

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Кафедра радиозэкологии и экологической безопасности

**АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО, ТЕПЛОВОГО
И РАДИАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
УГОЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ЗАДАННОЙ МОЩНОСТИ**

Методические указания
по выполнению курсового проекта
по курсу «Радиозэкология»
для студентов очной формы обучения
по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование

Севастополь
СевГУ
2019

УДК 504.054:539.16(076.1)
А64

Рецензент:
Л.И. Лукина - канд. хим. наук, доцент

Составители: П.А. Пономаренко, М.А. Фролова

А64 Анализ химического, теплового и радиационного влияния на окружающую среду угольной электростанции заданной мощности: метод. указания / Сост. П.А.Пономаренко, М.А. Фролова. – Севастополь: СевГУ, 2019. - 18 с.

Приведена методика выполнения расчетов по определению количества загрязняющих веществ, попадающих в окружающую среду при сжигании угля.

Методика предназначена для самостоятельной работы студентов по направлению подготовки 05.03.06 Экология и природопользование.

УДК 504.054:539.16(076.1)

Методические указания рассмотрены и рекомендованы на заседании кафедры радиоэкологии и экологической безопасности, протокол № 10 от 26 октября 2018 г.

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2019

Выполнение курсовой работы (курсовое проектирование) студентами направления подготовки 05.03.06 Экология и природопользование рассматривается как вид промежуточной аттестации и реализуется в пределах времени, отведенного на его изучение. По своему содержанию курсовая работа приближается к самостоятельной исследовательской работе, где должно найти отражение не только полученная сумма знаний по курсу учебной программы, но и новые решения актуальных экологических вопросов. Курсовая работа играет исключительно важную роль в обучении студентов, в подготовке их к практической деятельности.

Выполнение курсовых работ способствует выработке у студентов умения творчески изучать учебную дисциплину, тесно увязывать теоретические положения с практикой, вести конкретные самостоятельные исследования. Подготовка курсовой работы способствует приобретению студентами методических навыков выполнения элементов научного исследования, составления плана работы и библиографии по теме, изучение литературы и других источников, помогает развитию навыков по сбору и анализу собранного материала и литературному изложению результатов исследования.

Творческое выполнение курсовой работы учит логически излагать свои мысли и способствует:

- во-первых, более глубокому усвоению теоретических положений и методических аспектов изученной дисциплины, выработке необходимых приемов анализа и обобщения теоретических положений, а также практики бухгалтерского учета;

- во-вторых, привитию навыков самостоятельной работы с научной литературой и нормативными актами, овладению и прочному закреплению терминологии;

- в-третьих, расширению научного, профессионального кругозора студента, формированию интереса к научно-исследовательской работе, приобретению навыков творческого подхода к изучению экономических дисциплин, выработке самостоятельных выводов, что имеет большое значение для будущих специалистов;

- в-четвертых, четкой организации руководства самостоятельной работой студента, одновременно являясь средством контроля за тем, насколько успешно выполняется каждым конкретным студентом учебный план и усваивается материал в объеме, установленном программой.

Преподавателю курсовая работа позволяет судить о том, насколько студент усвоил теоретический курс. К курсовой работе, как первому самостоятельному исследованию, предъявляются следующие требования:

- курсовая работа должна быть написана на достаточно высоком теоретическом;

- работа должна быть написана самостоятельно;

- работа должна быть написана четким и грамотным языком и правильно оформлена;

– работа выполняется в сроки, определенные учебным планом.

Подготовка курсовой работы включает следующие этапы:

- выбор темы; – выбор характера написания курсовой работы;
- подбор и первоначальное ознакомление с литературой по избранной теме;
- составление предварительного варианта плана;
- изучение отобранных литературных источников;
- составление окончательного варианта плана;
- сбор и обработка фактических данных, публикаций в специальной литературе, а также их систематизация и обобщение;
- написание текста курсовой работы;
- создание презентации;
- защита курсовой работы.

У студентов, приступающих к такой деятельности, всегда возникает много вопросов, связанных с методикой написания, правилами оформления, процедурой защиты курсовой работы.

Задача данных учебно-методических рекомендаций - помочь студентам успешно справиться со всеми проблемами, возникающими в процессе написания курсовой работы.

В данной брошюре подчеркивается необходимость творческого, а не формального, подхода студента к выбору тематики курсовой работы, решению содержательной части работы, соблюдению общей формы, порядка написания и оформления курсовой работы.

ВВЕДЕНИЕ

Промышленный и экономический прогресс тесно связаны с уровнем энергопотребления на душу населения. Валовый национальный продукт страны, приходящийся на душу населения, прямо пропорционален количеству энергии, потребляемый на душу населения в этой стране.

Энергетика определяет в значительной степени уровень экономического развития страны в целом. Практически все стороны жизни любого современного промышленного общества зависят от производимой энергии в разных её формах. На протяжении всей жизни человечества энергопотребление, а, следовательно, и энергопроизводство, росло быстрее чем численность самого населения.

Для прежних масштабов развития энергетики экологическая емкость окружающей среды и запасы энергоресурсов являлись практически неограниченными, бесконечными. В настоящее время масштаб энергопотребления (производства) столь велик, что одновременно возникли ограничения ресурсного, гигиенического и экологического характера.

В настоящее время уровень жизни и энергопотребление распределены по земному шару крайне неравномерно: слаборазвитые страны, в них уровень потребления на душу населения составляет менее $60 \text{ ГДж}\cdot\text{год}^{-1}$ энергии, в развивающихся странах – $180 \text{ ГДж}\cdot\text{год}^{-1}$, в развитых странах $\sim 280 \text{ ГДж}\cdot\text{год}^{-1}$. Но все страны мечтают быть развитыми и в той или иной степени стараются (пытаются) производить энергии на душу населения хотя бы $200\div 250 \text{ ГДж}\cdot\text{год}^{-1}$. В настоящее время население Земли составляет $7,5\cdot 10^9$ человека. Если на каждого жителя Земли будет вырабатываться 250 ГДж энергии в год, то в год на Земле должно вырабатываться энергии $\sim 2\cdot 10^{21} \text{ Дж}$, или примерно $2Q$. В настоящее время выработка энергии в основном осуществляется за счет сжигания угля, нефти и газа. А каковы запасы этих энергоносителей на Земле при таком потреблении энергии?

По оценке оптимистов, запасы энергоносителей Земли оцениваются [1]:

- угля $500 Q$;
- нефти $80 Q$;
- газа $30 Q$;
- урана $10^9 Q$;
- тория $10^{10} Q$;
- дейтерий-литий $10^{10}\div 10^{11} Q$.

По этим данным логично сделать вывод: человечеству без атомной энергии не обойтись! Но еще несколько десятилетий для выработки энергии в основном будут использоваться органического энергоносителя, особенно уголь. Но, в конечном счете, потребности в энергии будут решаться только за счет атомной энергии.

Настоящая методика и посвящена анализу влияния угольного энергокомплекса мощностью 1 ГВт электрической энергии на окружающую среду.

1. Исходные данные. Угольный энергокомплекс, как правило, имеет КПД превращения тепловой энергии в электрическую $\eta = (40 \div 45) \%$. Следовательно, тепловая мощность такого энергокомплекса должна быть на уровне $W_{\text{тепл}} \approx 2,35 \text{ ГВт}$.

Любой энергокомплекс характеризуется коэффициентом использования установленной мощности (КИУМ) за год, который характеризует среднюю мощность работы энергокомплекса в течение года. Максимальный КИУМ находится в пределах $(70 \div 75) \%$. Тогда средняя мощность при КИУМ 73 % в течении года составит:

$$\overline{W_{\text{тепл}}} = 0,73 \cdot 2,35 \text{ ГВт} = 1,75 \text{ ГВт}.$$

Этот энергокомплекс за год должен выработать энергию:

$$E = \overline{W_{\text{тепл}}} \cdot 365 \frac{\text{дней}}{\text{год}} \cdot 24 \frac{\text{часа}}{\text{сут}} \cdot 3600 \text{ ГДж} = 5,52 \cdot 10^{10} \text{ МДж}.$$

Если учесть, что теплотворная способность угля находится в пределах $q = (31 \div 36) \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$, то на энергокомплекс для его работы в течение года, необходимо завезти:

$$m_{\text{угля}} = \frac{E}{\bar{q}} = \frac{5,52 \cdot 10^{10} \text{ МДж}}{33,5 \frac{\text{МДж}}{\text{кг}}} = 1,65 \cdot 10^9 \text{ кг} = 1,65 \cdot 10^6 \text{ т}.$$

Состав угля примем равным:

углерод $85 \div 92 \%$

азот $1 \div 2 \%$

кислород $1 \div 4 \%$

водород $2,5 \div 5 \%$

сера $1 \div 7 \%$

зольность донецкого угля $4 \div 25 \%$.

Кроме этого, в угле имеются микропримеси, в состав которых входят почти все металлы:

U – $2 \div 10 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

Th – $20 \div 50 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

Ge – $50 \div 80 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

Mo – $120 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

Zn – $100 \div 170 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

Zr – $40 \div 70 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

Sn – $20 \div 65 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

Cd – $8 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

Se – $40 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

Ca – $200 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

Rb – $40 \div 110 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

V – $1200 \div 2300 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

Bi – $10 \div 25 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

W – $15 \div 30 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

K – $500 \div 2400 \text{ г} \cdot \text{т}^{-1}$

Содержание примесей и микропримесей в угле в задании на курсовое проектирование, а также другие данные задаются конкретно.

Задание на курсовое проектирование выдается в виде бланка, подписанного преподавателем, ведущим проектирование, и утвержденного заведующей кафедрой (Приложение 1).

В бланке заданий указываются любая из ТЭС:

1 Волгодонская ТЭЦ-1

$W_{\text{эл}} = 130 \text{ МВт}$

2 Волгодонская ТЭЦ-2

$W_{\text{эл}} = 2150 \text{ МВт}$

3	Каменская ТЭЦ	$W_{эл} = 450 \text{ МВт}$
4	Новочеркасская ТЭС	$W_{эл} = 2150 \text{ МВт}$
5	Ростовская ТЭЦ	$W_{эл} = 1 \text{ ГВт}$
6	Шахтинская ТЭС	$W_{эл} = 250 \text{ МВт}$
7	Экспериментальная ТЭС	$W_{эл} = 100 \text{ МВт}$
8	Ставропольская ТЭС	$W_{эл} = 2500 \text{ МВт}$
9	Невиномысская ТЭС	$W_{эл} = 1550 \text{ МВт}$
10	Краснодарская ТЭС	$W_{эл} = 2100 \text{ МВт}$
11	Сочинская ТЭС	$W_{эл} = 250 \text{ МВт}$
12	Воинская ТЭЦ-1	$W_{эл} = 2800 \text{ МВт}$
13	Воинская ТЭЦ-2	$W_{эл} = 1500 \text{ МВт}$
14	Астраханская ТЭС	$W_{эл} = 400 \text{ МВт}$
15	Адлерская ТЭС	$W_{эл} = 650 \text{ МВт}$
16	Джубгинская ТЭС	$W_{эл} = 200 \text{ МВт}$
17	КамышБурунская ТЭС	$W_{эл} = 50 \text{ МВт}$
18	Симферопольская ТЭС	$W_{эл} = 450 \text{ МВт}$
19	Балаклавская ТЭС	$W_{эл} = 450 \text{ МВт}$
20	Луганская ТЭС	$W_{эл} = 1450 \text{ МВт}$

Так как все курсовые проекты учебные, допускается, что все перечисленные станции работают на угле.

2. Блок-схема энергетической установки ТЭС см. приложение 1.

Дать описание схемы и назначение основных блоков (Приложение 1).

3. Подготовка данных для расчета.

а) оценка масс составляющих угля

После оценки необходимой массы угля и используя состав угля, оценивается масса составляющих угля:

$$\text{углерод } m_C = m_{\text{угл}} \cdot 90\% = 1,65 \cdot 0,9 = 1,49 \cdot 10^6 \text{ т}$$

$$\text{водород } m_H = m_{\text{угля}} \cdot 3\% = 4,95 \cdot 10^4 \text{ т}$$

$$\text{азот } m_N = m_{\text{угля}} \cdot 2\% = 3,3 \cdot 10^4 \text{ т}$$

$$\text{сера } m_S = m_{\text{угля}} \cdot 3\% = 4,95 \cdot 10^4 \text{ т}$$

$$\text{кислород } m_O = m_{\text{угля}} \cdot 2\% = 3,3 \cdot 10^4 \text{ т}$$

б) оценка масс микропримесей

Далее согласно выражению

$$m_{\text{в-ва}} = m_{\text{угля}} \cdot X_{\text{в-ва}} \frac{\Gamma}{T}, \text{ т}$$

оцениваются массы микропримесей:

$$m_U = m_{\text{угля}} \cdot 5 \frac{\Gamma}{T} = 8250 \text{ 000 } \Gamma = 8,25 \text{ т}$$

$$m_{Th} = m_{\text{угля}} \cdot 30 \frac{\Gamma}{T} = 4,95 \cdot 10^7 \text{ } \Gamma = 4,95 \text{ т}$$

$$m_{Mo} = m_{угля} \cdot 100 \frac{\Gamma}{T} = 1,65 \cdot 10^8 \text{ г} = 165 \text{ т}$$

$$m_{Zr} = m_{угля} \cdot 45 \frac{\Gamma}{T} = 7,43 \cdot 10^7 \text{ г} = 74,3 \text{ т}$$

$$m_{Ca} = m_{угля} \cdot 150 \frac{\Gamma}{T} = 2,48 \cdot 10^8 \text{ г} = 248 \text{ т}$$

$$m_{Rb} = m_{угля} \cdot 60 \frac{\Gamma}{T} = 9,9 \cdot 10^7 \text{ г} = 99 \text{ т}$$

$$m_W = m_{угля} \cdot 20 \frac{\Gamma}{T} = 3,3 \cdot 10^7 \text{ г} = 33 \text{ т}$$

в) оценка масс и постоянной распада радионуклидов примесей производится одинаково для всех изотопов. Например:

Уран. Уран весь радиоактивен. Допускаем, что весь уран состоит из $^{238}_{92}U$, у которого период полураспада равен $4,5 \cdot 10^9$ лет, следовательно, постоянная распада равна $\lambda_U = \frac{0,693}{4,5 \cdot 10^9 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 4,88 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$.

Торий. Торий природный состоит из $^{232}_{90}Th$, он весь радиоактивен. Период полураспада тория равен $1,45 \cdot 10^{10}$ лет, следовательно, $\lambda_{Th} = \frac{0,693}{1,45 \cdot 10^{10} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 1,5 \cdot 10^{-18} \text{ с}^{-1}$.

Молибден. Радиоактивность молибдена определяет его изотоп $^{100}_{42}Mo$, которого в составе природного молибдена – 9,62 %. Период полураспада молибдена равен $3 \cdot 10^{17}$ лет, следовательно, $\lambda_{Mo-100} = \frac{0,693}{3 \cdot 10^{17} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 7,32 \cdot 10^{-26} \text{ с}^{-1}$.

Цирконий. Радиоактивность природного циркония определяется его изотопом $^{96}_{40}Zr$, которого в составе природного содержится 2,8 %. Период полураспада циркония равен $3,56 \cdot 10^{17}$ лет, следовательно, $\lambda_{Zr-96} = \frac{0,693}{3,56 \cdot 10^{17} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 6,17 \cdot 10^{-26} \text{ с}^{-1}$. $^{96}_{40}Zr$, распадаясь, генерирует радионуклид необий $^{96}_{41}Nb$ с периодом полураспада 23,35 часа. Т.к. постоянная распада необия много больше постоянной распада циркония ($\lambda_{Nb-96} = 8,24 \cdot 10^{-6} \text{ с}^{-1}$), наблюдается радиоактивное равновесие: $\lambda_{Nb-96} m_{Nb-96} = \lambda_{Zr-96} m_{Zr-96}$, тогда масса необия m_{Nb-96} определяется из соотношения радиоактивных равновесий $m_{Nb-96} = \frac{\lambda_{Zr-96}}{\lambda_{Nb-96}} m_{Zr-96}$.

Кальций. Радиоактивность природного кальция определяется $^{48}_{20}Ca$, которого в составе природного содержится 0,185%, а его период полураспада составляет $2 \cdot 10^{16}$ лет. Следовательно, $\lambda_{Ca-48} = \frac{0,693}{2 \cdot 10^{16} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 1,1 \cdot 10^{-24} \text{ с}^{-1}$. $^{48}_{20}Ca$ генерирует радионуклид $^{48}_{21}Sc$ с периодом полураспада 43,8 часа. Постоянная распада скандия λ_{Sc-48} и его масса m_{Sc} оцениваются аналогично оценке $^{96}_{41}Nb$.

Рубидий. Радиоактивность природного рубидия определяется изотопом $^{87}_{37}Rb$, которого в составе природного содержится 27,85%, а его период

полураспада равен $4,88 \cdot 10^{16}$ лет. Следовательно,
 $\lambda_{Rb-87} = \frac{0,693}{4,88 \cdot 10^{16} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 4,5 \cdot 10^{-19} \text{ с}^{-1}$.

Вольфрам. Радиоактивность природного вольфрама определяет $^{180}_{74}\text{W}$, которого в составе природного содержится 0,14%, а его период полураспада $6 \cdot 10^{14}$ лет. Следовательно, $\lambda_{W-180} = \frac{0,693}{6 \cdot 10^{14} \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 3,66 \cdot 10^{-23} \text{ с}^{-1}$.

Калий. Радиоактивность природного калия определяется $^{40}_{19}\text{K}$, которого в природном содержится 0,012%, а его период полураспада $1,3 \cdot 10^{14}$ лет. Следовательно, $\lambda_{K-40} = \frac{0,693}{1,3 \cdot 10^9 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 3600} = 1,69 \cdot 10^{-17} \text{ с}^{-1}$.

4. Оценка масс дочерних р/н ряд U и ряде Th.

И уран, и торий являются материнскими радионуклидами соответствующих радионуклидных семейств урана (19 радионуклидов в семействе) и тория (11 радионуклидов в семействе). Самыми малыми постоянными распада в обоих радиоактивных семействах являются постоянные распада урана и тория. Следовательно, можно допустить, что материнские радионуклиды находятся в радиоактивном равновесии с каждым дочерним радионуклидом своего рода (см. анализ закона радиоактивного распада). Основываясь на этом положении, 1 г У находится в радиоактивном равновесии со следующим количеством каждого дочернего радионуклида своего ряда $m_{iU}^{p/n}$: $1 \text{ г } ^{238}_{92}\text{U} \rightarrow 11,46 \cdot 10^{-11} \text{ г/г } ^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow 4,95 \cdot 10^{-16} \text{ г/г } ^{234m}_{91}\text{Pa} \rightarrow 5,48 \cdot 10^{-5} \text{ г/г } ^{234}_{92}\text{U} \rightarrow 1,77 \cdot 10^{-5} \text{ г/г } ^{234}_{90}\text{Th} \rightarrow 3,55 \cdot 10^{-7} \text{ г/г } ^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow 2,32 \cdot 10^{-12} \text{ г/г } ^{222}_{86}\text{Rn} \rightarrow 1,29 \cdot 10^{-15} \text{ г/г } ^{218}_{84}\text{Po} \rightarrow 1,13 \cdot 10^{-14} \text{ г/г } ^{214}_{82}\text{Pb} \rightarrow 8,3 \cdot 10^{-15} \text{ г/г } ^{214}_{83}\text{Bi} \rightarrow 4,52 \cdot 10^{-9} \text{ г/г } ^{210}_{82}\text{Pb} \rightarrow 3,04 \cdot 10^{-12} \text{ г/г } ^{210}_{83}\text{Bi} \rightarrow 8,4 \cdot 10^{-11} \text{ г/г } ^{210}_{84}\text{Po}$ или таблица 4.1.

Таблица 4.1. – Продукты распада, находящиеся в радиоактивном равновесии с $1 \text{ г } ^{238}_{92}\text{U}$

Изотоп	Количество на $1 \text{ г } ^{238}_{92}\text{U}$, г
Уран (^{238}U)	1,0
Торий (^{234}Th)	$1,46 \cdot 10^{-11}$
Протактиний (^{234m}Pa)	$4,95 \cdot 10^{-16}$
Уран (^{234}U)	$5,48 \cdot 10^{-5}$
Торий (^{230}Th)	$1,77 \cdot 10^{-5}$
Радий (^{226}Ra)	$3,55 \cdot 10^{-7}$
Радон (^{222}Rn)	$2,32 \cdot 10^{-12}$
Полоний (^{218}Po)	$1,29 \cdot 10^{-15}$
Свинец (^{214}Pb)	$1,13 \cdot 10^{-14}$
Висмут (^{214}Bi)	$8,3 \cdot 10^{-15}$
Свинец (^{210}Pb)	$4,52 \cdot 10^{-9}$
Висмут (^{210}Bi)	$3,04 \cdot 10^{-12}$
Полоний (^{210}Po)	$8,4 \cdot 10^{-11}$
Свинец (^{206}Pb)	стабильный

Теперь, зная массу U, выброшенного ТЭС за год, можно определить массу каждого дочернего радионуклида этого ряда, выбрасываемого в окружающую среду за этот же год:

$$M_{iU}^{p/h} = m_{U\Gamma} \cdot m_{iU}^{p/h} \text{ г/Г}$$

Аналогично ряду урана, материнский $^{232}_{90}\text{Th}$ находится в радиоактивном равновесии с каждым радионуклидом ряда Th и $m_{iTh}^{p/h} : 1 \text{ г Th} \rightarrow 4,75 \cdot 10^{-10} \text{ г/Г } ^{228}_{88}\text{Ra} \rightarrow 4,96 \cdot 10^{-14} \text{ г/Г } ^{228}_{89}\text{Ac} \rightarrow 1,35 \cdot 10^{-10} \text{ г/Г } ^{228}_{90}\text{Th} \rightarrow 7,07 \cdot 10^{-13} \text{ г/Г } ^{224}_{88}\text{Ra} \rightarrow 1,24 \cdot 10^{-16} \text{ г/Г } ^{220}_{86}\text{Rn} \rightarrow 3,55 \cdot 10^{-19} \text{ г/Г } ^{216}_{84}\text{Po} \rightarrow 8,61 \cdot 10^{-14} \text{ г/Г } ^{212}_{90}\text{Pb} \rightarrow 8,16 \cdot 10^{-15} \text{ г/Г } ^{212}_{83}\text{Bi} \rightarrow 6,83 \cdot 10^{-25} \text{ г/Г } ^{212}_{84}\text{Po} \rightarrow 4,18 \cdot 10^{-16} \text{ г/Г } ^{208}_{81}\text{Tl}$ или табл. 4.2.

Таблица 4.2. – Продукты распада, находящиеся в радиоактивном равновесии с $1 \text{ г } ^{232}_{90}\text{Th}$

Изотоп	Количество на $1 \text{ г } ^{232}_{90}\text{Th}$, г
Торий (^{232}Th)	1,0
Радий (^{228}Ra)	$4,75 \cdot 10^{-10}$
Актиний (^{228}Ac)	$4,96 \cdot 10^{-14}$
Торий (^{228}Th)	$1,35 \cdot 10^{-10}$
Радий (^{224}Ra)	$7,07 \cdot 10^{-13}$
Радон (^{220}Rn)	$1,24 \cdot 10^{-16}$
Полоний (^{216}Po)	$3,55 \cdot 10^{-19}$
Свинец (^{212}Pb)	$8,61 \cdot 10^{-14}$
Висмут (^{212}Bi)	$8,16 \cdot 10^{-15}$
Полоний (^{212}Po)	$6,83 \cdot 10^{-25}$
Таллий (^{208}Tl)	$4,18 \cdot 10^{-16}$

Аналогично $M_i^{p/h} = m_{Th\Gamma} \cdot m_{iTh}^{p/h} \text{ г/Г}$.

Таким образом, определены массы и постоянные радиоактивного распада всех радионуклидов, встречающихся в задании на курсовое проектирование и выброшенных за год работы ТЭС в окружающую среду.

5. Оценка радиозэкологического влияния указанной ТЭС на окружающую среду за год работы.

Для ответа на этот вопрос оценивается активность каждого встречающегося в подпунктах б) и в) пункта 5 радионуклида. Активность любого радионуклида оценивается по формуле

$$A_i = \lambda_i (\text{с}^{-1}) \cdot N_i (\text{ядер}); (1 \frac{\text{распад}}{\text{с}} = 1 \text{ Бк}),$$

где N_i – число ядер i-го радионуклида, которое определяется по формуле

$$N_i = \frac{N_A (\text{моль}^{-1})}{M_i (\frac{\text{г}}{\text{моль}})} \cdot m_i (\text{г}).$$

Последовательность действий:

- определяется активность каждого радионуклида из семейства урана, а потом суммарная активность всего семейства $\Sigma A_{i \text{ U-ряда}}$, Бк;
- определяется активность каждого радионуклида из ряда тория, а затем – суммарная активность всего семейства тория $\Sigma A_{i \text{ Th-ряда}}$, Бк;
- оценивается суммарная активность всех микропримесных радионуклидов и их дочерних $\Sigma A_{i \text{ мк.прим.}}$, Бк;
- определяется вся активность, выброшенная в окружающую среду за год работающей ТЭС;
- выводы по радиоэкологическому влиянию всего энергокомплекса на окружающую среду.

6. Оценка теплового влияния ТЭС на окружающую среду.

Приближенные оценки влияния антропогенных тепловых сбросов в окружающую среду показывают, что плотность этих сбросов по всей поверхности Земли не должна превышать величины $2 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$. Превышение ведёт к увеличению среднегодовой приземной температуры $\sim$ на 1°C , что вызовет глобальные климатические изменения. Плотность тепловых сбросов в диапазоне $(4 \div 20) \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$ на территории от 100 до 2000 км^2 может повлиять на изменение циркуляционного режима атмосферы или привести к климатическим изменениям локального характера (возрастает частота образования смерчей, дождей, туманов, облачности и т.п.).

По оценкам развития мировой энергетики плотность тепловых сбросов в среднем по Земному шару не должна превышать $0,5 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$, что в среднем не превысит глобальную температуру атмосферы в приземном слое более чем на $0,4^\circ \text{C}$. Специалисты утверждают, что такое повышение среднегодовой температуры не может вызвать климатических изменений.

Следовательно, от одиночного энергокомплекса тепловые сбросы в радиусе $10 \div 50 \text{ км}$ не должны превышать $4 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$.

В приведенном примере тепловые сбросы составляют:

$$W_{\text{тепл}} - W_{\text{эл}} = 2,35 \text{ ГВт} - 1 \text{ ГВт} = 1,35 \text{ ГВт} = 1,35 \cdot 10^9 \text{ Вт}.$$

Удельные тепловые сбросы в $R=10 \text{ км}$ составляет

$$q = \frac{W_{\text{тепл}} - W_{\text{эл}} (\text{Вт})}{\pi \cdot R^2 \text{ м}^2} = \frac{1,35 \cdot 10^9}{3,14 \cdot 100 \cdot 10^6 \text{ м}^2} = \frac{1,25 \cdot 10^9}{3,14 \cdot 10^8} = 4,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}.$$

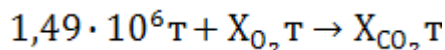
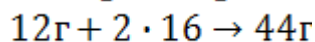
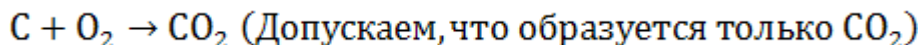
Таким образом, удельные тепловые сбросы от рассматриваемой ТЭС в радиусе $10 \div 50 \text{ км}$ не превышают $\sim 4 \text{ Вт} \cdot \text{м}^{-2}$.

7. Оценка химического влияния ТЭС на окружающую среду

Из состава угля при горении (соединение с кислородом) и выделении тепла принимают участие углерод C , водород H и сера S . Допустим, что весь азот (азот в угле и азот в воздухе) в топке, где температура превышает тысячу градусов, превращается в двуокись азота. Обычно при мощности в

1 ГВт угольная ТЭС выбрасывает в год $\sim 5 \cdot 10^4$ т NO_2 . Рассмотрим химические реакции горения основных энергоносителей, составляющих угля.

А) Сжигание углерода



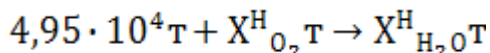
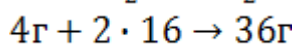
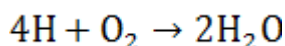
При сгорании $1,49 \cdot 10^6$ т углерода из воздуха должно быть взято $X_{\text{O}_2} (m_{\text{CO}_2}^0)$.

$$m_{\text{CO}_2}^C = X_{\text{O}_2} = \frac{m_{\text{C}} \cdot 32}{12} = \frac{1,49 \cdot 10^6 \cdot 32}{12} = 3,9 \cdot 10^6 \text{ т кислорода.}$$

В воздух при этом должно быть выброшено $X_{\text{CO}_2} (m_{\text{CO}_2}^0)$

$$m_{\text{CO}_2}^0 = X_{\text{CO}_2} = \frac{m_{\text{C}} \cdot 44}{12} = \frac{1,49 \cdot 10^6 \cdot 44}{12} = 5,46 \cdot 10^6 \text{ т CO}_2.$$

Б) Сжигание водорода



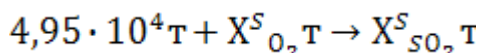
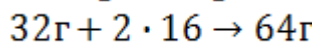
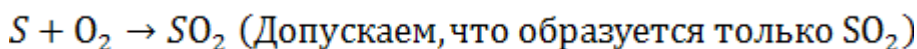
При сгорании $4,95 \cdot 10^6$ т водорода, находящегося в угле, из воздуха будет взято O_2

$$m_{\text{O}_2}^{\text{H}} = X_{\text{O}_2}^{\text{H}} = \frac{m_{\text{H}} \cdot 32}{4} = \frac{4,95 \cdot 10^4 \cdot 32}{4} = 3,96 \cdot 10^5 \text{ т кислорода.}$$

При этом в воздух выбрасывается в виде пара вода, ее масса будет

$$m_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{H}} = X_{\text{H}_2\text{O}}^{\text{H}} = \frac{m_{\text{H}} \cdot 36}{4} = \frac{4,65 \cdot 10^4 \cdot 36}{4} = 4,46 \cdot 10^5 \text{ т H}_2\text{O}.$$

в) Сжигание серы



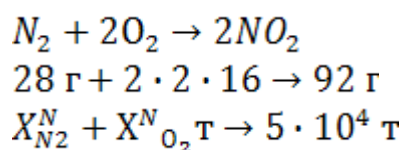
При сгорании $4,95 \cdot 10^4$ т серы, находящегося в угле, из воздуха будет взято O_2

$$m_{O_2}^{SO_2} = X_{O_2}^S = \frac{mS \cdot 32}{32} = \frac{4,95 \cdot 10^4 \cdot 32}{32} = 4,95 \cdot 10^4 \text{ т кислорода.}$$

При этом в окружающую среду был выброшен газ SO_2 , его масса будет составлять

$$m_{SO_2}^S = X_{SO_2}^S = \frac{mS \cdot 64}{32} = \frac{4,95 \cdot 10^4 \cdot 64}{32} = 9,9 \cdot 10^4 \text{ т } SO_2.$$

Г) Образование NO_2 проходило по реакциям



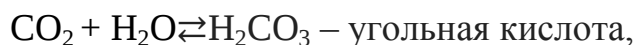
Для образования $5 \cdot 10^4$ т газа NO_2 из воздуха было взято кислорода $m_{O_2}^N$

$$m_{O_2}^N = X_{O_2}^S = \frac{mNO_2}{92} = \frac{64 \cdot 5 \cdot 10^4}{92} = 3,5 \cdot 10^4 \text{ т кислорода.}$$

Таким образом, из воздуха брался кислород для сжигания С, Н и S, а также образования NO_2 . Всего за год работали ТЭС из воздуха было взято

$$m_{O_2} = \sum_i m_i - m_{O_2}^{\text{угле}}.$$

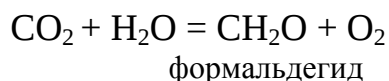
Попавшие в атмосферу образованные газы CO_2 , SO_2 и NO_2 соединились с влагой воздуха и образовали соединения



которая выпадает вместе с дождем. В результате этого происходит закисление почвы, что ведет к снижению урожайности.

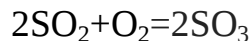
CO_2 является основной причиной парникового эффекта на Земле, а это приводит к повышению средней приземной температуры, что отрицательно сказывается в целом на планете Земли: увеличение таяния ледников, повышение уровня мирового океана, возможно появление новых пустынь, изменение вековых морских течений, образование тайфунов и т.п.

Кроме этого, CO_2 принимает активнейшее участие в фотосинтезе, который характеризуется следующими основными химическими реакциями:



Газ SO_2 , соединяясь с влагой воздуха, образует

$\text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_3$ – сернистая кислота закисляет почву, выпадая с дождем.



$\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ – закисляет почву, выпадая вместе с дождем.

Газ NO_2 , соединяясь с влагой воздуха, образует

$2\text{NO}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HNO}_3 + \text{HNO}_2$ – обе кислоты, выпадая с дождем, закисляют почву и снижают урожайность.

Таким образом, было рассмотрено три основных направления влияния ТЭС, работающей на угле, на окружающую среду:

- радиационное
- тепловое
- химическое

Кроме этого, необходимо найти массу образовавшейся золы (процент от числа) и отвести для ее складирования соответствующую территорию.

В конце курсового проекта делаются самостоятельно выводы и представляется список использованной литературы.

Далее создается презентация, и курсовой проект представляется к защите.

Приложение 1

Утверждаю»

Зав. кафедрой _____

« ____ » _____ 20 г.

Задание

на курсовое проектирование студенту III курса по радиозэкологии

Дата выдачи _____

Дата предъявления (защиты) _____

Тема: Анализ влияния на окружающую среду _____ ТЭС, работающей на угле.

Исходные данные: $W_{эл} =$ _____ МВт

КПД энергоустановки 42,5 %

КИУМ 73%

Состав угля:

C _____% H _____% N _____% S _____% O _____%

Зольность 15%

Состав микропримесей в угле:

U	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$	Zn	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$	Se	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$	Bi	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$
Th	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$	Zr	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$	Ca	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$	W	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$
Ge	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$	Sn	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$	Rb	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$	K	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$
Mo	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$	Cd	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$	V	$\text{г} \cdot \text{т}^{-1}$		

Теплотворная способность угля выбирается студентом самостоятельно в пределах $31 \div 36 \text{ МДж} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Цель проекта:

оценить: химическое влияние ТЭС на окружающую среду;
тепловое влияние на окружающую среду;
радиационное влияние на окружающую среду.

Объем курсового проекта 40÷50 страниц текста, 12 шрифт, 1,5 интервал.

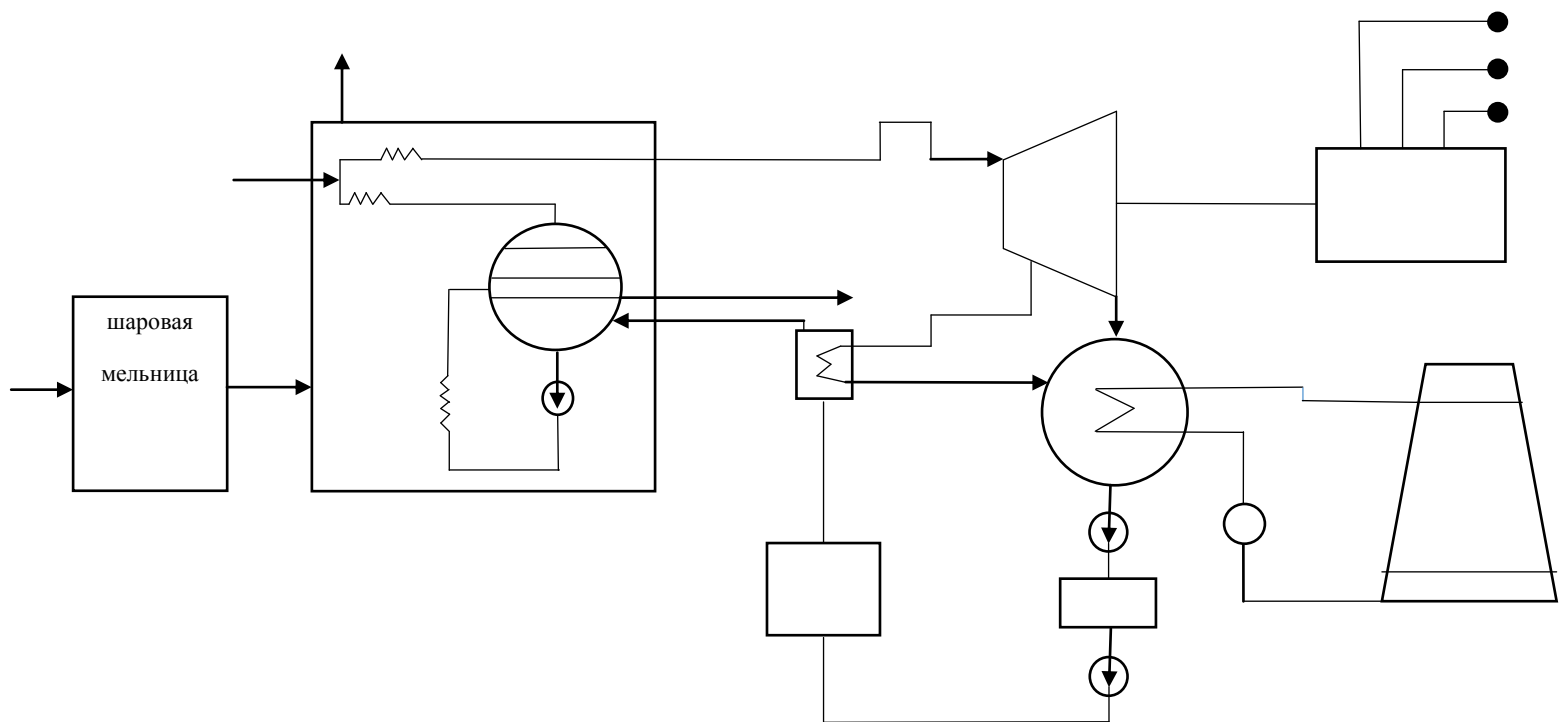
Преподаватель _____

Теплоэлектростанция/центральный выбирается по номеру варианта из перечня, приведенного в пункте 1.

№ п/п	КПД	КИУМ	Состав угля, %					Ψ, %
			С	Н	Н	С	О	
1	40	70	85	2,5	1	1	1	14
2	40,3	72,6	94	4,6	1,5	5,5	4,1	25
3	45	75	91	3,5	1,9	4,5	1,6	18
4	42	74,3	88,5	4,8	1,5	4,4	4,1	9
5	41	70,9	86	3	2	4	3,1	13
6	43,9	73,6	92,7	4,5	1,4	3,3	4,5	15
7	42,6	75	89,1	3,8	1,6	1,1	2,5	10
8	40,9	74,8	90	4,9	1,2	2	2	5
9	41,5	71	93,6	5	1,8	3,4	3,4	23
10	43,2	72,5	87	3,2	1,6	2,9	2,8	17
11	43,7	70,6	91,1	2,8	1,9	3,5	2,1	4
12	42	74,2	92	3,7	1,7	6,5	3,6	22
13	45	73,1	85,6	2,6	2	3	2,8	7
14	41	75,3	95	5	1,1	2,9	3	19
15	44,8	70,8	87,2	2,9	1,1	6	1,4	20
16	43,3	72,5	90,8	4,1	1,3	2,5	3,5	6
17	44,4	73,4	88	3,3	1,4	5	4	12
18	42,6	70,4	86,9	2,9	1,3	1,8	3,3	16
19	40	69,8	93	3,1	1,8	1,5	1,1	8
20	43,7	72	89	2,8	1,2	7	4	11

Микропримеси:

№ п/п	U	Th	Ge	V	Zn	Zr	Sn	Rb	Bi	W	K
	$\Gamma \cdot T^{-1}$										
1	2	20	50	1200	100	40	20	40	10	15	500
2	3	22	73	1250	110	42	35	56	25	30	750
3	4	24	52	1300	120	30	48	78	18	18	2400
4	5	23	80	1650	130	65	36	110	12	22	1600
5	6	31	71	2300	140	35	21	109	11	16	1750
6	7	25	56	2150	150	60	65	98	19	23	2000
7	8	36	51	2100	160	68	37	100	11	27	1980
8	9	32	66	1900	170	51	23	68	16	19	860
9	10	21	65	1875	105	57	48	105	24	24	790
10	2	26	57	1659	115	62	29	41	25	16	640
11	3	41	70	1453	125	42	56	70	23	20	1800
12	4	30	61	1700	135	68	33	59	17	15	550
13	5	16	58	1350	145	55	21	90	24	27	780
14	6	28	69	1490	165	50	35	77	15	22	1000
15	7	49	60	2050	155	48	31	61	19	19	1010
16	8	47	77	2150	118	67	64	83	10	29	2020
17	9	40	80	2005	126	63	49	56	21	16	830
18	10	33	63	1950	138	53	52	91	11	21	1300
19	2	48	55	1760	164	59	44	74	22	30	1450
20	3	34	69	1400	169	61	58	55	19	23	1919



**АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО, ТЕПЛОВОГО
И РАДИАЦИОННОГО ВЛИЯНИЯ
НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
УГОЛЬНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ ЗАДАННОЙ МОЩНОСТИ**

*Методические указания
по выполнению курсового проекта*

Составители: **Пономаренко** Павел Афиногенович,
Фролова Мария Александровна

В авторской редакции

Изд. № 15/19. Объем 1,25 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»