

УДК 004.021 (620.9:502.7)

**ИНФОРМАЦИОННОЕ НАПОЛНЕНИЕ МОДЕЛЕЙ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК  
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ЭНЕРГЕТИКИ**

**Майсюк Елена Петровна**

к.э.н., с.н.с. лаборатории энергоснабжения децентрализованных потребителей,  
e-mail: [maysyuk@isem.irk.ru](mailto:maysyuk@isem.irk.ru)

**Иванова Ирина Юрьевна**

к.э.н., в.н.с., зав. лабораторией энергоснабжения децентрализованных потребителей,  
e-mail: [nord@isem.irk.ru](mailto:nord@isem.irk.ru)

**Иванов Роман Андреевич**

к.т.н., н.с. лаборатории энергоснабжения децентрализованных потребителей,  
e-mail: [crowndriver@gmail.com](mailto:crowndriver@gmail.com)

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,  
664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова 130.

**Аннотация.** В статье сформирована последовательность выполнения действий по определению экологических характеристик функционирования объектов энергетики. Приведены показатели энергообъектов и справочные данные, необходимые для получения промежуточных показателей этапов исследований. Дано описание расчетных моделей определения массы выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и парниковых газов и массы образующихся золошлаковых отходов. Модели разработаны на основе утвержденных методик для тепловых электростанций, котельных и дизельных электростанций. Показано, что технологии расчетов экологических характеристик для каждой категории энергообъектов зависят от вида сжигаемого топлива и типа используемого оборудования. Выполнена систематизация информации для моделей определения экологических характеристик функционирования энергетических объектов. Вся необходимая информация представлена в виде трех крупных блоков: характеристика населенных пунктов; показатели энергообъектов; справочные данные по видам топлива, энергетическому и улавливающему оборудованию. Приведено подробное описание показателей каждого блока информации. Показана зависимость перечня определяемых экологических характеристик энергообъектов от вида сжигаемого топлива. Обозначены источники информации и доступность получения показателей каждого блока.

**Ключевые слова:** загрязняющие вещества, парниковые газы, золошлаковые отходы, технология расчетов, систематизация информации, справочные данные, показатели энергообъектов.

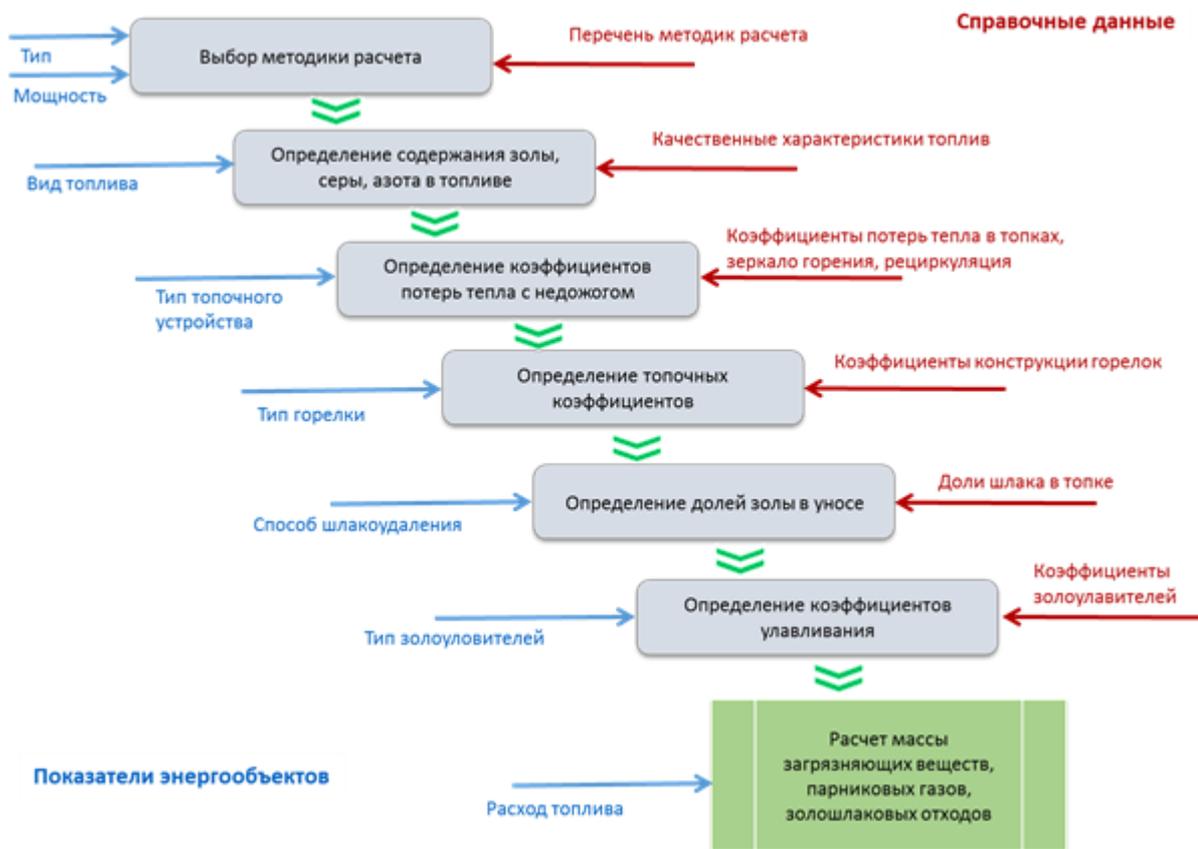
**Цитирование:** Майсюк Е.П., Иванова И.Ю., Иванов Р.А. Информационное наполнение моделей определения экологических характеристик функционирования объектов энергетики// Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2021. № 3 (23). С. 49-61. DOI:10.38028/ESI.2021.23.3.005.

**Введение.** Наибольшее влияние на природную среду среди энергообъектов оказывают объекты генерации электрической и тепловой энергии. К экологическим характеристикам таких энергообъектов относятся расчетные значения массы выбросов в атмосферу загрязняющих веществ, парниковых газов, в частности, углекислого газа (CO<sub>2</sub>), а также массы золошлаковых отходов, образующихся от сжигания твердых топлив.

Среди объектов генерации энергии с экологических позиций можно выделить три категории: крупные тепловые электростанции (ТЭС, ТЭЦ), котельные и дизельные электростанции, поскольку расчет экологических характеристик для них несколько различается. В зависимости от категории энергообъекта и его технических характеристик разработаны модели определения массы выбросов в атмосферу и массы отходов, в основу которых положены утвержденные методики расчета. Для крупных тепловых электростанций используется методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных уста-

новок ТЭС (РД 34.02.305-98) [1]. Для котельных – методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 т пара в час или менее 20 Гкал в час [2 – 4]. Для дизельных электростанций – методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок [5]. Для определения выбросов парниковых газов - методические указания Министерства природных ресурсов России по количественному определению объема выбросов парниковых газов (Приказ № 300 от 30.06.2015 г. [6]. В основе определения количества золошлаковых отходов от энергообъектов лежит метод материально-сырьевого баланса [7] и рекомендации по оценке отходов энергетических предприятий в виде суммы шлака и уловленной в золоулавливающих установках золы [8 – 9].

В общем виде последовательность выполнения действий по определению экологических характеристик функционирования объектов энергетики приведена на рис. 1. Предварительно, в зависимости от категории энергообъекта и мощности оборудования, выбираются методика и соответствующая ей расчетная модель. Информацию, необходимую для определения экологических характеристик функционирования энергообъектов, можно подразделить на две группы: показатели исследуемых объектов и справочные данные (рис.1).



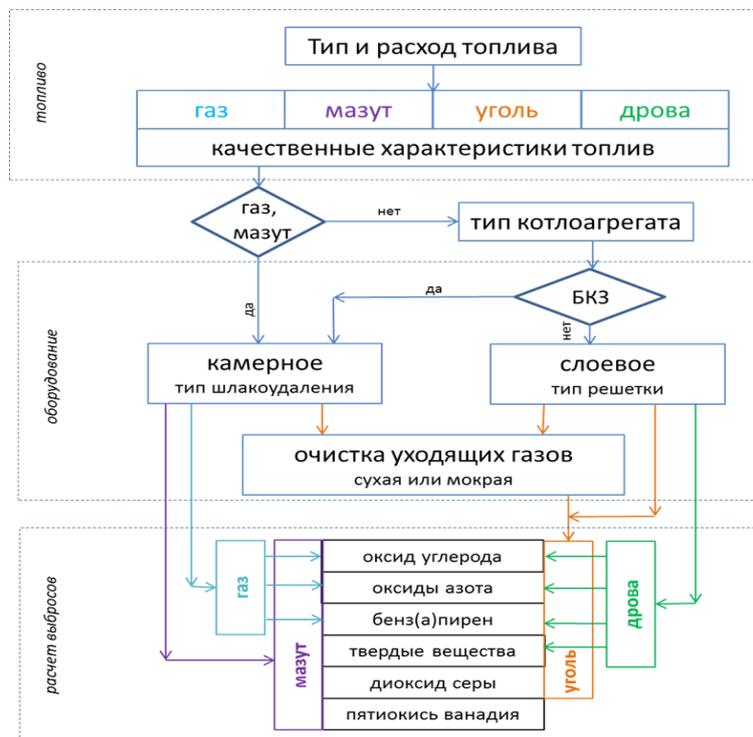
**Рис. 1.** Последовательность выполнения действий по определению экологических характеристик функционирования объектов энергетики

По виду используемого на энергообъекте топлива из справочных данных определяется его качественный состав. Перечень качественных характеристик топлив подробно описан в [10]. В зависимости от типа горелки и топочного устройства энергообъекта устанавливаются топочные коэффициенты и коэффициенты потерь тепла, от способа шлакоудаления – доли золы в уносе и доли шлака в топке. Затем по типу золоуловителей и их состоянию назначается степень улавливания. В завершение, исходя из расхода топлива, рассчитываются масса выбросов загрязняющих веществ и парниковых газов в атмосферу и масса золошлаковых от-

ходов. Технология расчета зависит от категории энергоисточника, типа оборудования, вида сжигаемого топлива и перечня выходных показателей.

**1. Описание расчетных моделей.** Для определения массы выбросов в атмосферу и массы образующихся отходов для каждой категории энергообъектов разработана расчетная модель, в которой в зависимости от вида используемого топлива предусмотрена определенная последовательность действий и перечень исходных данных, от которых зависит конечный результат.

**1.1 Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу.** В модели определения массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от ТЭС и котельных реализованная технология расчета в зависимости от вида топлива и типа оборудования приведена на рис. 2. Модель включает три основных блока: топливо, оборудование и непосредственно расчет выбросов. В блоке *топливо* задается вид сжигаемого топлива, для которого определяются качественные характеристики, и объем его потребления.



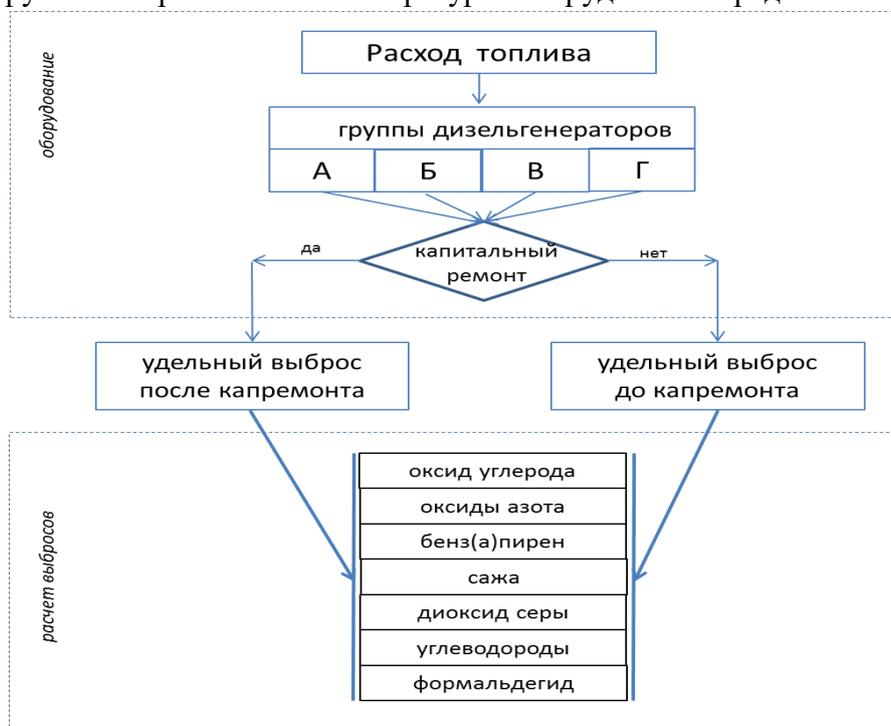
**Рис. 2.** Технология расчета массы выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от ТЭС и котельных

Блок *оборудование* содержит информацию об энергетическом оборудовании, используемом для получения тепловой или электрической энергии. В зависимости от способа сжигания топлив (камерного или слоевого) выбираются справочные данные по рекомендуемым значениям топочных характеристик, как для котельных установок со слоевым сжиганием топлив, так и для электростанций с камерным (пылевидным). К топочным характеристикам относятся потери тепла с химическим, механическим недожогом топлива в топке, доля золы в уносе, коэффициент потери тепла из-за неполного выгорания топлива, коэффициенты учета типов горелок и типа золошлакоудаления. Участие топочных характеристик и коэффициентов в расчете массы различных загрязняющих веществ подробно представлено в [10].

Наряду с энергетическим оборудованием в данном блоке предусматривается назначение показателей установок по очистке уходящих газов. Данные о степени улавливания вредных примесей очистными устройствами непосредственно влияют на конечный результат – масса выбросов загрязняющих веществ.

В блоке *расчет выбросов* с использованием всех исходных данных осуществляется сам расчет на основе методик с использованием математических зависимостей с подробным набором основных показателей. В приведенной на рис. 2 технологии расчета указан перечень выходных данных в зависимости от вида сжигаемого топлива. Так, при сжигании газа расчет выбросов в атмосферу проводится для трех загрязняющих веществ: оксида углерода (CO), оксидов азота (NOx) и бенз(а)пирена. При сжигании угля рассчитываются выбросы пяти загрязняющих атмосферу веществ: оксида углерода (CO), оксидов азота (NOx), бенз(а)пирена, твердых веществ, диоксида серы (SO<sub>2</sub>). От сжигания дров – то же, что и от угля, за исключением диоксида серы (SO<sub>2</sub>). Наибольшее количество загрязняющих веществ образуется при сжигании мазута – шесть ингредиентов, где наряду с вредными веществами, как от угольного сжигания в атмосферу, поступает зола мазута с содержанием в ней пятиоксида ванадия (V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), а к твердым веществам отнесен расчет сажи.

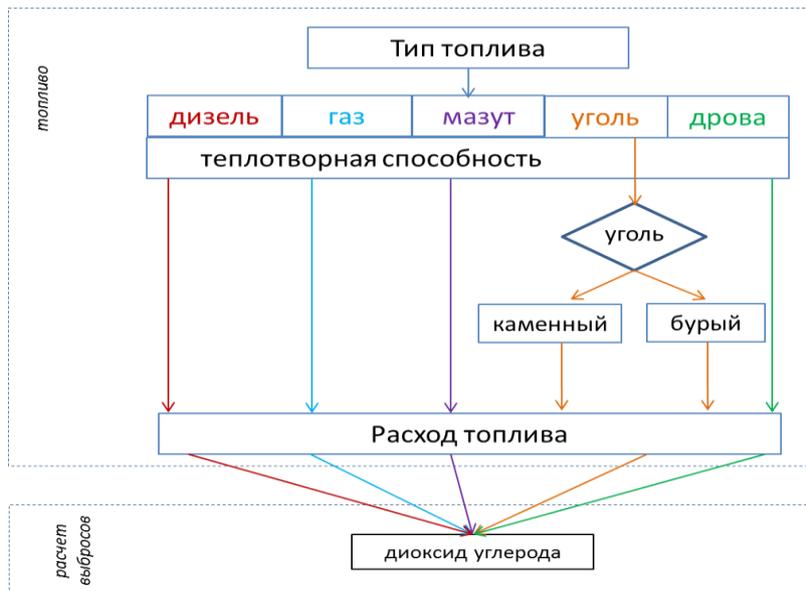
Реализованная в модели оценки количественных показателей выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от дизельных электростанций, технология расчета в зависимости от мощностной группы и наработанного моторесурса оборудования представлена на рис. 3.



**Рис. 3.** Технология расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от дизельных электростанций

В блоке *оборудование* осуществляется не только ввод расхода дизельного топлива, но и указание мощности дизельгенераторов, которые, в соответствии с методикой расчета выбросов от ДЭС [5], подразделены на четыре группы: А – маломощные, быстроходные дизельгенераторы или дизель-электрический агрегат; Б – средней мощности, средней быстроходности и быстроходные (автоматизированный дизель-электрический агрегат); В – мощные, средней быстроходности (буровой агрегат, дизельгенератор ДГ-400); Г – мощные, повышенной быстроходности, многоцилиндровые. В основе методики заложены значения удельных выбросов в атмосферу для семи загрязняющих веществ (см. рис. 3) в зависимости от проведения капитального ремонта оборудования.

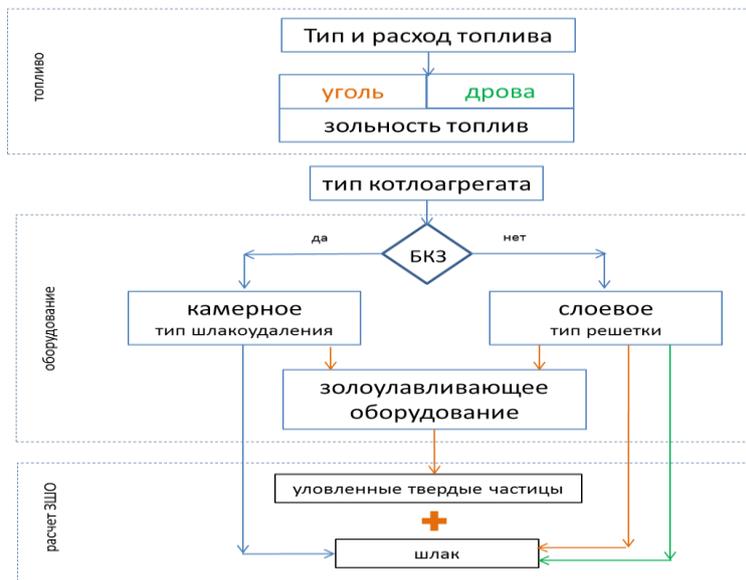
**1.2 Выбросы парниковых газов в атмосферу.** В моделях определения экологических характеристик всех категорий энергообъектов предусмотрена технология расчета выбросов парниковых газов, в частности CO<sub>2</sub>, в зависимости от вида топлива (рис. 4).



**Рис. 4.** Технология расчета массы выбросов диоксида углерода в атмосферу от всех категорий энергообъектов

Представленная технология расчета выбросов парниковых газов (CO<sub>2</sub>) достаточно простая, поскольку зависит только от вида топлива, его теплотворной способности и суммарного расхода на производство тепловой и/или электрической энергии.

**1.3 Образующиеся золошлаковые отходы.** В моделях определения экологических характеристик ТЭС и котельных реализована технология расчета массы золошлаковых отходов (ЗШО), представленная в общем виде на рис. 5.

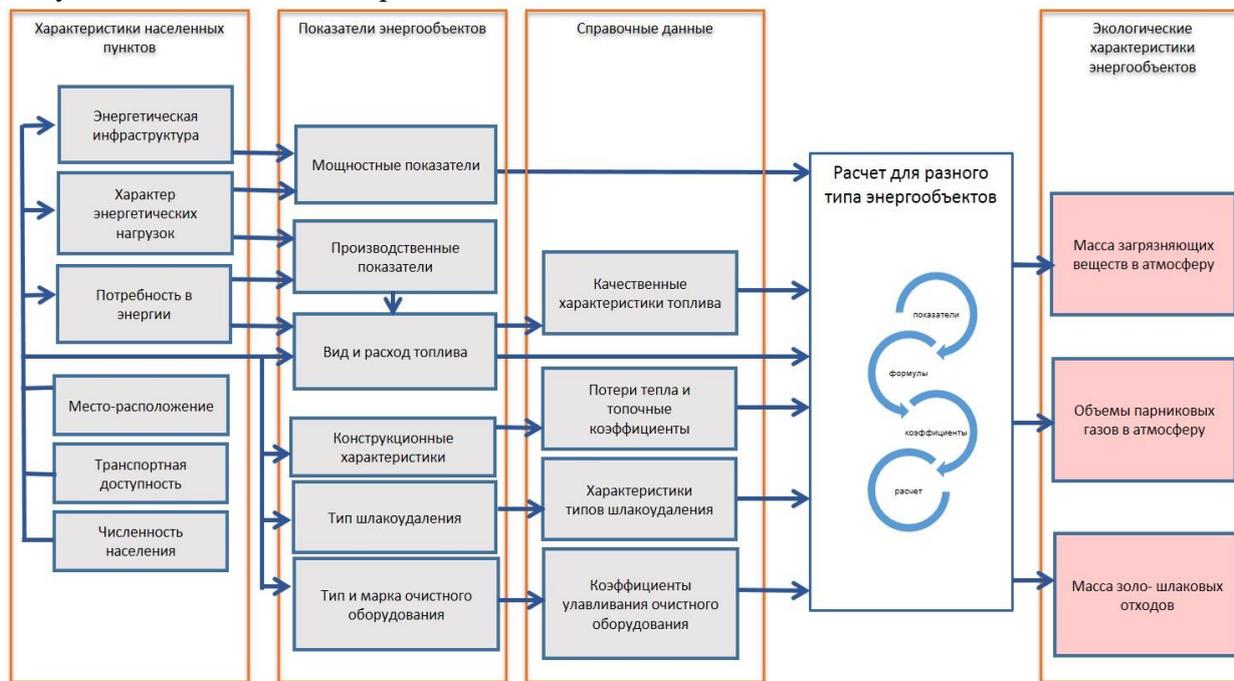


**Рис. 5.** Технология расчета массы золошлаковых отходов от ТЭС и котельных, сжигающих твердое топливо

Как и в случае с расчетом выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, расчет массы золошлаковых отходов предполагает три основных блока. При этом расчет предусмотрен лишь для энергообъектов различной мощности, сжигающих твердое топливо (уголь и дрова). Важное значение в данном расчете имеет функционирование золоулавливающего оборудования, поскольку, в зависимости от степени улавливания твердых золовых частиц, масса зо-

лошлаковых отходов будет изменяться: чем больше уловили, тем большее количество ушло в отходы.

**2. Информационное наполнение моделей.** В общем виде всю информацию, необходимую для определения экологических характеристик функционирования энергетических объектов, можно представить в виде трех крупных блоков с характеристикой населенных пунктов, показателями энергообъектов и справочными данными по качественным характеристикам топлива, энергетическому и улавливающему оборудованию. Агрегировано связи между блоками показаны на рис. 6.



**Рис. 6.** Связи между блоками информации для определения экологических характеристик функционирования энергообъектов

Более подробно всю необходимую информацию для определения экологических характеристик в соответствии с технологиями расчетов можно подразделить на несколько блоков: Б1 «Характеристика населенного пункта», Б2 «Производственно-технические показатели энергообъектов», Б3 «Сведения об используемом топливе», Б4 «Показатели процесса сжигания», Б5 «Характеристика природоохранного оборудования» и Б6 «Расчетные экологические показатели» (рис. 7).

Блок Б1 включает в себя основные составляющие, характеризующие каждый населенный пункт: субъект РФ, административный район, название, координаты месторасположения, наличие или отсутствие автомобильных и железных дорог, численность населения, объем потребления тепловой и электрической энергии, максимум нагрузок.

Блок Б2 включает общие сведения обо всех энергоисточниках, функционирующих в конкретном населенном пункте: состав и тип оборудования, установленная мощность, производство тепловой и электрической энергии. Энергоисточники могут быть подразделены на группы объектов, сжигающих различные виды органического топлива (уголь, газовое топливо, древесное топливо, мазут). Кроме того, для котельных и тепловых электростанций указываются тип и марка котлоагрегатов, номинальная и фактическая паро- и теплопроизводительность котлов, тип топочного устройства, конструкция горелок, тип шлакоудаления и золоулавливающего оборудования. Для дизельных электростанций дополнительной информацией служат тип двигателей, износ оборудования, моторесурс наработки, число цилиндров, число оборотов, сведения о капитальных ремонтах.



**Рис. 7.** Информационное наполнение блоков моделей для определения экологических характеристик функционирования энергообъектов

Блок B3 содержит данные о качественных характеристиках различных типов (марок) топлива. Например, уголь бурый или каменный, мазут топочный малосернистый, среднесернистый или высокосернистый и т.д. Для углей указывается месторождение. Качественный состав и технические характеристики топлива, сжигаемого на энергетических объектах, включают: зольность, содержание серы, азота, углерода, водорода, кислорода, влажность, теплотворную способность, количество ванадия в 1 т мазута, доля серы, связываемая летучей золой в топке и гранулометрический состав.

Блок B4 охватывает сведения о способе сжигания топлива, конструкции горелок, типе топочного оборудования и пр., которые позволяют определить необходимые для расчета показатели, характеризующие процесс сжигания топлив. К таким показателям относятся: химический и механический недожог топлива, доля золы в уносе, доля шлака в топке, коэффициент избытка воздуха, коэффициенты, учитывающие конструкцию горелки, тип шлакоудаления, качество топлива, избыток воздуха, ступенчатый ввод воздуха в топку, а также площадь зеркала горения в топке, тепловое напряжение зеркала горения и топочного объема, объем топочной камеры, коэффициент, учитывающий влияние очистки поверхностей нагрева котла, коэффициент типа колосниковой решетки и вида топлива, степень рециркуляции уходящих газов, коэффициент, учитывающий рециркуляцию газов, коэффициент, характеризующий схему подачи воздуха в топку, доля воздуха, подаваемого в промежуточную зону факела, доля ванадия, оседающего с твердыми частицами на поверхностях нагрева.

Блок B5 включает данные о характеристиках очистного оборудования, производительности и степени улавливания загрязняющих веществ из уходящих газов котельной установки. В перечень показателей этого блока включены данные: тип и марка очистного оборудования, степень золоулавливания, степень улавливания мазутной золы, доля оксидов серы, уловленная в мокром золоуловителе, доля оксидов серы, уловленная в сероулавливающих установках, коэффициент улавливания бенз(а)пирена в золоуловителях, доля оксидов азота, уловленная в установках по связыванию азота, эффективность природоохранных технологий ДЭС.

Блок B6 содержит выходные расчетные показатели, включающие массу выбросов в атмосферу от объектов энергетики твердых частиц, оксидов серы, азота, углерода, бенз(а)пирена в зависимости от сжигаемого топлива. В состав загрязняющих веществ от ди-

зельных электростанций дополнительно включены формальдегид, углеводороды и сажа. Кроме того, в качестве выходных показателей выступают выбросы парниковых газов от стационарного сжигания в виде углекислого газа. В блоке Б6 определяется также и масса образующихся золошлаковых отходов от сжигания твердых топлив. Расчетные экологические характеристики объектов энергетики в зависимости от сжигаемого топлива представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Расчетные экологические характеристики объектов энергетики в зависимости от видов сжигаемого топлива

Экологическая характеристика	Вид сжигаемого топлива
Твердые частицы	уголь, древесное топливо, мазут
Оксиды серы	уголь, мазут, дизельное топливо
Оксиды азота	уголь, древесное топливо, мазут, дизельное топливо, природный газ
Оксид углерода	
Диоксид углерода	
Бенз(а)пирен	уголь, древесное топливо, мазут, дизельное топливо
Формальдегид	дизельное топливо
Углеводороды	
Сажа	уголь, дизельное топливо, мазут
Мазутная зола в пересчете на пятиокись ванадия	мазут, нефть
Масса золошлаковых отходов	уголь, древесное топливо

Для информационного наполнения моделей определен источник информации каждого показателя и его доступность. Для показателей блока Б2 по крупным энергоисточникам из форм статистической отчетности и годовых отчетов генерирующих компаний можно получить некоторые основные показатели, экологические характеристики содержатся в обязательных экологических паспортах предприятий. Для объектов коммунальной энергетики (котельным и дизельным электростанциям) подобная информация в статистике не отражается. Паспорта ЖКХ муниципальных образований, данные министерств субъектов РФ и эксплуатирующих организаций чаще всего содержат противоречивую информацию, вследствие чего получить достоверные сведения возможно лишь при обследовании таких энергообъектов на местах. Кроме того, можно пользоваться данными статистической отчетности, официальными сайтами, годовыми отчетами генерирующих компаний. Эта информация требует постоянного обновления и мониторинга.

Набор показателей о качественных и технических характеристиках топлива в блоке Б3, как правило, представлен в зависимости от месторождений и содержится в справочной литературе, например, [11-15]. Для месторождений, данные по которым отсутствуют в справочниках, подобную информацию возможно получить непосредственно на месте использования по сертификатам топлива.

Информация для блока Б4 о способе сжигания топлива представлена справочными данными о топочных характеристиках котельных агрегатов, о конструкции горелочных устройств, типе шлакоудаления. Эта информация содержится в Методиках расчета и нормативном методе теплового расчета котельных агрегатов [5-9].

Справочная информация для блока Б5 о характеристиках очистного оборудования содержится в паспортных данных энергообъекта, а также в различных каталогах и статистических сборниках [16-18].

**Заключение.** Исходя из анализа утвержденных методик, сформирована последовательность выполнения действий для определения экологических характеристик функционирования объектов энергетики, которая позволила выделить показатели энергообъектов и справочные данные, необходимые для получения промежуточных показателей этапов исследований. При структурировании технологий расчета массы выбросов в атмосферу загрязняющих веществ и парниковых газов, и массы образующихся золошлаковых отходов для тепловых электростанций, котельных и дизельных электростанций выявлены основные влияющие показатели. Перечень экологических характеристик и сами технологии их расчета для разных категорий энергообъектов зависят от вида сжигаемого топлива и типа используемого оборудования.

При функционировании энергетических объектов необходимо иметь информацию не только по конкретной территории и конкретным предприятиям, но и справочные данные по показателям энергетических и природоохранных технологий. На основе проведенной систематизации информации, необходимой для наполнения моделей, выделены три крупных блока: характеристика населенных пунктов, показатели энергообъектов и справочные данные. Справочные данные можно подразделить на качественные характеристики топлива, показатели процесса сжигания и параметры улавливающего оборудования.

Проведенная систематизация информации, анализ разработанных расчетных моделей, структурирование технологий расчета экологических характеристик энергетических объектов позволят в дальнейшем сформировать базу данных и описать алгоритмы для автоматизации процесса вычисления.

**Благодарности.** Работа выполнена при поддержке гранта №075-15-2020-787 в виде субсидии на крупный научный проект Министерства науки и высшего образования России «Фундаментальные основы, методы и технологии цифрового мониторинга и прогнозирования экологической обстановки Байкальской природной территории».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Методика определения валовых выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от котельных установок ТЭС. РД 34.02.305-98/ВТИ. М. 1998.
2. Методика определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час. М.: Гос. комитет по охране окружающей среды Российской Федерации (при участии фирмы «Интеграл», Санкт-Петербург). 1999. 53 с.
3. Методическое письмо НИИ Атмосфера №335/33-07 от 17 мая 2000 г. «О проведении расчетов выбросов вредных веществ в атмосферу по «Методике определения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при сжигании топлива в котлах производительностью менее 30 тонн пара в час или менее 20 Гкал в час». СПб.:НИИ Атмосфера. 2000. 20 с.
4. Письмо НИИ Атмосфера № 838/33-07 от 11.09.2001. СПб.:НИИ Атмосфера.
5. Методика расчета выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных дизельных установок. СПб. 2001. 18 с.
6. Приказ Минприроды России от 30.06.2015 № 300 Об утверждении методических указаний и руководства по количественному определению объема выбросов парниковых газов организациями, осуществляющими хозяйственную и иную деятельность в Российской Федерации. Режим доступа: [https://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=1740](https://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=1740) (дата обращения: 20.07.2020).

7. Об утверждении отдельных методических документов в области охраны окружающей среды. Приказ министерства охраны окружающей среды Республики Казахстан от 18 апреля 2008 г. №100-п. Режим доступа: <http://new.ecogofond.kz/wpcontent/uploads/100-ves.pdf> (дата обращения: 24.10.2018).
8. Назмеев Ю.Г. Системы золошлакоудаления ТЭС. М.: Изд-во МЭИ. 2002. 572 с.
9. Сидельковский Л.Н., Юренев В.Н. Котельные установки промышленных предприятий: учебник для вузов. М.: Энергоатомиздат. 1988. 528 с.
10. Майсюк Е.П., Иванова И.Ю. Анализ существующих методов оценки воздействия энергетических объектов на окружающую среду // Информационные и математические технологии в науке и управлении. 2018. №4(12). С. 113-127. DOI: 10.25729/2413-0133-2018-4-12.
11. Вдовченко В.С. Энергетическое топливо СССР (ископаемые угли, горючие сланцы, торф, мазут и горючий природный газ). Справочник. М.: Энергоатомиздат. 1991. 184 с.
12. Качественные характеристики угольной продукции России. Информационно-справочное издание. М.: Росинформуголь. 2006. 258 с.
13. Тепловой расчет котельных агрегатов (Нормативный метод). Под ред. Н.В. Кузнецова и др. М.: Энергия. 1973. 296 с.
14. Сведения о технических характеристиках углей, добываемых ООО «Компания «Востсибуголь». Режим доступа: <http://www.aovsu.ru/products/specification.asp> (дата обращения: 24.03.2021).
15. Алехнович А.Н. Характеристики и свойства энергетических углей. Челябинск: Цицеро. 2012. 549 с.
16. Очистка выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух при производстве продукции (товаров), а также при проведении работ и оказании услуг на крупных предприятиях. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (ИТС 22-2016). Федеральное агентство по Техническому регулированию и метрологии: Бюро НДТ. М. 2016. 212 с.
17. Сжигание топлива на крупных установках в целях производства энергии. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям (ИТС 38-2017). Федеральное агентство по Техническому регулированию и метрологии: Бюро НДТ. М. 2017. 280 с.
18. Справочник по удельным показателям выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для некоторых производств – основных источников загрязнения атмосферы. НИИ Атмосфера. МСЦ-В. СПб. 2001. С.26-27.

**INFORMATION CONTENT OF MODELS FOR DETERMINING THE  
ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS  
OF THE ENERGY FACILITIES FUNCTIONING**

**Elena P. Maysyuk**

PhD of economy,

Senior researcher of the Laboratory of energy supply for distributed consumers,

e-mail: [maysyuk@isem.irk.ru](mailto:maysyuk@isem.irk.ru)

**Irina Yu. Ivanova**

PhD of economy, Head of the Laboratory of energy supply for distributed consumers,

e-mail: [nord@isem.irk.ru](mailto:nord@isem.irk.ru)

**Roman A. Ivanov**

PhD in engineering, Researcher of the Laboratory of energy supply for distributed consumers,

e-mail: [crowndriver@gmail.com](mailto:crowndriver@gmail.com)

Melentiev Energy Systems Institute Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences  
664033, Irkutsk, Russia, Lermontov Str., 130.

**Abstract.** The article forms a sequence of actions to determine the environmental characteristics of the functioning of energy facilities. The indicators of energy facilities and reference data required to obtain intermediate indicators of research stages are presented. A description of the models for determining the mass of emissions of pollutants and greenhouse gases into the atmosphere and the mass of ash and slag waste are described. The models are developed on the basis of approved methodologies for thermal power plants, boiler houses and diesel power plants. It is shown that technologies for calculating environmental characteristics for each category of energy facilities depend on the type of fuel burned and the type of equipment used. The systematization of information for models to determining the environmental characteristics of the functioning of energy facilities has been carried out. All the necessary information is presented in the form of three large blocks: characteristics of settlements; indicators of energy facilities; reference data on types of fuel, energy and capture equipment. A detailed description of the indicators of each block of information is given. The dependence of the list of determined environmental characteristics of energy facilities on the type of burned fuel is shown. The sources of information and the availability of obtaining indicators for each block are indicated.

**Keywords:** calculation technology, pollutants, greenhouse gases, ash and slag waste, systematization of information, reference data, indicators of energy facilities.

**Acknowledgements:** The work was supported by the grant №075-15-2020-787 in the form of a subsidy for a Major scientific project from Ministry of Science and Higher Education of Russia «Fundamentals, methods and technologies for digital monitoring and forecasting of the environmental situation on the Baikal natural territory».

**REFERENCES**

1. Metodika opredeleniya valovykh vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu ot kotel'nykh ustanovok TES [Methodology for determining gross emissions of pollutants into the atmosphere from boiler plants of thermal power plants.]. RD 34.02.305-98/VTI. M. 1998 (in Russian)
2. Metodika opredeleniya vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu pri szhiganii topliva v kotlakh proizvoditel'nost'yu meneye 30 tonn para v chas ili meneye 20 Gkal v chas. M.: Gos. komitet po okhrane okruzhayushchey sredy Rossiyskoy federatsii [He methodology for determining emissions of pollutants into the atmosphere when burning fuel in boilers with a capacity of less than 30 tons of steam per hour or less than 20 Gcal per hour.

- М.: State. Committee on Environmental Protection of the Russian Federation]. 1999. 53 p. (in Russian)
3. Metodicheskoye pis'mo NII Atmosfera №335/33-07 ot 17 maya 2000 g. «O provedenii raschetov vybrosov vrednykh veshchestv v atmosferu po «Metodike opredeleniya vybrosov zagryaznyayushchikh veshchestv v atmosferu pri szhiganii topliva v kotlakh proizvoditel'nost'yu menee 30 tonn para v chas ili menee 20 Gkal v chas» [Methodical letter of the Research Institute of Atmosphere № 335 / 33-07 of May 17, 2000 “On the calculation of emissions of harmful substances into the atmosphere according to the“ Methodology for determining emissions of pollutants into the atmosphere when burning fuel in boilers with a capacity of less than 30 tons of steam per hour or less 20 Gcal per hour ”]. SPb.: NII Atmosfera = Research Institute Atmosphere. 2000. 20 p. (in Russian)
  4. Pis'mo NII Atmosfera № 838/33-07 ot 11.09.2001. [Letter of the Atmosphere Research Institute № 838/33-07 dated 11.09.2001]. SPb.: NII Atmosfera = Research Institute Atmosphere (in Russian)
  5. Metodika rascheta vybrosov zagryaznyayushchih veshchestv v atmosferu ot stacionarnykh dizel'nykh ustanovok [Methodology for calculating emissions of pollutants into the atmosphere from stationary diesel installations]. SPb. 2001. 18 p. (in Russian)
  6. Prikaz Minprirody Rossii ot 30.06.2015 № 300 Ob utverzhdenii metodicheskikh ukazaniy i rukovodstva po kolichestvennomu opredeleniyu ob"ema vybrosov parnikovyykh gazov organizatsiyami, osushchestvlyayushchimi hozyajstvennyuyu i inuyu deyatel'nost' v Rossijskoj Federacii [Order of the Ministry of Natural Resources of the Russian Federation № 300 of 30.06.2015 On the Approval of Methodological Guidelines and Guidelines for the Quantitative Determination of Greenhouse Gas Emissions by Organizations Engaged in Economic and Other Activities in the Russian Federation]. Available at: [https://www.rosteplo.ru/Npb\\_files/npb\\_shablon.php?id=1740](https://www.rosteplo.ru/Npb_files/npb_shablon.php?id=1740) (accessed 20.07.2020) (in Russian)
  7. Ob utverzhdenii otдел'nykh metodicheskikh dokumentov v oblasti ohrany okruzhayushchej sredy. Prikaz ministerstva ohrany okruzhayushchej sredy Respubliki Kazahstan ot 18 aprelya 2008 g. № 100-p. [On approval of separate methodological documents in the field of environmental protection. Order of the Ministry of Environmental Protection of the Republic of Kazakhstan of April 18, 2008 № 100-p.]. 2008. Available at: <http://new.ecogofond.kz/wp-content/uploads/100-ves.pdf> (accessed 24.10.2018) (in Russian)
  8. Nazmeev YU.G. Sistemy zoloshlakoudaleniya TEHS [Ash-and-slag removal systems of thermal power plants]. Moscow. Izd-vo MEI = MPEI Publishing House. 2002. 572 p. (in Russian)
  9. Sidelkovsky L.N., Yurenev V.N. Kotel'nye ustanovki promyshlennykh predpriyatij [Boiler installations of industrial enterprises]. Moscow. Energoatomizdat Publ. 3rd ed. 1988. 528 p. (in Russian)
  10. Maysyuk Ye.P., Ivanova I.YU. Analiz sushchestvuyushchikh metodov otsenki vozdeystviya energeticheskikh ob"ektov na okruzhayushchuyu sredu [Analysis of existing methods for assessing the impact of energy facilities on the environment] // Informatsionnyye i matematicheskiye tekhnologii v nauke i upravlenii = Information and mathematical technologies in science and management. 2018. №4 (12). Pp. 113-127. DOI: 10.25729/2413-0133-2018-4-12 (in Russian)
  11. Vdovchenko V.S. Energeticheskoe toplivo SSSR (iskopaemye ugli, goryuchie slancy, torf, mazut i goryuchij prirodnyj gaz): Spravochnik [Energy fuel of the USSR (fossil coals, oil

- shale, peat, fuel oil and combustible natural gas): Reference book]. M.: Energoatomizdat, 1991. 184 p. (in Russian)
12. Kachestvennye harakteristiki ugol'noj produkcii Rossii. Informacionno-spravochnoe izdanie. [Qualitative characteristics of coal products in Russia. Information and reference edition]. M.: Rosinformugol' = Rosinformugol, 2006. 258 p. (in Russian)
  13. Teplovoj raschet kotel'nyh agregatov (Normativnyj metod) [Thermal calculation of boiler units (Standard method)]. M.: Energiya – Energy. 1973. 296 p. (in Russian)
  14. Svedeniya o tekhnicheskikh harakteristikah uglej, dobyvaemyh OOO «Kompaniya «Vostsibugol'». [Information about the technical characteristics of coals produced by LLC "Company "Vostsibugol"']. Available at: <http://www.aovsu.ru/products/specification.asp> (accessed 24.03.2021) (in Russian)
  15. Alekhnovich A.N. Harakteristiki i svoystva energeticheskikh uglej [Characteristics and properties of energy coals]. Chelyabinsk: Tsitsero = Pica. 2012. 549 p. (in Russian)
  16. Ochistka vybrosov vrednyh (zagryaznyayushchih) veshchestv v atmosferyj vozduh pri proizvodstve produkcii (tovarov), a takzhe pri provedenii rabot i okazanii uslug na krupnyh predpriyatiyah. Informacionno-tekhnicheskij spravochnik po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam (ITS 22-2016) [Cleaning of emissions of harmful (polluting) substances into the atmospheric air during the production of products (goods), as well as during the work and provision of services at large enterprises. Information and Technical Guide to the best available Technologies (ITS 22-2016)]. Federal Agency for Technical Regulation and Metrology: Bureau of NDT. M. 2016. 212 p. (in Russian)
  17. Szhiganie topliva na krupnyh ustanovkah v celyah proizvodstva energii. Informacionno-tekhnicheskij spravochnik po nailuchshim dostupnym tekhnologiyam (ITS 38-2017) [Fuel combustion in large installations for energy production. Information and Technical Guide to the best available Technologies (ITS 38-2017)]. Federal Agency for Technical Regulation and Metrology: Bureau of NDT. M. 2017. 280 p. (in Russian)
  18. Spravochnik po udel'nyh pokazatelyam vybrosov zagryaznyayushchih veshchestv v atmosferu dlya nekotoryh proizvodstv – osnovnyh istochnikov zagryazneniya atmosfery [Handbook on specific indicators of emissions of pollutants into the atmosphere for some industries – the main sources of atmospheric pollution]. Atmosphere Research Institute. MSC-V. SPb. 2001. Pp. 26-27 (in Russian)

*Статья поступила в редакцию 08.07.2021; одобрена после рецензирования 26.08.2021; принята к публикации 28.09.2021.*

*The article was submitted 08.07.2021; approved after reviewing 26.08.2021; accepted for publication 28.09.2021.*