрязнения и в сравнительном характере имеет повышенный уровень риска зарождения канцерогенных явлений.

Результаты экспериментальных исследований показало основное преимущество ГИС технологии в оценке уровня электромагнитного излучение на примере кокретных объектов, а также является оптимальным средством программного аппарата при уточнении санитарно-защитной зоны через дистанционное зондирование.

Сведение о Esri ArcGIS. Продукт линейки ArcGIS, представляющий собой настольное геоинформационное приложение, предназначенное для создания, визуализации, картографирования и анализа географических данных. Предоставляет следующие возможности:

- создание интерактивных карт и подготовка их к печати; использование готовых шаблонов при создании карт; встраивание оформленных карт в другие документы и приложения;
- взаимодействие с картой посредством инструментов перемещения и масштабирования, горячих связей, гиперссылок, идентификации объектов;
- создание моделей и скриптов, описывающих рабочие процессы, для автоматизации процессов создания, визуализации и анализа данных;
- чтение, импорт и управление большим количеством форматов данных, включая сторонние ГИСформаты, чертежи САПР, данные ДЗЗ, метаданные и мультимедиа;
- осуществление пространственного анализа данных.

От ЮКУ имени М.Ауэзова

Директор ДАН

 У.Б.Назарбек

д.т.н., профессор руководитель НИР

 М.И.Сатаев

Заведующий кафедрой «БЖ и ЗОС»

 Ш.К.Шапалов

Докторант кафедры «БЖ и ЗОС»

 Н.С.Файз

От ТОО «Оңтүстік Жарық Транзит»

Начальник ОКС

 Н.Д.Айтубаев

Начальник ЦДС

 Р.Герд

Приложения В

«СОГЛАСОВАНО»

Проректор по НР и И
ЮКУ имени М.Ауэзова



У.С.Сулейменов

«УТВЕРЖДАЮ»

РГУ «Управление санитарно -
эпидемиологического контроля
Абайского района г.Шымкент»



Адырбаева К.А

АКТ

внедрение результатов научно – исследовательских работ в производство

Мы, нижеподписавшиеся представители РГУ «Управление санитарно-эпидемиологического контроля Абайского р-на г.Шымкент» в лице начальника отдела санитарно – гигиенического надзора Ш.А.Айботаевой и ЮКУ имени М.Ауэзова в лице руководителя НИР Сатаева М.И., заведующего кафедрой «БЖ и ЗОС» Ш.К.Шапалова и докторанта «БЖ и ЗОС» Н.С.Файз, настоящим актом подтверждаем, что результаты научно-исследовательской работы «Оценка воздействия энергетических объектов на окружающую среду и разработка системы дистанционного мониторинга на примере города Шымкент» выполненной на кафедре «БЖ и ЗОС» внедрены в отраслевую организацию, в РГУ «Управление санитарно-эпидемиологического контроля Абайского р-на г.Шымкент».

Вид внедрения результатов Применение новых информационных платформ современного поколения Esri ArcGIS и программного продукта MathCAD при проведении расчетных работ по выявлению канцерогенных зон от ЭМИ.

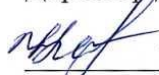
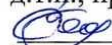

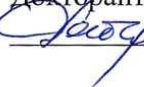
Область и форма внедрения. Жилые экологические зоны, которые находится под воздействием электромагнитного поля. Количественная оценка и статическая проработка данных о населений, которые находится по воздействием ЭМИ.

Эффект внедрения: Определения основных жилых объектов и численность населения, которые находится под воздействием ЭМП.

Выводы и предложения: Предложена градиенты опасности от электромагнитного излучения низкочастотных энергетических объектов по напряжению ЛЭП 110 и 220 кВ.


От ЮКУ имени М.Ауэзова

Директор ДАН

 У.Б.Назарбек
д.т.н., профессор руководитель НИР
 М.И.Сатаев
Заведующий кафедрой «БЖ и ЗОС»
 Н.К.Шаналов
Докторант кафедры «БЖ и ЗОС»
 Н.С.Файз

От РГУ «Управление санитарно -
эпидемиологического контроля
Абайского р-на г.Шымкент»

Начальник отдела

санитарно-гигиенического
 Ш.А.Айботаева

Приложения Г

«СОГЛАСОВАНО»

Проректор по НР и И
ЮКУ имени М.Ауэзова



У.С.Сулейменов

«УТВЕРЖДАЮ»

РГУ «Управление санитарно -
эпидемиологического контроля
Абайского района г.Шымкент»



Адырбаева К.А

АКТ

о проведений экспериментальных исследований

Мы, нижеподписавшиеся представители РГУ «Управление санитарно-эпидемиологического контроля Абайского р-на г.Шымкент» в лице начальника отдела санитарно – гигиенического надзора Ш.А.Айботаевой и ЮКУ имени М.Ауэзова в лице руководителя НИР Сатаева М.И., заведующего кафедрой «БЖ и ЗОС» Ш.К.Шапалова и докторанта «БЖ и ЗОС» Н.С.Файз настоящим актом подтверждаем, что была проведена экологическая экспертиза на примере жилого массива микрорайона Казыгурт.

На сегодня проведение экологической экспертизы в крупных городах страны становится одним из важных вопросов в области обеспечения безопасности населения. Это в свою очередь связано с тем что, появление крупных промышленных предприятий, урбанизация населения, а также расширения городской агломерационной среды приводят к решению многократных задач в сфере экологической безопасности.

В Казахстане на сегодня недостаточно проработано проведение мониторингов окружающей среды, здесь в основном делается акцент мониторингу дистанционного зондирования, которая дает возможность работать с большими данными, интегрирование основных вопросов в области экологии и охраны окружающей среды, которые находится в зоне техногенных объектов.

Шымкент вошло в число городов с особенной значимости, что дает создать пул с точки зрения экономического и социального развития. Строительство новых производственных структур, отток сельского населения в город, а также расширения агломерационной среды города в 3 раза, привело к строительству и введению в эксплуатацию новых энергетических объектов с целью обеспечения качественной и бесперебойной электрической энергией. В свою очередь, перед строительством и введением в эксплуатацию новых энергетических объектов, требуется проведение экологических экспертиз с учетом санитарно – эпидемиологических требований

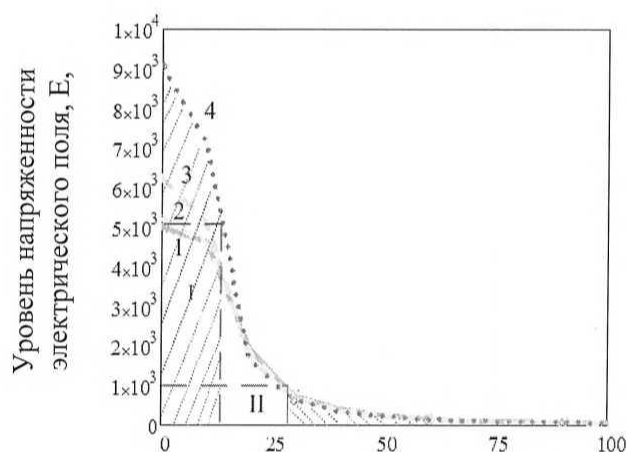
В данном экспериментальном исследовании главной задачей стало получение необходимых геоданных на зоне жилых массивов, где имеется электромагнитное излучения от низкочастотных энергетических объектов. Данные санитарно-эпидемиологического характера должны учитываться при строительстве новых энергетических объектов.

На сегодня в городе Шымкент при обеспечении качественной и надежной электроэнергией были проведены линии электропередач высокого напряжения, напряжениям 500, 220 и 110 кВ.

Микрорайон Казыгурт отличается густонаселенностью, проживают около 50 тыс человек. В этом районе также есть школы, детские сады и другие административные здания, которые соответственно увеличивает экологические риски среди населения.

Особенности ЛЭП напряжением 110 и 220 кВ проведенные через микрорайон Казыгурт увеличивает частотность прохождения электромагнитного поля, тем самым увеличивает канцерогенный риск – риск зарождения заболеваний среди населения.

На рисунке 1 представлена характеристика интенсивности распределения электрического поля в низкочастотных энергетических объектах воздушной линии – 220 кВ, из которой видно влияние интенсивности распределения электрического поля на окружающую среду в зависимости от ее распространения в атмосферной среде. В качестве исследуемого объекта была взята линия электропередачи высокого напряжения 220 кВ проведенная в микрорайоне Казыгурт.



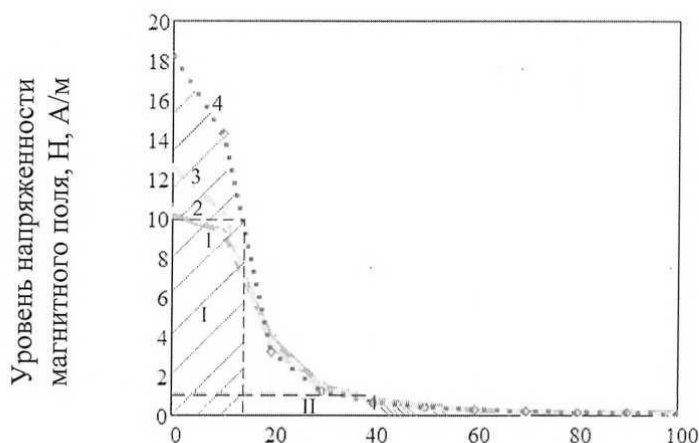
Расстояния от начального провода линий электропередачи до интересующей точки, x , м

I, II – категория опасности электрического поля для населения, проживающего в жилых домах и для рабочего персонала соответственно
 I – высотная зона распределения электрического поля равная 1 м; 2 - высотная зона распределения электрического поля равная 2 м; 3 - высотная зона распределения электрического поля равная 4 м; 4 - высотная зона распределения электрического поля равная 6 м

Рисунок 1. Характеристика интенсивности распределения электрического поля в низкочастотных энергетических объектах воздушной линии - 220 кВ

Из рисунков 1 видно, что характерные зоны распределения электрического поля имеют свои влияния на экосистему. В зависимости от распространения электрического поля E начиная с $1 \cdot 10^3$ до $9,037 \cdot 10^3$ В/м опасные зоны находятся на расстояниях от начального провода линии электропередачи до интересующей точки в пределах 0 – 25 м – для населения, проживающего в жилых домах (I категория опасности). Начиная от $5 \cdot 10^3$ до $9,037 \cdot 10^3$ В/м опасная зона находится от начального провода линии электропередачи до интересующей точки в пределах 0-15 м – для линейного персонала, работающего вне зоны жилых домов (II категория опасности). Из рисунков 1 видно, что интенсивность распределения электрического поля, порождаемого линией электропередачи высокого напряжения, расположенной в микрорайоне Казыгурт, по степени опасности (высокая, средняя и незначительная) воздействия на жилую среду имеет равномерный характер.

На рисунке 2 представлена характеристика интенсивности распределения магнитного поля в низкочастотных энергетических объектах ВЛ – 220 кВ и влияния напряженности магнитного поля на окружающую среду, в зависимости от ее распространения в атмосферной среде. В качестве исследуемого объекта была взята линия электропередачи высокого напряжения, напряжением 220 кВ проведенная в микрорайоне Казыгурт.



Расстояния от начального провода линий электропередачи до интересующей точки, х м:

1 – высотная зона распределения магнитного поля равная 1 м; 2 – высотная зона распределения магнитного поля равная 2 м; 3 – высотная зона распределения магнитного поля равная 4 м; 4 – высотная зона распределения магнитного поля равная 6 м.

I, II – категория опасности электрического поля для населения, проживающего в жилых домах и для рабочего персонала соответственно
 Рисунок 2. Характеристика интенсивности распределения магнитного поля в низкочастотных энергетических объектах воздушной линии – 220 кВ

Из рисунков 2 видно, что характерные зоны распределения магнитного поля имеют свое влияние на экосистему. В зависимости от распространения магнитного поля H , начиная с 1 А/м до 18,246 А/м, опасные зоны находятся на расстояниях от начального провода линий электропередачи до интересующей точки, в пределах 0 – 40 м – для населения, проживающего в жилых домах (I категория опасности). Начиная от 10 до 18,246 А/м опасные зоны находятся от начального провода линий электропередачи до интересующей точки, в пределах 0-15 м – для линейных работников, работающего вне зоны жилых домов (II категория опасности). Из рисунков 3 и 11 видно, что жилой массив микрорайона Казыгурт, находящийся вблизи линий электропередачи высокого напряжения, в основном находится в зоне высокой и несущественной опасности, а 1/3 жилых объектов находится в зоне средней опасности по происхождению магнитного поля.

Ранжирование градиентов по степени опасности электрического и магнитного поля по линиям электропередач высокого напряжения, напряжением 110 кВ и 220 кВ представлены ниже.

Ранжирование градиентов по степени опасности электрического и магнитного поля, в линиях электропередач высокого напряжения, напряжением 110 кВ:

Зона высокой опасности 0-10 м - для электрического поля, 0-20 м – для магнитного поля; зона средней опасности 10-20 м – для электрического поля, 20-35 м – для магнитного поля; зона несущественной опасности 20-30 м – для электрического поля, 35-50 м – для магнитного поля.

Ранжирование градиентов по степени опасности электрического и магнитного поля, в линиях электропередач высокого напряжения, напряжением 220 кВ:


Зона высокой опасности 0-15 м – для электрического поля, 0-30 м – для магнитного поля; зона средней опасности 15-30 м – для электрического поля, 30-50 м – для магнитного поля; зона несущественной опасности 30-45 м – для электрического поля, 50-80 м – для магнитного поля.

От ЮКУ имени М.Ауэзова

Директор ДАН

 У.Б.Назарбек

д.т.н., профессор руководитель НИР

 М.И.Сатаев

Заведующий кафедрой «БЖ и ЗОС»

Ш.К.Шапалов 


Докторант кафедры «БЖ и ЗОС»

 Н.С.Файз

От РГУ «Управление санитарно -
эпидемиологического контроля
Абайского р-на г.Шымкент»

Начальник отдела

санитарно-гигиенического
надзора

 Ш.А.Айботаева