

ОЦЕНКА СНИЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭНЕРГЕТИКИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ЗЯТЦ В ПРОЕКТЕ БРЕСТ

Выполнили студенты НИ ТПУ: Майкова С.А., Борисов В.Ю.

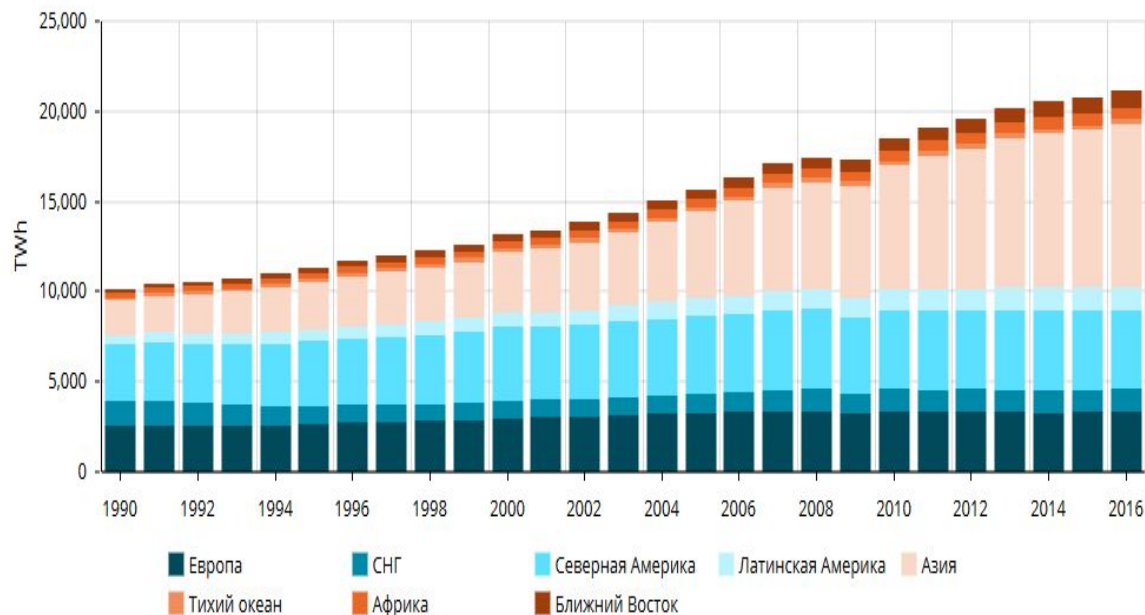
Научный руководитель: Антонова А.М.

СОДЕРЖАНИЕ

- Введение
- Выбросы тепловых электростанций на органическом топливе
- Альтернативные источники энергии
- Выбросы атомных электростанций
- Отходы от производства электроэнергии на ТЭС и АЭС
- Проблемы ОЯТ
- ЗЯТЦ—решение проблемы ОЯТ
- Расчет выбросов энергоблока ТЭС
- Расчет рассеивания вредных примесей в атмосфере
- Заключение
- Список источников

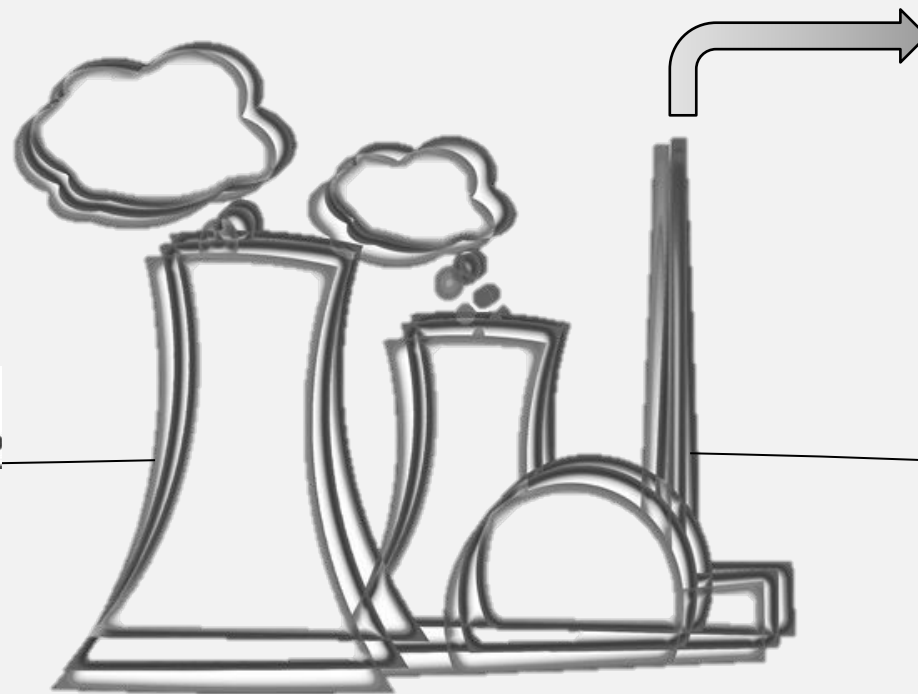
ВВЕДЕНИЕ

- В результате промышленной деятельности человека, выработки электроэнергии на станциях, работающих на органическом топливе в окружающую среду поступает значительное количество загрязняющих веществ
- В условиях ежегодного увеличения потребления электроэнергии необходим поиск альтернативной замены тепловых электростанций



За 2016 год потребление электроэнергии в мире выросло на 5,2%

ВЫБРОСЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ



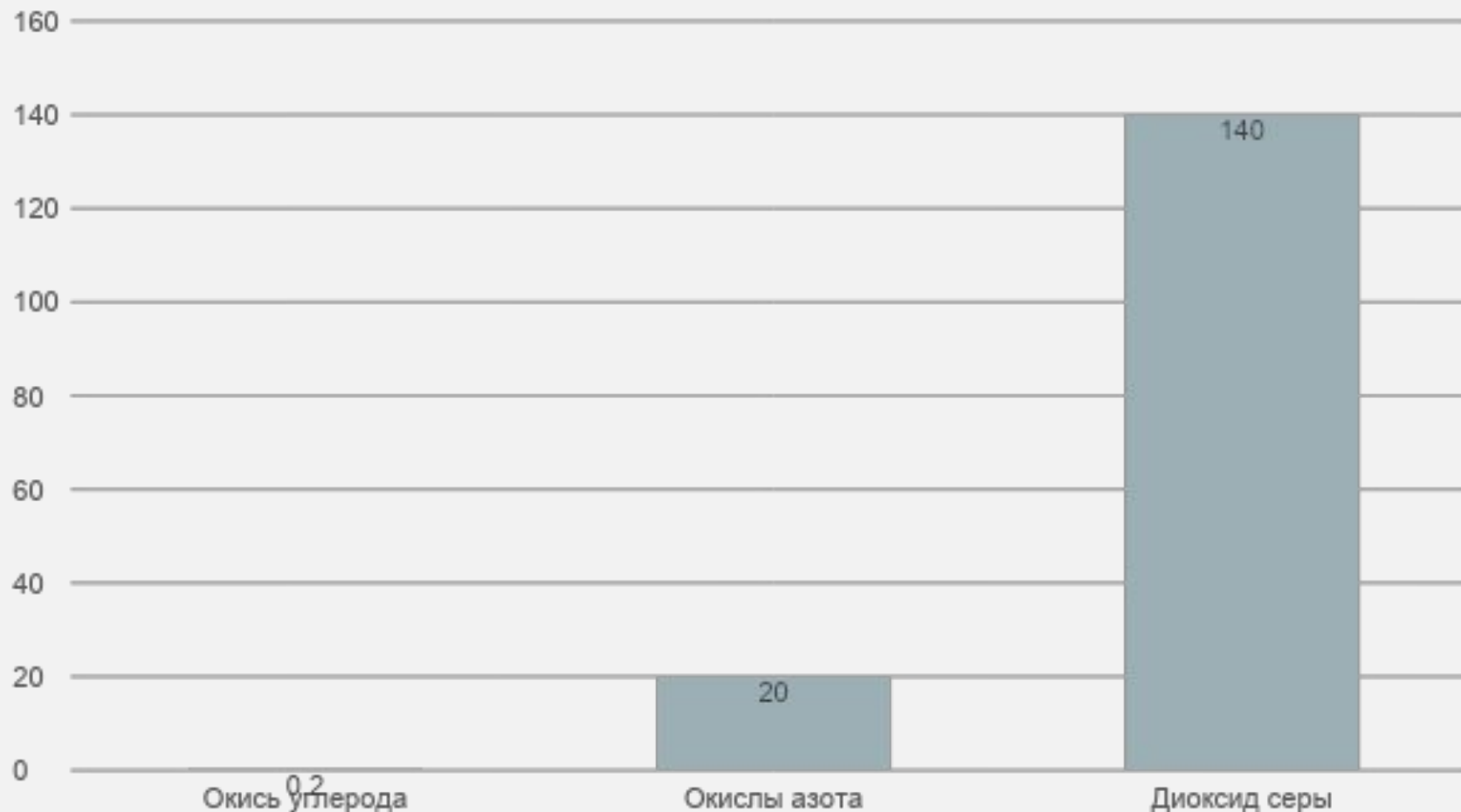
**«Парниковые» и
токсичные газы**

**Тяжелые
металлы**

**Долгоживущие
радионуклиды**

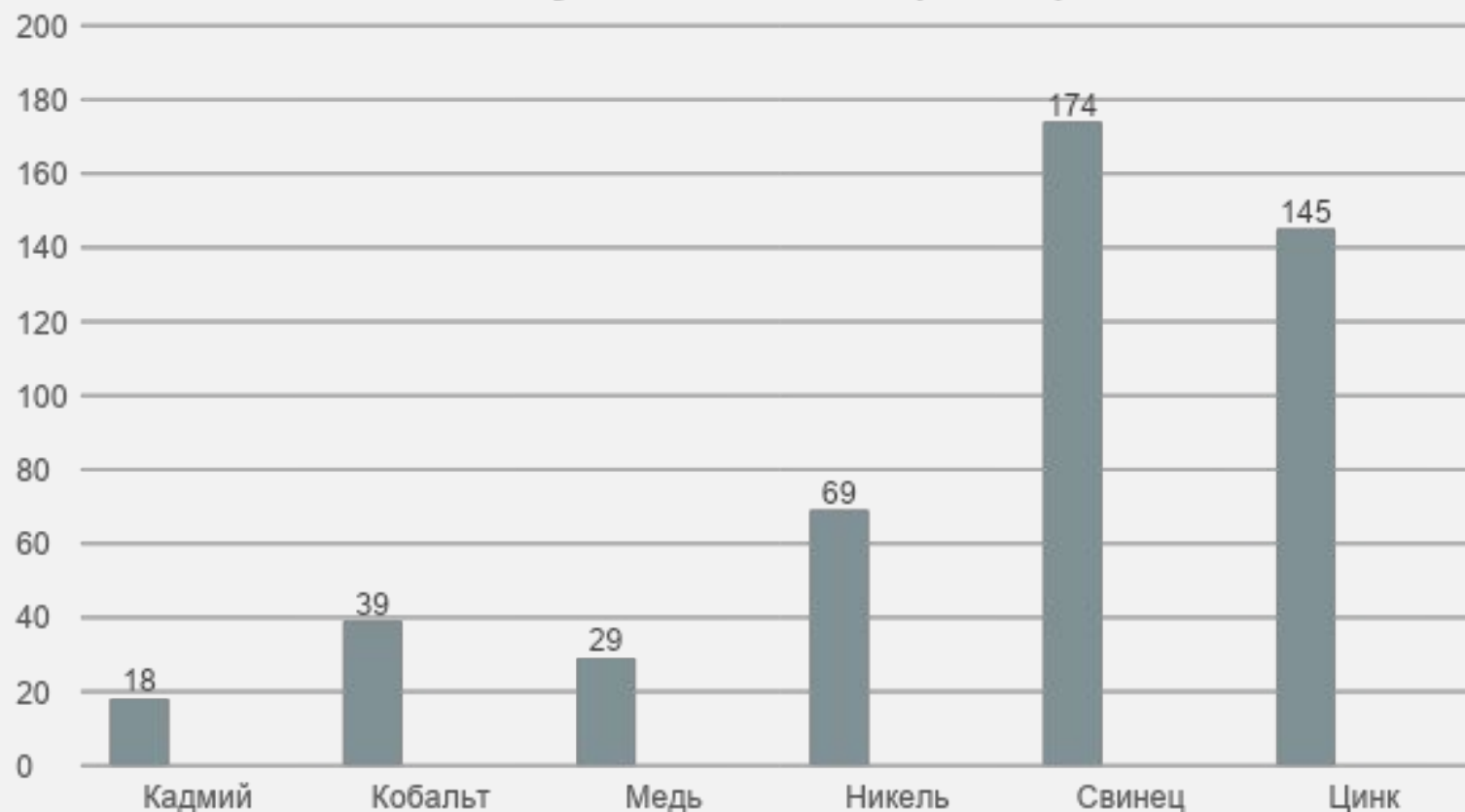
ВЫБРОСЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ

Усредненные среднегодовые выбросы газов на 1 ГВт
(эл), тыс.т/год



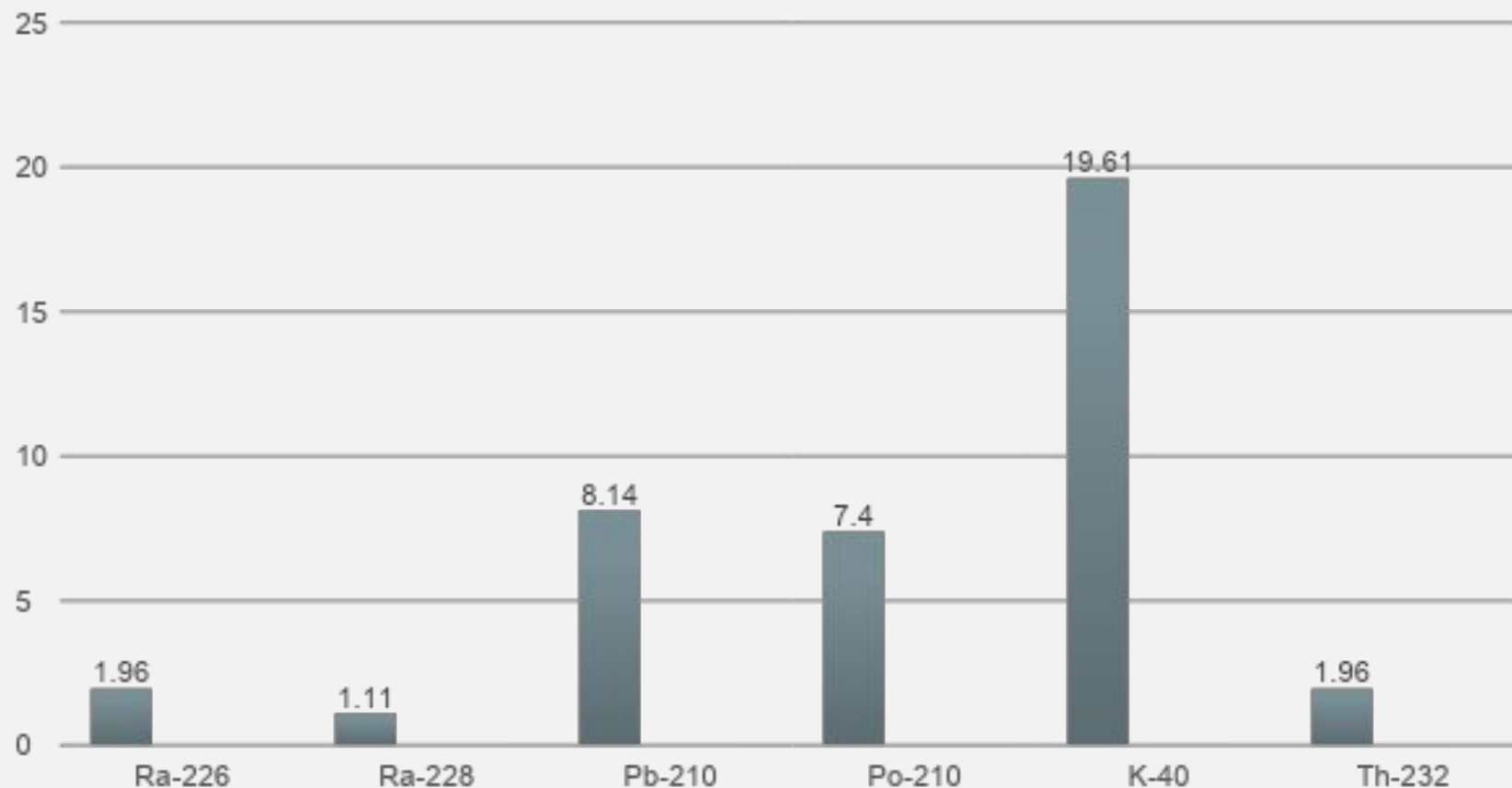
ВЫБРОСЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ

Среднее содержание токсичных микроэлементов
в летучей золе, мкг/(кВт*ч)



ВЫБРОСЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ

Удельные дозы от выбросов основных
радионуклидов на 1 ГВт, 10^{-10} Бк/(ГВт*год)



ВЫБРОСЫ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОРГАНИЧЕСКОМ ТОПЛИВЕ

- Таким образом, приведенные выше графики, показывающие количественное воздействие в результате работы тепловой электростанции на органическом топливе, подтверждают необходимость замены такого типа станций

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

В качестве альтернативных источников энергии в различных странах мира используют:

- Солнечную энергию
- Ветряную энергию
- Гидроэнергию
- Геотермальное тепло
- Энергия приливов и отливов

Площади отчуждаемых земель для выработки 1 МВт/год:

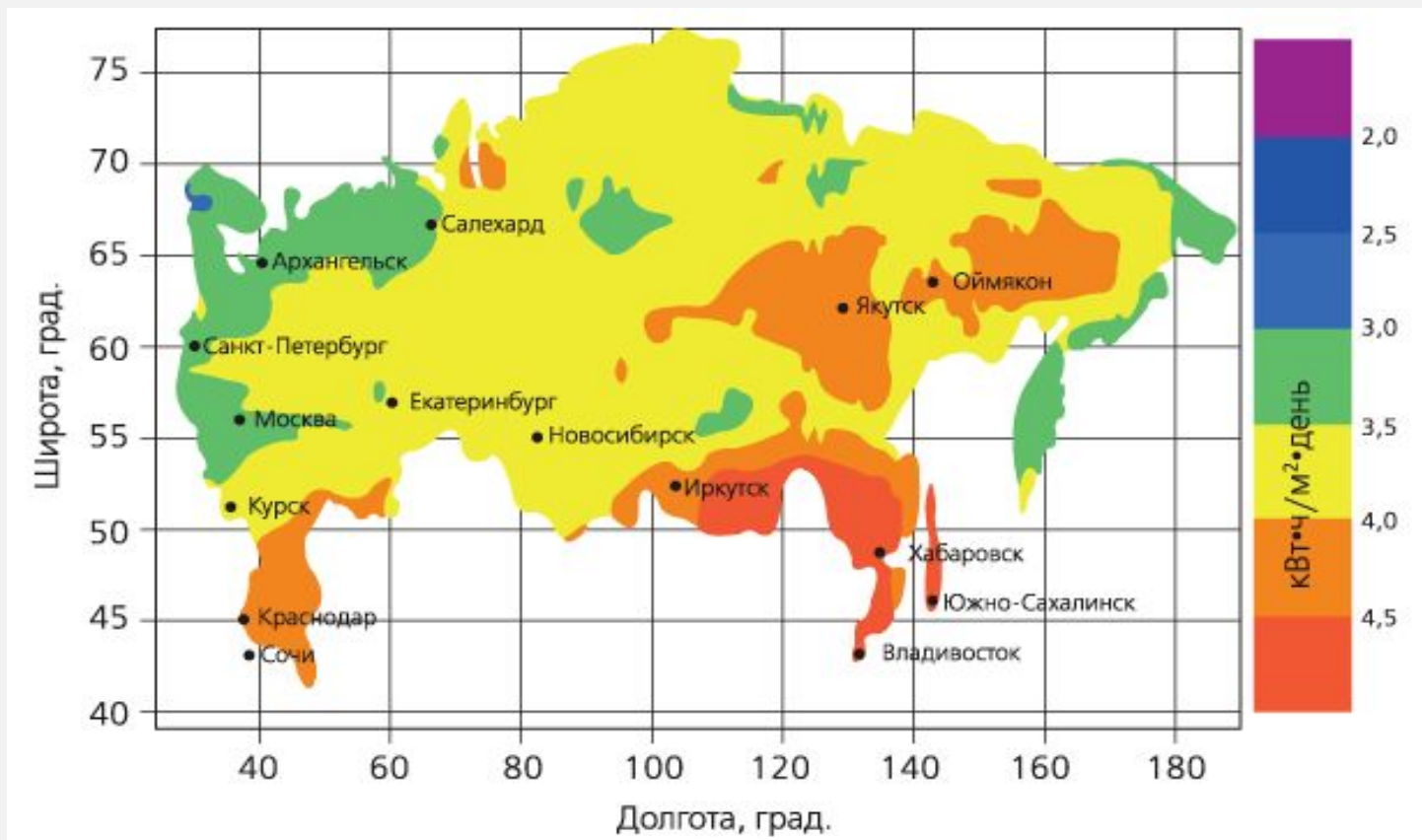
Тип электростанции	АЭС	ТЭС			ГЭС	Солнечный	Ветряной
		мазут	газ	уголь			
Площадь, га	6,3	8,7	15	24	2650	1000	1700

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ



Ветроэнергетические ресурсы России

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ



Приход солнечной радиации в России

АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ

По причине низкой эффективности приведенных видов альтернативных источников энергии и особенностей климатических условий нашей страны их применение для покрытия спроса на электроэнергию не целесообразно.

ВЫБРОСЫ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

- В процессе работы АЭС, аналогично ТЭС, осуществляется выброс газов в атмосферу, однако состав этих выбросов различен.
- На АЭС 99,9% газовой смеси— это инертные радиоактивные газы (ИРГ), или радиоактивные благородные газы (РБГ), такие как Ar, Xe, Kr. Период полураспада этих элементов относительно небольшой (от нескольких часов до нескольких суток).

ВЫБРОСЫ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Удельные дозы от выбросов радиоактивных газов и аэрозолей, Бк/год

Нуклид/группа нуклидов	Годовые выброс, 10^{-10} Бк/год
^{60}Co	0,000779
^{131}I (газовая +аэрозольная форма)	0,00889
^{134}Cs	0,000103
^{137}Cs	0,000487
ИРГ	58

ВЫБРОСЫ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Годовые выбросы загрязняющих веществ АЭС на 1 ГВт

Показатель	Годовой выброс, т/(год·ГВт)
Окись углерода	5,38
Окислы азота	7,87
Диоксид серы	17,09

ВЫБРОСЫ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

- В процессе работы электростанций наименьшее влияние на окружающую среду оказывают АЭС. В виду непрерывного роста спроса на электроэнергию наиболее благоприятным решением проблемы, связанной с выбросами загрязняющих веществ, является альтернативная замена электростанций на органическом топливе на атомные электростанции.

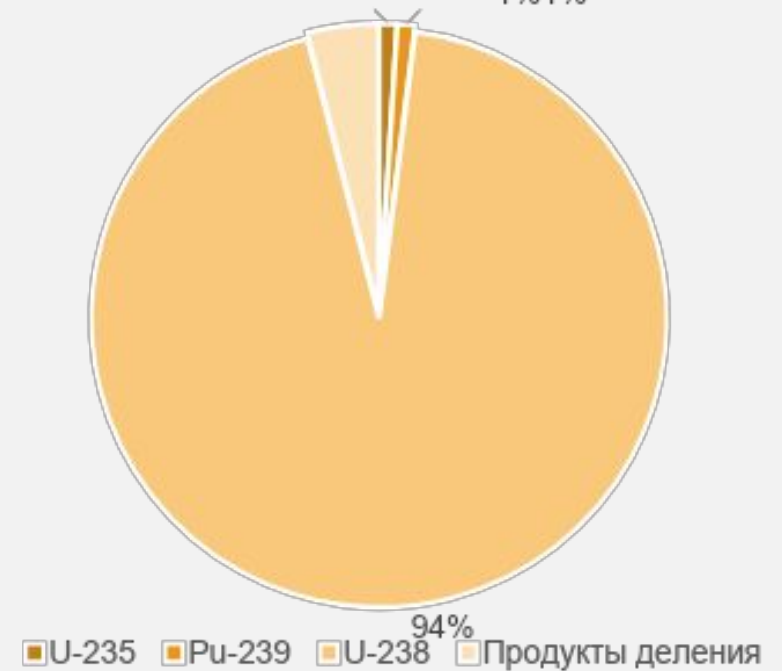
ВЫБРОСЫ АТОМНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

- Сжигание угля на ТЭС приводит к образованию золы и шлаков, в которых происходит концентрирование токсичных и радиоактивных микроэлементов
- Ежегодный выход отходов на ТЭС составляет примерно 25 млн.т
- В процессе работы АЭС практически не оказывают негативного влияния на атмосферу, что делает их наиболее «чистым» источником энергии относительно выбросов. В свою же очередь атомные электростанции в процессе работы и по завершению эксплуатации образуют значительное количество радиоактивных отходов
- В результате эксплуатации энергоблоков АЭС в 2016 году образовалось свыше 36 тыс.т радиоактивных отходов

ПРОБЛЕМЫ ОЯТ

До сих пор жизненный цикл ядерного топлива заканчивается на этапе длительного хранения, т.е. применяется открытый ядерный топливный цикл (ОЯТЦ). К концу 2017 года было накоплено около 22,5 тыс. т ОЯТ, а ежегодный прирост объема отработавшего топлива составляет 650-700 т/год

Компоненты ОЯТ тепловых реакторов



ЗЯТЦ—РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЯТ

- Основная идея замыкания цикла состоит в следующем: отработавшее топливо, выгружаемое из тепловых реакторов, после предварительной переработки поступает в реактор на быстрых нейтронах, в которых нарабатывается топливо, подходящее для загрузки в тепловые реакторы
- С целью замыкания топливного цикла были созданы реакторы на быстрых нейтронах с натриевым теплоносителем (БН).

Особенности БН:

- Активная зона включает непосредственно активную зону и зону воспроизводства;
- Активная зона набрана из ТВС различного состава и обогащения ;
- ТВС зоны воспроизводства набраны из обедненного диоксида урана;
- Коэффициент воспроизводства (КВ) равен примерно 1,5;
- Химически агрессивный теплоноситель по отношению к воде

ЗЯТЦ—РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЯТ

- В процессе работы БН воспроизводят плутония больше, чем сами потребляют. Это приводит к неравномерному использованию плутония, то есть происходит его накопление.
- Реактор типа БРЕСТ позволяет замкнуть топливный цикл, не приводя к накоплению плутония

Особенности БРЕСТ:

- ТВЭЛ выполнены из уран-плутониевого нитридного топлива со свинцовым подслоем;
- В качестве стартовой загрузки используется топливо, представляющее собой смесь нитридов обедненного урана и плутония вместе с минорными актинидами (МА) энергетического состава (U-Pu-MA)N.
- Химически инертный теплоноситель;
- $KB \approx 1$
- Реализация пристанционного ядерного топливного цикла

ЗЯТЦ—РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ ОЯТ

- В условиях непрерывного роста спроса на электроэнергию его компенсация за счет электростанций на органическом топливе нецелесообразна, т.к. это приведет к пропорциональному росту выбросов загрязняющих веществ и усугублению экологической обстановки. Наиболее рациональным решением задачи покрытия спроса оказывается введение новых атомных энергоблоков с реакторами типа БРЕСТ, которые создают возможность замыкания топливного цикла без усугубления проблемы связанной с ОЯТ

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОБЛОКА ТЭС

- С целью анализа уменьшения выбросов загрязняющих веществ в результате замены ТЭС на энергоблок АЭС той же мощности, проведем расчет на примере тепловой станции установленной мощностью 300 МВт
- в качестве топлива используется уголь из Кузнецкого бассейна марки Т с низшей теплотой сгорания $Q_{\text{Н}}^{\text{P}} = 26,48 \text{ ГДж/т}$, серосодержание топлива 0,4%
- В результате работы такой ТЭС образуется 90,6 г/с золы

Расчетные значения выбросов для ТЭС мощностью 300 МВт

Виды газов	Секундный выброс, г/с	Годовой выброс, тыс.т/год
CO	0	0
CO ₂	$71 \cdot 10^3$	$2,23 \cdot 10^3$
NO ₂	632	20
SO ₂	204	6

РАСЧЕТ РАССЕИВАНИЯ ВРЕДНЫХ ПРИМЕСЕЙ В АТМОСФЕРЕ

Исходные данные к расчету рассеивания загрязняющих веществ

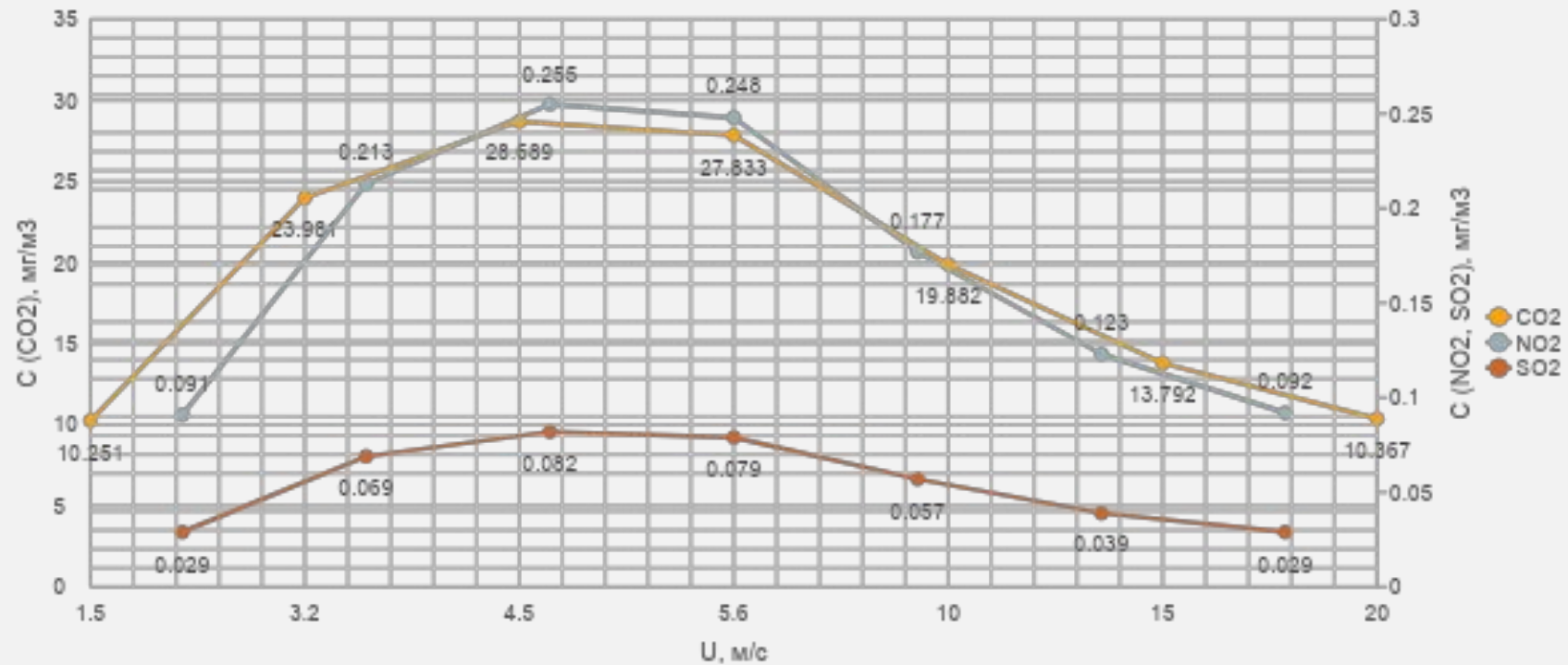
Величина	Обозначение	Значение
Высота трубы, м	H	120
Диаметр устья трубы, м	d_{yc}	4,2
Скорость газовой смеси, м/с	V_{cm}	20
Скорость ветра на высоте флюгера, м/с	$V_{вет}$	3,6
Температура воздуха, °С	$T_{воз}$	18,1
Температура газовой смеси, °С	T_{cm}	120

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОБЛОКА ТЭС

Расчетные значения максимальных концентраций и расстояния от источника до максимальной концентрации при опасной скорости ветра

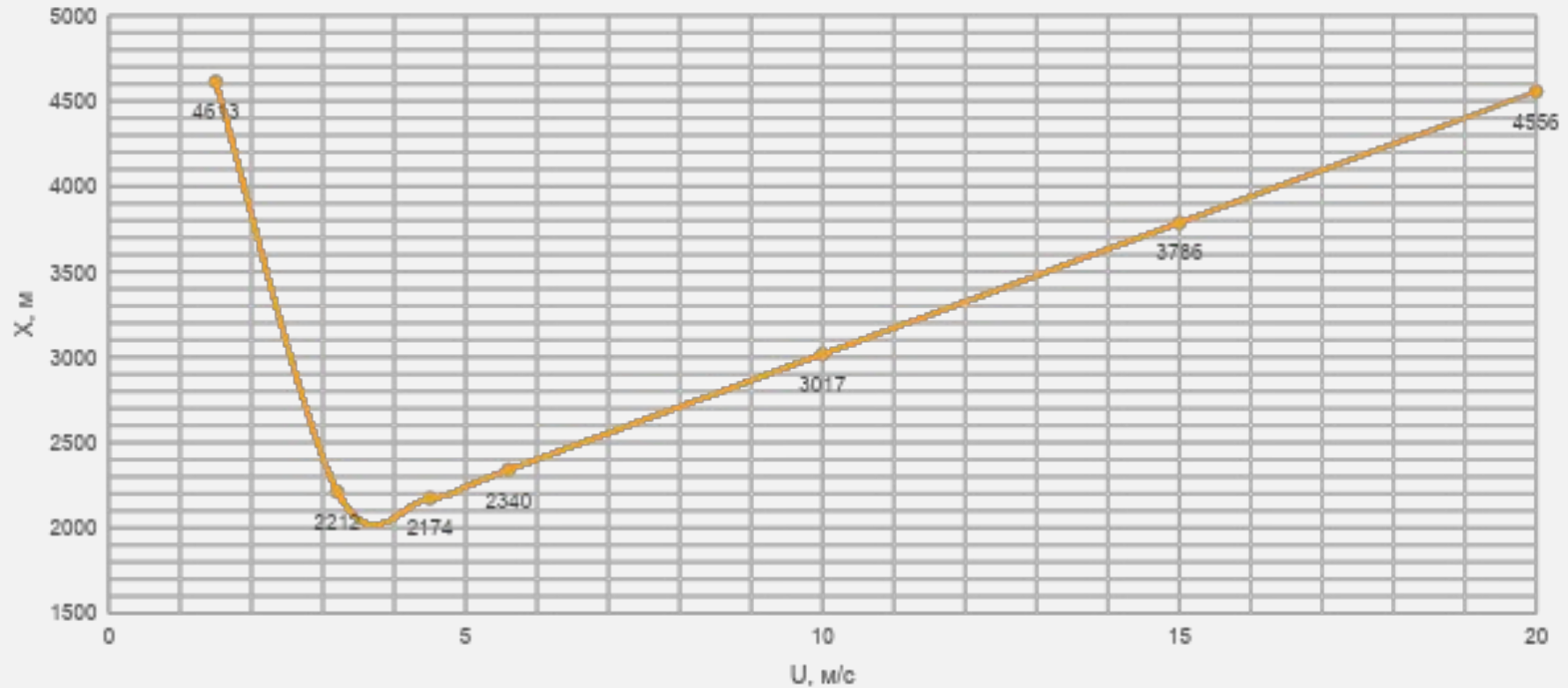
Скорость ветра	$U_M = 4,5 \text{ м/с}$	
Вещества	$C_M, \text{ мг/м}^3$	$X_M, \text{ м}$
CO ₂	28,689	2174
NO ₂	0,255	
SO ₂	0,082	

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОБЛОКА ТЭС



Зависимость приземной концентрации CO₂, NO₂, SO₂ от скорости ветра

РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ ЭНЕРГОБЛОКА ТЭС



Зависимость расстояния до максимальной концентрации от скорости ветра на высоте флюгера

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам работы можно сделать вывод о том, что замена энергоблока ТЭС установленной мощностью 300 МВт на энергоблок АЭС с реактором типа БРЕСТ той же мощности позволяет решить сразу несколько задач по снижению негативного влияния на здоровье населения и окружающую среду.

1. Уменьшение поступления загрязняющих веществ в атмосферный воздух;
2. Исключение радиоактивного и токсичного загрязнения от золоотвалов и предотвращение круговорота этих веществ по биологическим цепочкам;
3. Снизить приземные концентрации вредных веществ;
4. Внести вклад в развитие атомной отрасли, за счет замыкания ядерного топливного цикла, исключить вероятность распространения ядерного материала не в мирных целях

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Статистический ежегодник мировой энергетики [Электронный ресурс]— Режим доступа: <https://yearbook.enerdata.ru/electricity/electricity-domestic-consumption-data.html> (дата обращения: 20.04.2018);
- Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс]— Режим доступа: <http://cbsd.gks.ru/> (дата обращения: 20.04.2018);
- АЭС, ТЭС и окружающая среда. А.А. Грудаков, Ю.А. Егоров, В.Е. Куклин и др.//Экология 2000— человек и море.— Москва, 2000.— С. 28-33;
- Д.А. Крылов. Негативное влияние элементов-примесей от угольных ТЭС на окружающую среду и здоровье людей. // Горный информационно-аналитический бюллетень— 2017— №12— С. 77-87;
- Атомная энергетика: за или против? Сравнительный анализ радиоактивного загрязнения, создаваемого аэс и тэс, работающими на угле.— В.А. Гордиенко, С.Н. Брыкин, Р.Е. Кузин и др. [Электронный ресурс]— Режим доступа: http://nuclphys.sinp.msu.ru/ecology/gordienko_2011.pdf (дата обращения: 20.04.2018);

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Калинин Б.А., Польский В.И., Якушин В.Л., Чернов И.И. Материаловедческие проблемы экологии в области ядерной энергетики: Учебное пособие. М.: НИЯУ МИФИ, 2010. 184 с;
- Массовая «альтернативная» энергетика в России – это реально? [Электронный ресурс]— Режим доступа: <https://habr.com/company/croc/blog/317118/> (дата обращения: 27.04.2018);
- А.А. Семиколенных, Ю.Г. Жаркова. Оценка воздействия на окружающую среду объектов атомной энергетики.— М: Инфра-Инженерия, 2013.— 368 с;
- Годовой отчет Росэнергоатома, 2016 г;
- Замкнутый ядерный топливный цикл [Электронный ресурс].— Режим доступа: <http://science.spb.ru/files/tehplatformy/neutron/presentation/files/assets/common/downloads/publication.pdf> (дата обращения: 27.04.2018);

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Российские подходы к перспективным ядерным топливным циклам [Электронный ресурс].— Режим доступа: http://www.atomeco.org/mediafiles/u/files/2017/materials/04_Khaperskaya_rus_zhenskij_stol.pdf (дата обращения: 27.5.2018);
- Реакторы на быстрых нейтронах [Электронный ресурс].— Режим доступа: http://profbeckman.narod.ru/RH0.files/23_3.pdf (дата обращения: 1.05.2018);
- Б. Габараев, А. Филин. Разработка АЭС с РУ брест-од-300 с пристанционным топливным циклом для площадки белоярской АЭС;
- Определение массовых расходов, приземных концентраций и экологического ущерба вредных выбросов ТЭС. Методические указания к дипломному проектированию для студентов всех форм обучения направления «Теплоэнергетика».— Томск: Изд-во ТПУ, 2003.— 48 с;

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций: Учебник для вузов/ Л.А. Рихтер, Э.П. Волков, В.Н. Покровский; Под ред. П.С. Непорожного.— М.: Энергоиздат, 1981.— 296 с., ил;
- Методические указания по расчету выбросов оксидов азота с дымовыми газами котлов тепловых электростанций. СО 153-34.02.304-2003.— Введ. 2003-07-01;
- ОНД-86 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. — Введ. 1987-01-01.;
- СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика. — Введ. 1984-01-01.