

ADVANTAGES OF THE USE OF RISK ASSESSMENT FOR THE HEALTH OF THE POPULATION AT THE SUBSTANTIATION OF THE SIZES OF SANITARY-AND-PROTECTIVE ZONES FOR THERMAL POWER OBJECTS

Turos O.I., Petrosian A.A., Maremukha T.P., Morhulova V.V.

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ ОЦІНКИ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ПРИ ОБҐРУНТУВАННІ РОЗМІРІВ САНИТАРНО-ЗАХИСНИХ ЗОН ДЛЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

ТУРОС О.І.,
ПЕТРОСЯН А.А.,
МАРЕМУХА Т.П.,
МОРГУЛЬОВА В.В.

ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О.М. Марзєєва НАМН України», м. Київ, Україна

УДК 614.71:504.06:616-084

Ключові слова:
якість повітря, громадське здоров'я, оцінка ризику, теплоенергетичні об'єкти, санітарно-захисна зона.

Нині основою об'єднаної енергетичної системи України є тепла електроенергетика, на підприємствах якої виробляється близько 37% електроенергії [1], яка є одним з найбільших джерел забруднення довкілля. Українські теплоенергетичні об'єкти (ТЕО) мають один з найнижчих рівнів техніко-економічних і екологічних показників в Європі. Відповідно до імплементації Директиви 2001/80/ЄС і Директиви 2010/75/ЄС викиди теплових електростанцій (ТЕС)

в Україні від 4 до 40 разів перевищують стандарти Європейського Союзу [2-4].

Згідно з пп. 5.8, 7.13 «Державних санітарних правил планування та забудови населених пунктів. ДСП № 173-96» розмір санітарно-захисної зони (СЗЗ) для ТЕО встановлюється на підставі розрахунків розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі щодо сельбищної зони. Водночас вважається, що несприятливий вплив цих об'єктів на довкілля та санітарно-гігієнічні умови проживання

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОЦЕНКИ РИСКА ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ ПРИ ОБОСНОВАНИИ РАЗМЕРОВ САНИТАРНО-ЗАЩИТНЫХ ЗОН ДЛЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ
Турос Е.И., Петросян А.А., Маремуха Т.П., Моргулева В.В.

ГУ «Институт общественного здоровья им. А.Н. Марзеева НАМН Украины», г. Киев

Целью данной работы является анализ уровней риска для здоровья населения, проживающего в зоне воздействия теплоэнергетических объектов при обосновании размеров санитарно-защитных зон.

Материалы и методы. В рамках проведенного исследования выбрана тепловая электростанция, которая находится в Киевской области и работает на угле. Определение контрольных точек обусловлено метеорологическими и топографическими особенностями исследуемой территории, влияющими на характер пространственного распределения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на границе жилой застройки (на расстояниях 400-11000 м). Для расчета усредненных концентраций (годовых, суточных, месячных и годовых) использован программный комплекс ISC-AERMOD.

Расчет критериев риска осуществлен согласно утвержденной процедуре оценки риска для здоровья населения, рекомендованной Агентством США по охране окружающей среды и Всемирной организацией здравоохранения.

Результаты. Показана неоднородность пространственного загрязнения атмосферного воздуха от выбросов приоритетных загрязняющих веществ (серы диоксида, азота диоксида, углекислого оксида, пыли НДПС, ВЧ₁₀) ТЭС на границе жилой застройки. Установлено, что уровни неканцерогенного риска для здоровья населе-

ния (при суточном воздействии) превышают допустимые уровни только для пыли НДПС и ВЧ₁₀ (НҚ=1, 1÷2,5). Проведены дополнительные расчеты уровней индивидуального риска смерти от ВЧ₁₀, которые на исследуемой территории колеблются — $IRM = 3,6 \times 10^{-5} \div 7,7 \times 10^{-4}$ и являются недопустимыми для проживания населения в 17 контрольных точках. Полученные результаты подтверждают необходимость проведения мониторинговых исследований ВЧ₁₀ и ВЧ_{2.5} в приземном слое атмосферы в зоне воздействия ТЭС с целью разработки природоохранных и профилактических мероприятий при обосновании размеров СЗЗ.

Выводы. Проведенные исследования подтверждают «гипотезу» относительно взаимосвязи между длительной (хронической) экспозицией населения мелкодисперсной пылью при пространственном распространении на дальние расстояния (более 4000 м) и вероятностью дополнительной смертности. Это, в свою очередь, требует обоснованности при установлении размеров СЗЗ для теплоэнергетических объектов, учитывающая специфику пространственного распределения загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы, обусловленную метеорологическими и топографическими особенностями исследуемой территории. Что касается планирования мероприятий для снижения уровня риска в данном случае, то они должны базироваться на результатах более глубокой оценки разных аспектов существующих проблем и установлении степени их приоритетности на основании анализа «польза — вред».

Ключевые слова: качество воздуха, общественное здоровье, оценка риска, теплоэнергетические объекты, санитарно-защитная зона.

© Турос О.І., Петросян А.А., Маремуха Т.П., Моргульова В.В. СТАТТЯ, 2018.

населення, яке мешкає на прилеглих територіях, залишається значним. Особливо це стосується віддалених сельбищних територій, які потрапляють до зон впливу (понад 4000 м) ТЕО та не враховуються при встановленні СЗЗ [5, 6]. Таку ситуацію можна пояснити використанням високоємних та енергонеефективних технологій у виробничих процесах; висотою джерел викидів (у середньому понад 100 м) та температурою виходу газоповітряної суміші; дефіцитом земельних ресурсів населених місць і обмеженням можливості нецільового використання земель промислового та сільськогосподарського призначення. Це, у свою чергу, вимагає достовірних оцінок та вивчення закономірностей формування експозиційних навантажень впливу цих об'єктів на здоров'я населення, яке про-

живає у зонах неприйнятної ризику при обґрунтуванні розмірів санітарно-захисних зон.

Тому **метою** даної роботи є аналіз рівнів ризику для здоров'я населення, яке проживає у зоні впливу викидів ТЕС при обґрунтуванні розмірів санітарно-захисних зон.

Матеріали та методи. У рамках проведеного дослідження було обрано теплову електростанцію, яка розташована у Київській області та працює на вугіллі. Вибір дизайну досліджень (визначення контрольних точок) був обумовлений метеорологічними, топографічними особливостями та інфраструктурою досліджуваної території, які значним чином можуть впливати на характер просторового розподілу забруднюючих речовин у приземному шарі атмосферного повітря та житловій забудові на відстанях від 400 м до

11000 м (табл. 1). Координати 25 контрольних точок вимірювань було визначено за допомогою GPS навігатора та нанесено на електронну карту території дослідження у сервісі ArcMap 10.1. З метою отримання репрезентативних даних та виключення фонового забруднення атмосферного повітря у зоні впливу ТЕС при обґрунтуванні та встановленні санітарно-захисної зони було проведено просторову оцінку поширення забруднюючих речовин (сірки діоксиду, азоту діоксиду, вуглецю оксиду, зважених частинок недиференційованих за складом (пилу НДЗС), зважених частинок з аеродинамічним діаметром менше 10 мкм (PM_{10}) у приземному шарі атмосфери на підставі даних моделювання. Для розрахунку усереднених концентрацій (1-годинних, 24-годинних, місячних та річних концентрацій) забруднюючих речовин був використаний програмний комплекс ISC-AERMOD, до модулів якого введено метеорологічні дані, рельєф місцевості, параметри джерел та характеристики викидів, характеристика землекористування [7].

Для розрахунків ризику була використана загальна процедура методології оцінки ризику для здоров'я населення (Human Health Risk Assessment), розроблена та рекомендована Агентством США з охорони довкілля та ВООЗ, яка базувалася на використанні алгоритму, розробленого лабораторією якості повітря ДУ «ІГЗ ім. О.М. Марзєєва НАМН України» [8, 9].

Результати досліджень. На основі розрахованих рівнів експозиції (для 1-годинних, 24-годинних, місячних та річних концентрацій) були визначені рівні ризику, зумовлені забрудненням атмосферного повітря викидами пріоритетних забруднюючих речовин від викидів стаціонарних джерел ТЕС. Дослідження було проведено у 25 контрольних точках на межі житлової забудови у зимовий та літній періоди року.

Проведені розрахунки коефіцієнтів небезпеки (на рівні усередненої 1-годинної концентрації) при прогностичній оцінці песимістичного сценарію показали, що можливий інгаляційний вплив на здоров'я насе-

Таблиця 1
Характеристика контрольних точок у зоні впливу ТЕС

Шифр точки	Координати		Географічна прив'язка	
	Широта	Довгота	Населений пункт	Відстань від джерела забруднення, м
A	50°08'12.6"Пн	30°44'56.5"С	Українка	388
B	50°08'07.8" Пн	30°44'14.7"С	Українка	770
C	50°08'49.5"Пн	30°45'03.4"С	Українка	1531
D	50°09'10.3"Пн	30°44'32.6"С	Українка	2193
E	50°09'29.0"Пн	30°44'00.7"С	Українка	2921
F	50°08'25.1"Пн	30°44'24.0"С	Українка	945
G	50°08'16.8"Пн	30°43'20.5"С	Українка	1892
H	50°07'30.9"Пн	30°39'07.0"С	Обухів	6909
I	50°07'05.5"Пн	30°37'49.8"С	Обухів	8550
J	50°6'29.12"Пн	30°37'39.77"С	Обухів	9032
K	50°6'9.26"Пн	30°36'56.28"С	Обухів	10049
L	50°5'11.95"Пн	30°36'25.30"С	Обухів	11333
M	50°6'37.47"Пн	30°41'16.90"С	Дерев'яна	4980
X	50°06'57.9"Пн	30°41'40.0"С	Дерев'яна	4274
N	50°4'43.42"Пн	30°40'30.26"С	Красне Перше	8001
O	50°5'44.27"Пн	30°44'3.87"С	Щербанівка	4308
P	50°7'12.54"Пн	30°45'22.21"С	Трипілля	1600
Q	50°06'56.5"Пн	30°46'15.9"С	Трипілля	2577
R	50°07'29.4"Пн	30°46'44.8"С	Трипілля	2446
S	50°7'5.04"Пн	30°47'6.18"С	Трипілля	3160
Y	50°07'21.9"Пн	30°46'21.2"С	Трипілля	2136
T	50°6'59.65"Пн	30°49'5.45"С	Халеп'я	5381
U	50°4'40.93"Пн	30°46'35.21"С	Жуківці	6495
V	50°9'43.20"Пн	30°40'34.77"С	Таценки	6009
W	50°10'19.2"Пн	30°43'43.6"С	Плюти	4497

ADVANTAGES OF THE USE OF RISK ASSESSMENT FOR THE HEALTH OF THE POPULATION AT THE SUBSTANTIATION OF THE SIZES OF SANITARY-AND-PROTECTIVE ZONES FOR THERMAL POWER OBJECTS

Turoso O.I., Petrosian A.A., Maremukha T.P., Morhulova V.V.

State Institution «O.M. Marzeyev Institute for Public Health of the NAMSU», Kyiv, Ukraine

Objective: We analyzed the levels of the risk for the health of the population, living in a zone of the impact of thermal power objects at the substantiation of the sizes of sanitary-and-protective zones.

Materials and methods: For the study we chose the coal-fired thermal power plant in the Kiev region. Determination of the control points depended on the meteorological and topographic peculiarities of the studied territory that affected the character of the spatial dissemination of the pollutants in ambient air on the boundary of residential building (at the distances from 400 to 11000 m). For the calculation of averaged concentrations (annual, monthly, daily) we used the ISC-AERMOD software complex. The calculation of risk criteria was carried out according to adopted procedure of risk assessment, recommended by the US Environmental Protection Agency and the World Health Organization.

Results: The inhomogeneity of the spatial pollution of ambient air of the TEP on the boundary of residential building from the emissions of the foreground pollutants (sulfur dioxide; nitrogen dioxide; carbon oxide; dust, undifferentiated by the composition (DUC); PM_{10}) is demonstrated. The levels of non-carcinogenic risk for the health of the popula-

tion (at daily exposure) were established to be exceeded only for dust, undifferentiated by the composition (DUC) and PM_{10} ($HQ=1.1 \div 2.5$).

Additional calculations of the levels of the individual risk of the death of PM_{10} were performed. Those levels fluctuated at studied territories: $IRM = 3,6 \times 10^{-5} \div 7,7 \times 10^{-4}$ and were inadmissible for the residence of the population in 17 control points. Obtained results confirm a necessity for the monitoring investigations for PM_{10} and $PM_{2,5}$ in atmospheric surface layer in a zone of the impact of TPP in order to develop the environmental protective and preventive measures at the substantiation of the sizes of sanitary-and-protective zones.

Conclusions: Performed investigations prove «a hypothesis» on the correlation between long (chronic) exposure of the population with fine dust at spatial dissemination for long distances (over 4000 m) and probability of additional mortality. It requires the substantiation at the determination of sanitary-and-protective zones for thermal power objects, taking into account a specificity of spatial dissemination of the pollutants in the atmospheric surface layer, stipulated by the meteorological and topographic peculiarities of studied territory. As to the planning of measures for the reduction of risk levels in this case, they should be based on the results of more thorough evaluation of different aspects of existing problems and determination of the degree of their priority on the basis of the «benefit-harm» analysis.

Keywords: air quality, public health, risk assessment, thermal power objects, sanitary protection zone/

лення, характерний ($HQ \geq 1$) у контрольних точках (КТ) для пилу $HDZC$ – КТ Т ($HQ=4,3$); КТ G ($HQ=4,0$); КТ F ($HQ=3,8$); КТ А ($HQ=3,7$); КТ U ($HQ=2,04$); КТ В ($HQ=2,1$); КТ Е ($HQ=1,7$); КТ С ($HQ=1,4$); КТ D ($HQ=1,4$); $ZЧ_{10}$ – відсутність критеріїв оцінки якості повітря не дала змогу оцінити вплив на здоров'я населення за визначений період усереднення (1 година); інших хімічних сполук, індекси небезпеки, яких визначаються у межах допустимих рівнів ($HQ \leq 1$). Слід зауважити, що індекси небезпеки у контрольних точках, де спостерігаються перевищення допустимих рівнів від викидів пилу $HDZC$, майже однакові при оцінках впливу ТЕС у літній та зимовий періоди.

Перевищення визначено у м. Українка та селах Таценки і Плюти. Якщо у контрольних точках (А-Г), які розташовані у м. Українка на відстанях від 388 м до 2921 м (найближчі до об'єкта дослідження), високі рівні забруднення зумовлені переважно функціонуванням золівдвалу; у селах Таценки і Плюти (контрольні точки V, W

на відстанях понад 4000 м) – в основному за рахунок функціонування самої ТЕС, що зумовлено висотою джерел викидів та високою температурою виходу газоповітряної суміші.

На наступному етапі проведені розрахунки неканцерогенних ризиків для здоров'я населення при оцінці гострих інгаляційних впливів (на рівні усередненої добової концентрації) показали, що перевищення допустимого рівня ризику ($HQ \geq 1$), спостерігається у таких контрольних точках (КТ) для пилу $HDZC$ (табл. 2): КТ А ($HQ=1,5$); КТ V ($HQ=1,2$); $ZЧ_{10}$: КТ А ($HQ=2,5$); КТ V ($HQ=2,0$); КТ F (зима – $HQ=1,2$; літо – $HQ=1,3$); КТ G ($HQ=1,1$); інших хімічних сполук у межах допустимих рівнів ($HQ \leq 1$).

Слід зазначити, що при порівнянні усереднених добових концентрацій пилу $HDZC$ з вітчизняними та міжнародними гігієнічними критеріями оцінки якості атмосферного повітря (рекомендованих інтегрованою інформаційною системою про ризики Агентства США з охорони довкілля за добовий

період усереднення), то розрахунки ризику проводилися за більш «жорстким» гігієнічним нормативом (150 мкг/м^3 або $0,15 \text{ мг/м}^3$). Перевищення допустимого рівня ризику були характерні для умов проживання населення м. Українка і с. Таценки та характеризуються неоднорідністю просторового розподілу пилу $HDZC$ та $ZЧ_{10}$ на різних відстанях.

Оцінка хронічного інгаляційного впливу на здоров'я людини протягом життя пріоритетованих забруднюючих речовин (на рівні усередненої річної концентрації) у 25 контрольних точках показала, що коефіцієнти небезпеки не перевищують допустимий рівень ($HQ \leq 1$), ризик для здоров'я експонованого населення – мінімальний.

Проведені моніторингові та епідеміологічні дослідження у багатьох країнах світу свідчать, що численні негативні ефекти для здоров'я, у тому числі захворювання та смерть через респіраторну та серцево-судинну патологію, спричиняються саме забрудненням атмосферного повітря зваже-

ними частинками з аеродинамічним діаметром менше 10 мкм [10]. На жаль, в Україні моніторинг за зваженими частинками ($ЗЧ_{10}$, $ЗЧ_{2,5}$) не проводиться жодним суб'єктом моніторингу. Згідно зі звітом Global Air 2018 забруднення повітря $ЗЧ_{10}$, $ЗЧ_{2,5}$ посідає шосте місце серед факторів ризику ранньої смертності, а кількість передчасних смертей у результаті

їхнього впливу становить 4,1 млн. на рік в усьому світі [6]. Відповідно до наявних оцінок у глобальному масштабі на рахунок впливу $ЗЧ$ відносять близько 3% смертей через кардіопульмонарну патологію та 5% випадків смертей – через рак легенів. В Європейському регіоні ВООЗ ця частка у різних субрегіонах становить від 1% до 5% [11]. Відповідно до

Таблиця 2

Неканцерогенний ризик для здоров'я населення у контрольних точках при оцінках гострого інгалаційного впливу (пилу НДЗС та $ЗЧ_{10}$)

Контрольна точка	Неканцерогенний ризик (пил НДЗС)		Допустимий ризик ($HQ \leq 1$)	Неканцерогенний ризик ($ЗЧ_{10}$)		Допустимий ризик ($HQ \leq 1$)
	Літо	Зима		Літо	Зима	
м. Українка						
A	1,51	1,51	перевищують	2,49	2,49	перевищують
B	0,47	0,40	не перевищують	0,77	0,66	не перевищують
C	0,37	0,34		0,61	0,56	
D	0,23	0,29		0,37	0,48	
E	0,41	0,44		0,68	0,73	
F	0,81	0,72		1,34	1,19	перевищують
G	0,66	0,65		1,09	1,08	
м. Обухів						
H	0,16	0,19	не перевищують	0,27	0,32	не перевищують
I	0,09	0,16		0,15	0,26	
J	0,10	0,16		0,16	0,27	
K	0,09	0,15		0,15	0,25	
L	0,07	0,12		0,12	0,19	
с. Дерев'яне						
M	0,14	0,18	не перевищують	0,24	0,30	не перевищують
X	0,19	0,20		0,20	0,34	
с. Красне Перше						
N	0,12	0,19	не перевищують	0,20	0,32	не перевищують
с. Щербанівка						
O	0,25	0,30	не перевищують	0,42	0,49	не перевищують
с. Трипілля						
P	0,35	0,54	не перевищують	0,58	0,90	не перевищують
Q	0,18	0,27		0,29	0,44	
R	0,27	0,34		0,45	0,56	
S	0,26	0,38		0,42	0,63	
Y	0,44	0,54		0,72	0,90	
с. Халеп'я						
T	0,15	0,23	не перевищують	0,25	0,39	не перевищують
с. Жуківці						
U	0,12	0,17	не перевищують	0,20	0,29	не перевищують
с. Таценки						
V	1,21	1,19	перевищують	2,0	1,96	перевищують
с. Плюти						
W	0,46	0,51	не перевищують	0,76	0,84	не перевищують

досліджень, проведених Американським Протираковим товариством (ACS) (Pope et al., 2002) та Гарвардським університетом у рамках дослідження «Шість міст» (Dockery et al., 1993; Pope et al., 1995; HEI, 2000; Pope et al., 2002, Jerrett, 2005), повідомляється про взаємозв'язок між довготривалою експозицією дрібнодисперсного пилу та додатковою відвотною смертністю [12].

Аналізуючи вищевикладене, ми провели додаткові дослідження щодо оцінок впливу дрібнодисперсного пилу ($ЗЧ_{10}$) на здоров'я експонованого населення, обумовленого впливом викидів стаціонарних джерел ТЕС як основного джерела їх утворення в атмосферному повітрі. Це пояснюється насамперед утворенням у результаті фотохімічних реакцій аерозолі (високі температури виходу газоповітряної суміші), які можуть перебувати у нижніх шарах атмосфери понад 20 днів та поширюватися на значні відстані. Розрахунки показали, що рівні індивідуального ризику смерті (IRM) для $ЗЧ_{10}$ у контрольних точках коливаються у таких межах:

□ м. Обухів КТ Н-Л – IRM = $3,6 \times 10^{-5} \div 8,2 \times 10^{-5}$;

□ с. Дерев'яне КТ М, Х – IRM = $6,1 \times 10^{-5} \div 7,3 \times 10^{-5}$;

□ с. Халеп'я КТ Т – IRM = $9,5 \times 10^{-5}$.

Такі рівні ризику відповідають зоні умовно прийнятного (допустимого) ризику. Саме на цьому рівні встановлено більшість зарубіжних та рекомендованих міжнародними організаціями гігієнічних нормативів для населення загалом. Рівні прийнятного ризику підлягають постійному контролю. У деяких випадках за таких рівнів ризику можуть проводитися додаткові заходи щодо їх зниження. Такі рівні ризику характеризуються як недопустимі для населення:

□ м. Українка КТ А-Г – IRM = $1,1 \times 10^{-4} \div 7,7 \times 10^{-4}$;

□ с. Красне Перше КТ N – IRM = $1,3 \times 10^{-4}$;

□ с. Щербанівка КТ O – IRM = $1,8 \times 10^{-4}$;

□ с. Трипілля КТ P-S, Y – IRM = $6,0 \times 10^{-5} \div 1,4 \times 10^{-4}$;

□ с. Таценки КТ V – IRM = $5,1 \times 10^{-4}$;

□ с. Жуківці КТ U – IRM = $2,3 \times 10^{-4}$;

□ с. Плюти КТ W – IRM = $2,2 \times 10^{-4}$.

Отримані результати під-

тверджують необхідність проведення моніторингових досліджень ЗЧ₁₀ та ЗЧ_{2,5} у приземному шарі атмосфери навколо ТЕС, у зв'язку з тим, що наслідки впливу довготривалої експозиції на здоров'я населення вищі, ніж короткотривалі, що також потребує розробки природоохоронних та профілактичних заходів при обґрунтуванні розмірів СЗЗ.

Висновки

Рівні неканцерогенного ризику для здоров'я населення (при добовому впливі), перевищують допустимі рівні лише для пилу НДЗС та ЗЧ₁₀ (НҚ=1,1÷2,5). Проте виконані додаткові розрахунки рівнів індивідуального ризику смерті через викиди ЗЧ₁₀ на досліджуваних територіях коливаються у межах $3,6 \times 10^{-5} \div 7,7 \times 10^{-4}$ та є недопустимими для проживання населення у 17 контрольних точках. Таким чином, проведені дослідження підтверджують «гіпотезу» щодо взаємозв'язку між довготривалою (хронічною) експозицією населення дрібнодисперсним пилом під час просторового поширення забруднення на великі відстані (понад 4000 м) та ймовірністю додаткової відвортної смертності. Це, у свою чергу, потребує наукового обґрунтування щодо встановлення розмірів СЗЗ для ТЕО, враховуючи специфіку просторового поширення забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери, зумовленою метеорологічними та топографічними особливостями досліджуваної території. При цьому планування заходів щодо зниження рівнів ризику має базуватися на результатах більш поглибленої оцінки різних аспектів існуючих територіальних проблем та встановленні ступеня їх пріоритетності на підставі аналізу «користь – шкода».

ЛІТЕРАТУРА

1. Динаміка і структура виробництва електроенергії в Україні у 2016 році. Режим доступу: <https://vse.energy/docs/power-generation-2016.pdf>.

2. Directive 2010/75/EU on industrial emissions (integrated pollution prevention and control). URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32010L0075>

3. Directive 2001/80/EC on the limitation of emissions of certain pollutants into the air from large combustion plants. URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32001L0080>

4. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». Режим доступу : http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085

5. Emissions of air pollutants from large combustion plants. URL : <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/emissions-of-air-pollutants-from/assessment-1>

6. State of Global Air 2018 : special report / Health Effects Institute. – Boston, MA, 2018. – 24 p.

7. Proposed guidance for air dispersion modeling. RFP #SSB-034875 / Ontario Ministry of the Environment. Toronto, 2003. 98 p.

8. Human health risk assessment. URL : <https://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment>

9. Тупос О.І. Гігієна повітря / О.І. Тупос, А.А. Петросян, Л.І. Михіна // *Досвід та перспективи наукового супроводу проблем гігієнічної науки та практики: зб. наук. пр.* К, 2011. С. 133-149.

10. Health risks of air pollution in Europe – HRAPIE : technical report / WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, 2014. 65 p.

11. Environment and Human Health : Joint EEA-JRS report / European Environment Agency. Copenhagen, 2013. 112 p.

12. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP : technical report / WHO Regional Office for Europe. Copenhagen, 2013. 302 p.

REFERENCES

1. Dynamika i struktura vyrobnytstva elektroenerhii v Ukraini u 2016 rotsi [Dynamics and Structure of Energy Production in Ukraine in 2016]. URL : <https://vse.energy/docs/power-generation-2016.pdf> (in Ukrainian).

2. Directive 2010/75/EU on Industrial Emissions (Integrated Pollution Prevention and Control). URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32010L0075>

[lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32010L0075](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32010L0075)

3. Directive 2001/80/EC on the Limitation of Emissions of Certain Pollutants into the Air from Large Combustion Plants. URL : <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex%3A32001L0080>

4. Enerhetychna stratehiia Ukrainy na period do 2035 roku «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist» [Energetic Strategy of Ukraine for the Period up to 2035 «Safety, Energy Efficiency, Competitiveness»]. URL : http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085 (in Ukrainian).

5. Emissions of Air Pollutants from Large Combustion Plants. URL : <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/emissions-of-air-pollutants-from/assessment-1>

6. State of Global Air 2018 : Special Report / Health Effects Institute. Boston, MA ; 2018 : 24 p.

7. Proposed Guidance for Air Dispersion Modeling. RFP #SSB-034875 / Ontario Ministry of the Environment. Toronto ; 2003 : 98 p.

8. Human Health Risk Assessment. URL : <https://www.epa.gov/risk/human-health-risk-assessment>

9. Turos O.I., Petrocian A.A. and Mykhina L.I. Hihienena povitria [Air Hygiene]. In : *Dosvid ta perspektyvy naukovooho suprovodu problem hihienichnoi nauky ta praktyky : zbirnyk [Experience and Prospects of the the Scientific Support of the Problems in the Hygienic Science and Practice: Collection]*. Kyiv ; 2011 : 133-149 (in Ukrainian).

10. Health Risks of Air Pollution in Europe – HRAPIE : Technical Report. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe ; 2014 : 65 p.

11. Environment and Human Health : Joint EEA-JRS Report / European Environment Agency. Copenhagen ; 2013 : 112 p.

12. Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution – REVIHAAP : Technical Report. Copenhagen : WHO Regional Office for Europe ; 2013 : 302 p.

Надійшло до редакції 27.05.2018