

## ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ ПОТЕНЦИАЛЬНОГО АЭРОТЕХНОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ТОПЛИВНО- ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (ТЭК) САНКТ-ПЕТЕРБУРГА И ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

*В.К.Донченко, директор НИЦЭБ РАН,  
Л.П.Романюк, А.В.Шепелева, НИЦЭБ РАН*

Состояние жизненной среды региона Санкт-Петербурга и Ленинградской области во многом определяется негативным воздействием выбросов промышленных предприятий в окружающий воздушный бассейн. За последние годы наблюдалось снижение количества выбросов веществ-загрязнителей (ВЗ) в атмосферу от стационарных источников (табл. 1) [11-13], что обусловлено, к сожалению, не структурной и технической модернизацией промышленности города и области, а общим спадом уровня производства, экономическими изменениями и снижением требований к отчетности в области охраны окружающей среды.

Несоответствие фактической экологической обстановки (по данным инструментальных проверок на предприятиях и измерений на контрольных пунктах Роскомгидромета) и данных статистической отчетности о выбросах веществ-загрязнителей в окружающий воздушный бассейн определили постановку задачи выбора и обоснования аналитического метода оценки уровня аэротехногенного воздействия промышленных предприятий.

Такая оценка источников аэротехногенного воздействия необходима при:

- прогностических исследованиях для определения вероятных негативных аэротехногенных воздействий предприятий-источников и выявления основных тенденций изменения экологической ситуации промышленного региона.

- исследованиях текущего состояния предприятий-источников для определения

возможностей их дальнейшего функционирования в прежнем технологическом режиме или для принятия решений о приведении последнего в соответствие с экологическими требованиями и о замене оборудования.

- определении компенсационных затрат государства [1] на возмещение ущерба природной среде в процессе функционирования промышленных предприятий.

Тесная взаимосвязь экономики и экологической безопасности обусловлена, прежде всего, тем обстоятельством, что часть негативных последствий от техногенного загрязнения может проявиться в долгосрочной перспективе и сказаться не только на состоянии природных комплексов, но и на экономических результатах самой хозяйственной деятельности.

Поэтому положительное разрешение проблемы оздоровления воздушного бассейна региона Санкт-Петербурга и Ленинградской области, наряду с традиционными методами, стимулирует разработку новых эколого-экономических методов, позволяющих проводить оценку предприятий по критериям экологической безопасности.

Основу промышленности региона составляют предприятия тяжелого и среднего машиностроения, приборостроения, оборонного комплекса, энергетики; развиты пищевая и легкая промышленности.

В среднем вклад предприятий ТЭК в валовый выброс всех стационарных источников по данным 1991-1994 гг. составил: в Санкт-Петербурге – 44,5%, в Ленинградской области – 26,8% [11-13]. Т.е. можно говорить о приоритетном положении данной отрасли в техногенном загрязнении атмосферы региона и,

Таблица 1

**Выбросы загрязняющих веществ в атмосферу Санкт-Петербурга и Ленинградской области от стационарных источников.**

Территория	Валовый выброс загрязняющих веществ (тыс. тонн)								
	1987 г.	1988 г.	1989 г.	1990 г.	1991 г.	1992 г.	1993 г.	1994 г.*	1995 г.
Санкт-Петербург	260,9	236,4	191,5	191,5	180,6	150,9	127,6	104	76,5
Ленинградская область	624,6	572,2	537,9	575,3	543,8	474	385,2	281,1	254
Регион в целом	885,5	808,6	729,4	766,8	724,4	624,9	512,8	385,1	330,5

Примечание: данные за 1995 г. предоставлены Ленкомэкологии

следовательно, о важности мер по комплексному регулированию аэротехногенного воздействия на всех иерархических уровнях объектов ТЭК.

Все многообразие объектов ТЭК региона Санкт-Петербурга и Ленинградской области, как технических систем, которые в процессе производства целевой продукции – энергии – используют природное топливо и создают при этом потоки веществ-загрязнителей в атмосферу, можно разделить на несколько иерархических уровней:

- элементарный – единичные котлоагрегаты;
- локальный – топливно-энергетические предприятия (отдельные котельные, ТЭЦ);
- городской – ТЭК Санкт-Петербурга;
- региональный – ТЭК всего региона Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

В основу эколого-экономической оценки уровня потенциального аэротехногенного воздействия объектов ТЭК при их нормальном, регламентированном функционировании положена методология интегральной оценки техногенного воздействия различных видов хозяйственной деятельности, предложенная В.К.Донченко в [5] и имеющая практические приложения для системы подготовки принятия решений на различных иерархических уровнях, для построения прогностических моделей и сценариев развития экологической ситуации на анализируемых объектах, прилегающих к ним территориях и в регионе в целом на основе информации малого объема и в наглядной форме.

Уровень потенциального аэротехногенного воздействия объектов ТЭК может быть оценен с помощью следующих характеристик [5].

**Техногенные числа** (техногенная эквивалентная масса) ( $T_i$ ):

$$T_i = M_{Ti} \cdot I_i, \quad (1)$$

где:  $I_i$  – безразмерный техногенный индекс для  $i$ -го вредного вещества, характеризующий относительную токсичность этого вещества в сравнении с условным (единичным или базовым) веществом;

$M_{Ti}$  – физическая масса  $i$ -го вредного вещества (г, т), расчет которой проводится согласно методике определения количественных характеристик выбросов вредных веществ от промышленных и коммунально-бытовых котлоагрегатов и теплогенераторов [10].

Из большого числа веществ, загрязняющих атмосферный воздух, на которые установлены нормы предельно-допустимых концентраций (ПДК) в воздухе населенных мест, выделим четыре основных: зола, диоксид серы, оксид углерода и диоксид азота, как наиболее характерные для объектов, использующих в технологическом процессе природное топливо.

Единицу (1 г) техногенной эквивалентной массы предложено обозначать *tem*. Единица техногенной

эквивалентной массы *tem* фиксирует степень опасности 1 грамма-эквивалента вещества-загрязнителя.

В Санкт-Петербурге и Ленинградской области оценка уровня аэротехногенного воздействия объектов ТЭК затрудняется наличием в регионе большого числа таких объектов. Техногенные числа выделенного приоритетного списка веществ-загрязнителей для каждого источника приведут к избыточности информации и значительному усложнению процедуры оценки. Необходимы методические подходы для обобщения информации. Это реализуется путем перехода к обобщенным техногенным показателям.

**Обобщенное техногенное число** (суммарная техногенная эквивалентная масса) ( $T_0$ ) – количественный показатель для поликомпонентных техногенных потоков, определяемый суммой техногенных чисел индивидуальн их веществ:

$$T_0 = \sum_{i=1}^n T_i, \quad (2)$$

**Обобщенный индекс техногенного воздействия** ( $I_{OTB}$ ) – сумма произведений индексов техногенного воздействия отдельных веществ-загрязнителей ( $I_i$ ) на их весовые коэффициенты ( $p_i$ ) в поликомпонентном техногенном потоке:

$$I_{OTB} = \sum_{i=1}^n p_i I_i \quad (3)$$

$$p_i = \frac{M_{Ti}}{\sum_{i=1}^n M_{Ti}} = \frac{M_{Ti}}{M_T} \quad (4)$$

**Приведенное техногенное число (единичное –  $T_{in}$  и обобщенное –  $T_{no}$ )** – удельный количественный показатель техногенного воздействия, отнесенный на учетную единицу исходных компонентов и готовой продукции, площади (предприятия или территории), прибыли, на человека и т.п.

В территориальном аспекте приведенные техногенные числа характеризуют техногенную нагрузку от предприятий ТЭК региона на единицу площади отдельных районов Санкт-Петербурга, города в целом, области и региона и эффект техногенного влияния на здоровье каждого человека, зависящий от плотности проживающего на данной территории населения, что позволит создать систему экологического картирования, выявляющую остроту экологической ситуации в различных точках региона и прогнозировать ее [2].

**Потенциал техногенной опасности** определяется количеством техногенной эквивалентной массы, сосредоточенной в физическом объеме или физической массе источника техногенного воздействия.

Основным источником выбросов вредных

веществ в воздушную среду в промышленном производстве являются технологические процессы, в частности, на объектах ТЭК - процессы сжигания топлива. Поэтому проблема промышленных регионов с высокой концентрацией энергетических производств состоит в выборе того вида топлива, который обеспечил бы максимальный эколого-экономический эффект, заключающийся в экономически обоснованном использовании топлива в технологическом процессе с минимальным ущербом для окружающей природной среды, в частности для воздушного бассейна.

Обзор топливных ресурсов региона Санкт-

характеристикам, таким как содержание серы, золы, по удельному расходу топлива на получение единицы продукции и пр. Эти характеристики определяют экономическую эффективность использования топливных ресурсов и позволяют предположить эффект снижения объема вредных выбросов при переходе на те виды топлива, которые содержат меньше нежелательных примесей, в первую очередь золы, серы и азота.

Представленные выше интегральные характеристики позволяют создать дополнительный массив специфических данных о топливе, направленный на прогностическую оценку уровня

Таблица 2

#### Обзор первичных энергоресурсов для региона Санкт-Петербурга и Ленинградской области

Вид топлива	Место добычи
Уголь	Импортируется из Сибири и с Севера России (узнецкий и Печорский бассейны)
Природный газ	Подается в регион из республики Коми и северных районов Тюмени
Сырая нефть	Поступает из Западной Сибири и Ужты по трубопроводам и подается на завод "Иришинефтеоргсинтез" для переработки в нефтепродукты
Горючие сланцы	Добываются на шахтах АО "Ленинградсланец" Областью проводятся исследования с целью расширить употребление сланцев
Торф	Для региона характерны большие запасы торфа Область рассчитывает на 400 тыс.т в год кускового торфа и на 60 тыс.т в год торфяных брикетов

Таблица 3

#### Структура потребления топлива в регионе\*

Топливо	Доля в общем топливо-потреблении Санкт-Петербурга	Доля в общем топливо-потреблении Ленинградской области
Природный газ	84%	40%
Мазут топочный	9,60%	45,30%
Мазут флотский	1,70%	0,10%
Дизельное топливо	-	2,40%
Бензин	1,60%	1,80%
Керосин	-	0,10%
Уголь	2,60%	7,60%
Торф	-	0,60%
Сланцы	-	1,00%
Древесина	0,50%	0,60%

\* - по данным 1994 г. [14]

Санкт-Петербурга и Ленинградской области представлен в табл. 2, а структура топливопотребления региона - в табл. 3 [14].

Регулирование аэротехногенного воздействия предприятий ТЭК может быть обеспечено за счет улучшения качества сжигаемого топлива, традиционно оцениваемого по техническим

опасности объектов ТЭК при использовании этого топлива в технологическом процессе.

Определенная физическая масса (или объем) топлива может рассматриваться как самостоятельный источник аэротехногенного воздействия и характеризоваться своим аэротехногенным потенциалом. Сравнительная

Рис.1 Сравнительная характеристика аэротехногенных потенциалов одной тонны различных видов топлива.

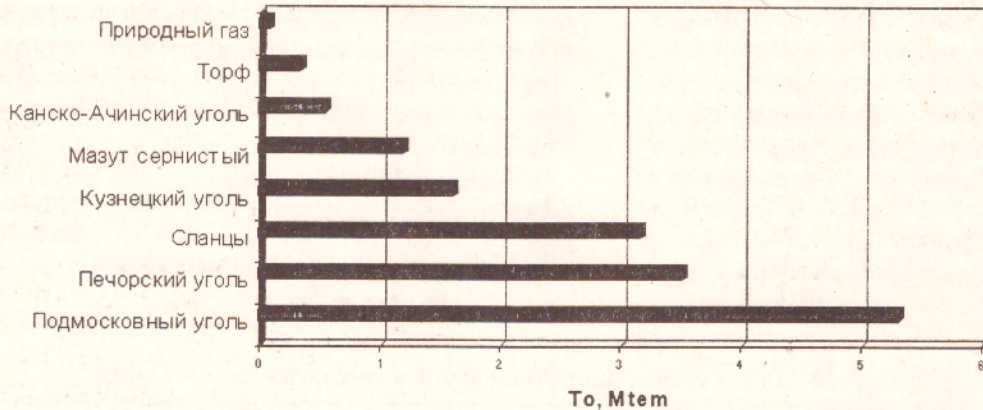
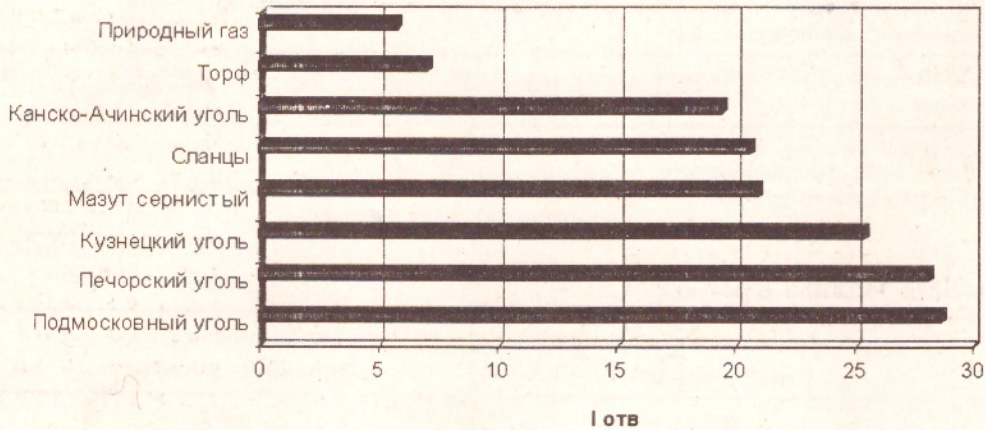


Рис.2 Сравнительная характеристика обобщённых индексов аэротехногенного воздействия различных видов топлива.



оценка таких потенциалов для тонны различных видов топливных ресурсов и углей некоторых бассейнов представлена на рис.1.

Независимые от объемов и масс сжигаемого топлива обобщенные индексы потенциального техногенного воздействия (рис.2), объединенные в единый показатель по определенному алгоритму с учетом данных о составе и структуре топливопотребления, позволяют оценить уровень аэротехногенного воздействия объектов ТЭК сразу по двум аспектам: количественно – по весовым долям веществ-ингредиентов в общей массе техногенного потока, и качественно – с использованием ПДК на составляющие этого потока. Объединенный индекс техногенного воздействия общего топливопотребления объекта ТЭК дает возможность перехода от абсолютной (в тоннах, куб.м) и относительной (в %) [9] систем контроля образующихся отдельных веществ-загрязнителей к балльной системе оценки уровня вероятного суммарного аэротехногенного воздействия этих ВЗ.

Наиболее показательными с эколого-

экономической точки зрения и имеющими важное практическое значение в системе принятия решений по технологической подготовке производства являются удельные величины аэротехногенных потенциалов топлив, приходящихся на единицу тепла (ккал) и электрической энергии (кВт-ч) (рис.3,4).

Описанный выше массив эколого-экономических характеристик топлив предоставляет возможность оценить уровень потенциального аэротехногенного воздействия как единичного оборудования, так и топливно-энергетического комплекса всего региона по данным о структуре и составе

топливопотребления исследуемого объекта (табл. 4, 5, 6).

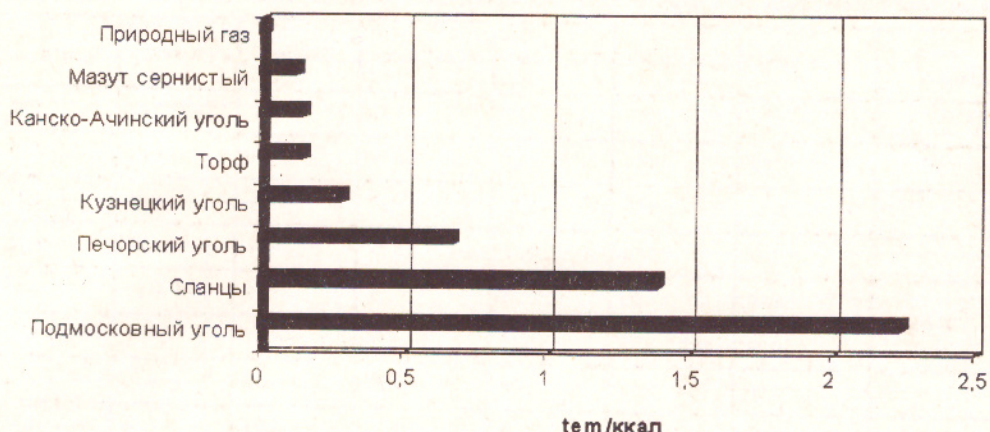
Элементарный уровень занимают единичные котлоагрегаты, значительное количество которых в регионе Санкт-Петербурга и Ленинградской области работает на газе (85%); остальные используют мазут и уголь [14].

Наиболее крупными объектами локального уровня в регионе Санкт-Петербурга и Ленинградской области являются ТЭЦ АО "Ленэнерго".

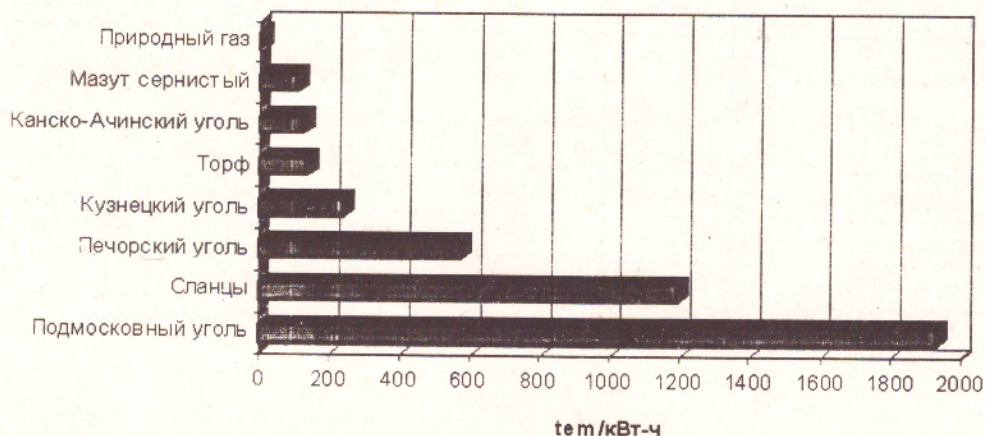
Определяющая роль энергетического сектора в обеспечении стратегии устойчивого социально-экономического развития на территориальном и национальном уровнях обусловила повышенный интерес правительств к выбору и практической реализации эффективных методов повышения экологической безопасности предприятий ТЭК.

В рыночной экономике государственное регулирование природоохранной деятельности осуществляется путем разумного сочетания директивных и экономических методов. Примером этого может служить реализация принципа

**Рис.3 Сравнительная характеристика аэротехногенных потенциалов различных видов топлива, приведённых к единице тепла.**



**Рис.4 Сравнительная характеристика аэротехногенных протенциалов различных видов топлива, приведённых к единице электрической энергии.**



“загрязнитель платит”. Директивно устанавливается плата за выбросы и сбросы. Ставки платежей, как правило, дифференцированы по отраслям. В результате создаются конкурентные преимущества для экологически безопасных предприятий и экологически чистых товаров.

Сложность выполнения обязательств по обеспечению экологической безопасности на предприятиях с устаревшей технологией и оборудованием инициирует процесс соглашений между предприятиями и государственными органами о поэтапном достижении экологических нормативов. Условия данных соглашений и контроль за их выполнением определяют содержательную часть экологической политики государства для различных сфер деятельности и конкретных хозяйственных субъектов.

В условиях свободной конкуренции эта модель работает эффективно, однако, когда процесс государственного регулирования касается естественных монополий, то часто оказывается, что потребитель через покупку товара платит загрязнителю, чтобы тот внес плату за выбросы.

Концептуальное отличие предлагаемого подхода заключается в том, что по данным обследования предприятия определяется величина выбросов и сбросов непосредственно в денежном выражении суммы ущерба природной среде (табл. 7).

Метод позволяет проводить сравнительную оценку как ТЭК региона или страны в целом, так и отдельных его предприятий, включая единичное оборудование и виды топлива. Каждое предприятие может быть представлено последовательностью качественных и количественных техногенных спектров по всей технологической цепочке ТЭК.

Таблица 4

**Динамика изменения уровня потенциального аэротехногенного воздействия объектов ТЭ АО "Ленэнерго" Санкт-Петербурга**

1990 год		1992 год		1994 год	
To, Гтем	I отв	To, Гтем	I отв	To, Гтем	I отв
2085,82	15,57	2348,88	16,770	1541,27	15,25
1616,7	15,29	1925,10	16,710	1204,30	14,92

Такая информация дает возможность провести анализ процессов на предприятиях ТЭК по критериям экологической безопасности и степени воздействия на природную среду с целью выявления структуры ущерба в денежном выражении.

Решение спорных вопросов и проведение дополнительных экспертиз (как со стороны государственных органов, так и со стороны

Таблица 5

## Сравнительная оценка уровня потенциального аэротехногенного воздействия единичных котлоагрегатов

Тип котла	Вид основного топлива	Ti зол. (tem)	Ti so2 (tem)	Ti co (tem)	Ti no2 (tem)	To (tem)	tem/ккал	Ютв
ДКВР 4-13	газ	0,00	0,00	0,18	3,93	4,11	0,01	5,73
ДКВР 6,5-13	газ	0,00	0,00	0,3	6,44	6,74	0,01	5,73
ДКВР 10-13	газ	0,00	0,00	0,46	9,83	10,29	0,01	5,73
ДКВР 20-13	газ	0,00	0,00	0,92	19,65	20,57	0,01	5,73
ДЕ 25-14-ГН	газ	0,00	0,00	1,57	33,57	35,15	0,01	5,73
ПТВМ-30	газ	0,00	0,00	4,44	94,61	99,06	0,01	5,73
ПТВМ-50	газ	0,00	0,00	5,74	122,27	128,02	0,01	5,73
ПТВМ-100	газ	0,00	0,00	12,03	256,55	268,61	0,01	5,73
ПТВМ-180	газ	0,00	0,00	21,59	460,34	481,98	0,01	5,73
КВГМ-100	газ	0,00	0,00	10,69	227,8	238,51	0,01	5,73
КВГМ-180	газ	0,00	0,00	21,59	460,34	481,98	0,01	5,73
ДКВР-10	мазут	44,79	108,89	0,59	9,69	163,96	0,16	21,00
ДКВР-4	мазут	17,92	43,56	0,24	3,87	65,58	0,16	21,00
Универсал 5М	уголь	17,38	1,88	0,07	1,59	20,92	0,36	25,45
Универсал 6	уголь	20,89	2,26	0,08	1,91	25,14	0,36	25,45
Минск 1	уголь	24,59	2,66	0,1	2,25	29,6	0,36	25,45
Тула 3	уголь	29,95	3,24	0,12	2,74	36,05	0,36	25,45
Энергия 3М	уголь	30,87	3,34	0,12	2,83	37,16	0,36	25,45
Братск	уголь	48,62	5,26	0,2	4,45	58,52	0,36	25,45

Таблица 6

## Динамика изменения уровня потенциального аэротехногенного воздействия ТЭЦ Санкт-Петербурга и Ленинградской области

ТЭЦ	1990 год				1992 год				1994 год			
	To (Гтем)	Ютв	tem/ккал	tem/кВт-ч	To (Гтем)	Ютв	tem/ккал	tem/кВт-ч	To (Гтем)	Ютв	tem/ккал	tem/кВт-ч
ТЭЦ-1	-	-	-	-	-	-	-	-	13,5	7,28	0,012	0,22
ТЭЦ-2	146,4	13,74	0,035	37,21	90,60	11,10	0,022	26,03	51,9	10,91	0,023	24,15
ТЭЦ-5	104,1	13,87	0,036	26,51	126,70	14,89	0,045	26,71	98,1	13,71	0,035	22,91
ТЭЦ-7	43,7	7,58	0,013	13,28	54,30	9,21	0,018	16,21	44,8	9,07	0,017	15,46
ГРЭС-8	190,8	9,79	0,185	323,76	117,10	10,08	0,211	159,55	492,8	23,95	0,291	592,27
ТЭЦ-14	357,3	17,45	0,067	87,92	463,00	19,14	0,091	127,23	308,3	18,05	0,076	104,70
ТЭЦ-15	403,7	17,07	0,066	66,67	554,60	19,17	0,007	108,01	287,8	16,52	0,060	58,98
ТЭЦ-17	148,3	14,41	0,040	49,71	94,30	11,74	0,027	31,48	45,8	8,34	0,015	19,86
ГРЭС-19	4080,3	22,22	0,202	355,95	3406,0	22,22	0,204	353,64	2223,2	22,22	0,205	345,61
ТЭЦ-21	309,7	15,35	0,047	51,23	352,0	16,87	0,064	61,54	214,0	15,22	0,046	45,52
ТЭЦ-22	413,2	15,06	0,045	58,80	541,80	17,20	0,063	75,81	354,0	16,08	0,052	59,21

Таблица 7

## Динамика изменения ущерба природной среде при производстве энергии ТЭЦ Санкт-Петербурга и Ленинградской области\*

ТЭЦ	1990 год			1992 год			1994 год		
	Общий ущерб млн. \$	(x10-5) \$/ ккал	(x10-3) \$/ кВт-ч	Общий ущерб млн. \$	(x10-5) \$/ ккал	(x10-3) \$/ кВт-ч	Общий ущерб млн. \$	(x10-5) \$/ ккал	(x10-3) \$/ кВт-ч
ТЭЦ-1	-	-	-	-	-	-	1,08	0,10	0,02
ТЭЦ-2	11,71	0,28	2,980	7,25	0,19	2,08	4,15	0,18	1,93
ТЭЦ-5	8,33	0,29	2,120	10,14	0,34	2,14	7,85	0,28	1,83
ТЭЦ-7	3,54	0,10	1,060	4,34	0,14	1,30	3,58	0,14	1,24
ГРЭС-8	15,26	1,48	25,900	9,37	1,69	12,76	39,42	2,33	47,38
ТЭЦ-14	28,58	0,54	7,030	37,04	0,73	10,18	24,66	0,61	8,38
ТЭЦ-15	32,30	0,53	5,330	44,47	0,78	8,64	23,02	0,48	4,72
ТЭЦ-17	11,86	0,32	3,98	7,54	0,22	2,52	3,66	0,12	1,59
ГРЭС-19	326,42	1,62	28,48	272,48	1,63	28,29	177,86	1,64	27,65
ТЭЦ-21	24,78	0,38	4,1	28,16	0,48	4,92	17,12	0,37	3,64
ТЭЦ-22	33,06	0,36	4,7	43,34	0,5	6,06	28,32	0,42	4,74

\* - методологический расчет

предприятия) позволяет уточнить содержание соглашений и планов действий по достижению экологически и экономически приемлемого уровня

техногенного воздействия предприятия на природную среду.

## Литература

1. Блехшин И. Я., Донченко В. К., Донченко Я. В. Сравнительная оценка аэротехногенного воздействия стран Европы, США и Канады // Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН. СПб., 1994. 206 с.
2. Вишаренко В.С. Методологические принципы и основные механизмы минимизации ущерба окружающей среде // Региональная экология. 1994. № 2. С. 26-31.
3. Гусев А.А., Гусева И.Г. Об экономическом механизме экологически устойчивого развития // Экономика и математические методы. 1996. Т.32. Вып. 2. С. 67-76.
4. Донченко В.К. Система контроля состояния окружающей среды (СК СОС) для управления экологически безопасным развитием Санкт-Петербурга // Региональная экология. 1994. № 2. С. 39-50.
5. Донченко В.К. Системно-аналитический метод эколого-экономической оценки и прогнозирования потенциальной опасности техногенных воздействий на природную среду (экометрия) // Инженерная экология. 1996. № 3. С. 45-61.
6. Донченко В.К. Экологическая интеграция. Ч.1. Социально-экономические аспекты экологической интеграции России в мировое сообщество. СПб., 1995. 163 с.
7. Донченко В.К., Романик Л.П., Шепелева А.В. Интегральная оценка уровней техногенного воздействия предприятий топливно-энергетического комплекса на природную среду Санкт-Петербурга и Ленинградской области // Инженерная экология. 1996. № 3. С.80-92.
8. Кондратьев К.Я., Данилов-Данильян В.И., Донченко В.К., Лосев К.С. Экология и политика // Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН. СПб., 1993. 286 с.
9. Ландов В.А., Бабкина Л.Н., Песоцкая Е.В. Проблемы качественной и количественной оценки потенциала территории // Региональная экология. 1994. № 2. С. 12-17.
10. Тищенко Н.Ф. Охрана атмосферного воздуха. Расчет содержания вредных веществ и их распределение в воздухе. М: Химия, 1991. 368с.
11. Экологическая обстановка в Ленинградской области в 1992 г. (аналитический обзор) / Под ред. Н.Д.Сорокина. СПб., 1993. 270 с.
12. Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге в 1992 г. (аналитический обзор) / Под ред. Н.Д.Сорокина. СПб., 1993. 218 с.
13. Экологическая обстановка в Санкт-Петербурге и Ленинградской области в 1993-1994 гг. (аналитический обзор). СПб., 1994.
14. Энергетическая политика, рекомендуемая для Санкт-Петербурга и Ленинградской области. Проект TACIS. Обзор текущей ситуации // Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН. СПб., 1995.