

5. Ревич Б.А. Особенности воздействия волн холода и жары на смертность в городах с резко-континентальным климатом // Сибирское медицинское обозрение / Б.А. Ревич, Д.А. Шапошников. – 2017, (2). – С. 84–90.
6. Кузьменко Н.В. Зависимость цирканнуальной динамики артериального давления от сезонных колебаний метеорологических и гелиофизических факторов. Мета-анализ / Н.В. Кузьменко, М.Г. Плисс, В.А. Цырлин // Российский кардиологический журнал. – 2019, 24(1). – С. 80–93.
7. Помазкова Н.В. Оценка биоклиматических условий для развития туризма в национальном парке «Кодар» (Северное Забайкалье) // Устойчивое развитие горных территорий / Л.М. Фалейчик, М.Т. Усманов – 2019. – Том. 1. № 4 (42). – с. 484-497.
8. Психологический аспект влияния метеофакторов у пациентов с болезнями системы кровообращения // М.Ю. Яковлев [и др.] // Российский журнал восстановительной медицины. – №1, 2018. – С. 32–38.
9. Основные механизмы, обуславливающие развитие метеотропных реакций / М.Ю. Яковлев [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – №10, 2018. – С. 187–192.
10. Anderson J.G. Coupling free radical catalysis, climate change, and human health / J.G. Anderson, C.E. Clapp // Physical chemistry chemical physics. – 2018. – Vol.20, №.16. – P. 10569-10587.
11. Stress testing the capacity of health systems to manage climate change-related shocks and stressors / K.L. Ebi [at al.] // International Journal of Environmental Research and Public Health. – 2018. – Vol. 15. № 11. – P. 2370.
12. Sellers S. Climate change, human health, and social stability: addressing interlinkages / S. Sellers, K. L. Ebi, J. Hess // Environmental health perspectives. – 2019. – Vol.127, №.4. – P. 045002.

УДК 614.72:504:628.52

¹С.В. Грищенко, ¹И.И. Грищенко, ¹И.С. Федосеева, ¹С.С. Праводелов, ¹И.Н. Басенко, ¹В.С. Костенко, ²Е.В. Агаркова, ¹Е.Ф. Миненко, ¹А.В. Зорькина, ¹В. С. Шевченко, ¹Е.Б. Соловьев, ¹Д.Г. Минаков, ¹С.А. Мороховец

ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ НА АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ НАСЕЛЕННЫХ МЕСТ ЭКОКРИЗИСНОГО РЕГИОНА И ОСНОВНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЕГО КСЕНОБИОТИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

¹ ГОО ВПО «Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького»,
² Республиканский центр профпатологии и реабилитации МЗ ДНР

Резюме. Статья посвящена гигиенической характеристике техногенной нагрузки на атмосферный воздух населенных мест экокризисного региона и основных источников его ксенобиотического загрязнения. Определены ключевые отрасли народного хозяйства, являющиеся главными источниками поступления вредных химических веществ в воздушный бассейн городов и сельских районов Донецкой Народной Республики.

Ключевые слова: гигиена, атмосферный воздух, техногенная нагрузка, ксенобиотики

Актуальность. Атмосферный воздух является важнейшим компонентом окружающей среды, без которого абсолютно невозможна жизнь не только человека, но и большинства живых существ на нашей планете. Именно поэтому поддержание постоянства его химического состава, а также предотвращение ксенобиотического загрязнения относятся к одним из главных направлений природоохранной деятельности. Особое значение гигиеническая оценка техногенной контаминации воздушного

бассейна приобретает в населенных местах крупных промышленных регионов, таких, как Донбасс.

При анализе литературных источников были выявлены многочисленные сообщения как отечественных, так и зарубежных авторов, посвященных изучению влияния разнообразных аэрополлютантов на здоровье населения. Однако, далеко не всегда методические подходы исследователей были идентичными, что не позволило получить сопоставимые данные. Кроме этого, необходимо отметить значительное разнообразие мнений ученых по поводу гигиенической и патогенной значимости некоторых ксенобиотиков, не позволяющее использовать полученные результаты для разработки профилактических мероприятий [1–5]. В связи с этим целью работы была характеристика техногенной нагрузки на воздушный бассейн экокризисного региона, основных источников его химического загрязнения.

Материалы и методы. Изучение состояния атмосферного воздуха проводилось в границах территории, подконтрольной До-

нецкой Народной Республике (ДНР) по состоянию на 01.01.2022 г.: в 13 городах (Донецк, Макеевка, Горловка, Енакиево, Ясиноватая, Торез, Снежное, Шахтёрск, Дебальцево, Докучаевск, Кировское, Ждановка и Харцызск) и 5 сельских районах (Новоазовский, Тельмановский, Старобешевский, Амвросиевский и Шахтёрский). Период наблюдения за интенсивностью факторов окружающей среды составил 30 лет (1985–2014 гг.).

Характер и уровень антропогенного загрязнения воздушного бассейна 13 городов и 5 сельских районов ДНР изучен за период с 1985 по 2014 гг. по отчётным данным Донецкой областной санитарно-эпидемиологической станции МЗ Украины, Госкомстата Украины, Госкомгидромета Украины, а также стационарных постов промышленных предприятий. В атмосферном воздухе определялись среднесуточные и на их основе рассчитывались среднегодовые концентрации следующих двадцати двух аэрополлютантов: взвешенных веществ (химически активной многокомпонентной пыли), диоксида и монооксида азота, аммиака, фенола, диоксида серы, формальдегида, фтористого водорода, сероуглерода, сероводорода, серной и соляной кислот, ртути, свинца, пиридина, цианистого водорода, сажи, бензола, 3,4-бензпирена, хлора, хлористого водорода и оксида углерода.

Результаты и обсуждение. Результаты исследований показали, что высокая концентрация промышленного и сельскохозяйственного производства на территории ДНР, транспортной инфраструктуры в сочетании со значительной плотностью населения создали громадную нагрузку на биосферу — наибольшую в СНГ и Европе. Суммарная техногенная нагрузка на единицу территории Республики в 4 раза выше средней по государствам Европы. Так, среднемноголетний (за последние 30 лет) ежегодный валовый выброс вредных веществ от всех источников загрязнения в атмосферу составляет около 4 млн. тонн, т.е. более 500 кг на одного жителя Донбасса или 140 тонн на 1 км².

В целом на Донецкую область в довоенный период (до 2014 г.) приходилось около 37% всех выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн Украины. При этом на первом месте по вкладу в общее загрязнение атмосферы на протяжении 30 лет, начиная с 1985 года, находились черная ме-

таллургия (47,7%), на втором — энергетика (30,9%), на третьем — транспорт (13,2%), на четвертом — отопление и теплоснабжение (12,9%), на пятом — угольная промышленность (12,7%), на шестом — строительная индустрия (2,6%). Все прочие отрасли промышленности составляли в совокупности 6,1%. Изменения структуры и объемов промышленного производства в 90-х годах 20-го столетия в базовых отраслях экономики (металлургия, добыча каменного угля, тяжелое машиностроение и энергетика) отчетливо отразились на спектре и объеме валового выброса ксенобиотиков, загрязняющих воздушных бассейнов.

Если в 70-х и в начале 80-х годов более 97% валовых выбросов веществ в атмосферу формировали 4 ингредиента — взвешенные вещества (24,0%), оксид углерода (47,2%) и оксиды азота (5,2%), то к концу 80-х и к началу 90-х годов, начиная с периода коренного реформирования экономики, это положение существенно изменилось. В настоящее время доля вышеперечисленных ингредиентов значительно сократилась — до 70,9%. При этом произошло уменьшение удельного веса сернистого ангидрида до 21,0%, взвешенных веществ до 14,9%. Но наиболее ощутимо снизился объем оксида углерода — с 47,2% до 29,0%, а доля оксидов азота, наоборот, возросла с 5,2% до 6,0%. Кроме этого, резко увеличился удельный вес углеводородов, в сумме которых преобладает 3,4 бензпирен — с 1,7% до 5,5% в структуре валового выброса вредных веществ в атмосферу.

Техногенная нагрузка на воздушный бассейн неодинакова в различных городах и районах ДНР. Среднемноголетние показатели, отражающие величину этого прессинга за период с 1985 по 2014 гг., представлены в табл. 1.

Данные табл. 1 свидетельствуют о том, что абсолютное большинство (около 80%) выбросов веществ, загрязняющих атмосферу, приходится на 5 крупнейших промышленных центров (Донецк, Енакиево, Макеевка, Дебальцево) и 1 сельский район — Старобешевский, на территории которого расположена наиболее мощная в Европе ГРЭС — Старобешевская.

Все остальные города Республики образуют группу территорий со средним значением показателей техногенного прессинга

Таблица 1. Сравнительная характеристика техногенной нагрузки на воздушный бассейн различных территорий Донецкой области

Уровни техногенной нагрузки на атмосферу	Наименование городов и районов в группах сравнения	Показатели техногенной нагрузки, $Mm-Max$ $M\pm m$		
		Уд. вес территорий в общем объеме выбросов области, %	Валовый выброс вредных веществ в атмосферу в год тонн/км ²	Валовый выброс вредных веществ в атмосферу в год кг/чел
Максимальный	гг. Донецк, Енакиево, Дебальцево, Макеевка, Горловка, Докучаевск, Ждановка, Кировское, Ясиноватая; Старобешевский район	3,2-19,5 8,9±0,2 $\Sigma=80,6\pm 2,8^*$	1890,5-22500,8 3680,4±210,7*	714,5-3269,6 984,7±88,2*
Средний	гг. Торез, Харцызск, Снежное, Шахтерск	0,9-2,9 1,4±0,1 $\Sigma=14,3\pm 1,9$	73,4-1568,9 695,3±21,7	59,4-391,8 141,2±12,5
Минимальный	Амвросиевский, Шахтерский, Тельмановский, Новоазовский районы	0,01-0,7 0,09±0,01* $\Sigma=5,1\pm 1,2^*$	5,0-38,0 11,5±0,9*	1,0-43,1 12,4±0,5*

Примечание: * — различие показателя со средним значением по региону достоверно ($p < 0,05$).

на воздушный бассейн — на их долю приходится около 14% совокупного валового выброса в атмосферу. Менее всего (около 5%) вредных веществ выбрасывается промышленными и сельскохозяйственными предприятиями периферийных 4-х сельских районов, для которых характерно наименьшее значение валовых показателей выбросов продуктов производственной деятельности.

Косвенными, но важными показателями, отражающими степень развития производства и, следовательно, потенциал возмож-

ного техногенного загрязнения атмосферы, являются расход топлива промышленными предприятиями (в условных тоннах на 1 км² и на 1 чел/год) и общий пробег автотранспорта по территории (в млн. км/км² и на 1 чел/год). Эти показатели позволяют оценивать и прогнозировать техногенный прессинг, который испытывает природная среда в результате антропогенной деятельности. Данные показатели, рассчитанные за период с 1985 по 2014 гг., представлены в табл. 2 и 3.

Таблица 2. Среднемноголетний расход топлива промышленными предприятиями различных городов и районов ДНР (в условных тоннах)

Уровень потенциального загрязнения окружающей среды продуктами сгорания топлива	Наименование городов и районов в группах сравнения	Расход топлива промышленными предприятиями в год $Mm-Max$ $M\pm m$	
		тыс. тонн/км ²	тонн/чел.
Максимальный	гг. Дебальцево, Енакиево, Макеевка, Горловка, Харцызск, Донецк	14,4-315,4 56,2±3,8*	10,8-210,3 39,7±2,6
Средний	гг. Шахтерск, Ясиноватая, Докучаевск, Снежное, Кировское, Ждановка, Торез; Старобешевский район	1,5-3,9 2,6±0,2	1,0-2,8 1,7±0,3
Минимальный	районы: Шахтерский, Амвросиевский, Тельмановский, Новоазовский	0,01-0,46 0,09±0,005*	0,44-0,97 0,56±0,12

Примечание: * — различие показателя со средним значением по региону достоверно ($p < 0,05$)

Таблица 3. Среднемноголетний общий пробег автотранспорта по территориям промышленных городов и сельских районов ДНР

Уровень потенциального загрязнения окружающей среды выбросами автотранспорта	Наименование городов и районов в группах сравнения	Общий пробег автотранспорта на территории городов и районов в год	
		<i>Min-Max</i>	
		<i>M ± m</i>	
		млн. км/км ²	тыс. км/чел.
Максимальный	гг. Донецк, Макеевка, Горловка, Харцызск, Енакиево;	<u>2,0-4,59</u> 3,1±0,7*	<u>1,91-2,67</u> 2,0±0,4
Средний	гг. Снежное, Торез, Шахтерск, Докучаевск, Дебальцево, Кировское, Ждановка, Ясиноватая; Старобешевский район	<u>0,84-1,75</u> 1,2±0,2	<u>1,25-1,65</u> 1,45±0,5
Минимальный	Новоазовский, Тельмановский, Шахтерский, Амвросиевский районы	<u>0,042-0,139</u> 0,091 ±0,01*	<u>0,27 - 0,96</u> 0,44±0,12*

Примечание; * — различие показателя со средним значением по региону достоверно ($p < 0,05$).

Оценка степени потенциального загрязнения окружающей среды продуктами сгорания топлива на промышленных предприятиях и автотранспорте особенно важна в отношении канцерогенного риска, так как вещества, содержащиеся в данных выбросах, являются либо прямыми канцерогенами (ПАУ, в том числе 3,4-бензпирен), либо модификаторами или предшественниками канцерогенов (оксиды азота, тяжелые металлы и др.).

Показатели, представленные в табл. 2, свидетельствуют, прежде всего, о неравномерном распределении промышленных предприятий, которые потребляют топливо, на территории ДНР. Так, наибольшее их количество, в том числе самые крупные — металлургические и химические заводы, ГРЭС, шахты и обогатительные фабрики расположены в основном в центральной части региона (гг. Дебальцево, Макеевка, Горловка, Енакиево, Донецк, Харцызск). Минимальный уровень потенциального загрязнения окружающей среды продуктами сгорания топлива имеют большинство сельских районов, где источниками загрязнения природной среды в основном являются сельскохозяйственные, строительные и автотранспортные предприятия.

Автомобильные дороги имеют неодинаковую густоту на территории различных административных единиц региона, различна и интенсивность движения по ним. Так, из табл. 3 видно, что наибольшая интенсивность автомобильного движения характер-

на для крупных городских агломераций — Донецка, Макеевки, Горловки, Енакиево, Харцызска. Самый низкий уровень потенциального загрязнения окружающей среды выбросами автотранспорта отмечается в большинстве сельских районов, за исключением Старобешевского района, на территории которого размещена Старобешевская ГРЭС и проходят автомагистрали с интенсивным движением автотранспорта.

Вклад ведущих отраслей промышленности и сельского хозяйства в загрязнение воздушного бассейна городов и районов ДНР по данным тридцатилетнего периода (1985–2014 гг.) исследований представлен в табл. 4 и 5.

Данные табл. 4 свидетельствуют о значительном территориальном отличии структуры производств, формирующих валовый выброс загрязняющих веществ в воздушный бассейн городов ДНР. Преобладание той или иной отрасли промышленности в структуре говорит не только о специфике качественного состава выбросов, но и о мощности предприятий, являющихся непосредственными источниками поступления ксенобиотиков в атмосферу.

Как видно, транспортная и строительная отрасли, занимающие по числу предприятий 1-е и 2-е места, имеют сравнительно малую долю в общей сумме атмосферных загрязнений. Угольная промышленность, стоящая по количеству предприятий на 3-м месте, преобладает в качестве основного источника поступлений ксенобиотиков в

Таблица 4. Структура атмосферных промышленных выбросов городов ДНР по отраслям производства, %

Наименование городов	Отрасли производства							
	Угольная	Металлургическая	химическая и коксохимическая	энергетика и теплоснабжение	машиностроение и металлообработка	строительная и добыча стройматериалов	транспортная	Прочие
Донецк	67,7	8,7	8,8	2,3	2,6	1,2	1,1	7,6
Докучаевск	-	6,2	-	9,8	2,5	62,2	1,0	18,3
Горловка	81,2	-	8,0	2,2	1,5	5,3	0,5	1,3
Дебальцево	-	-	-	97,7	0,5	-	1,7	0,1
Енакиево	53,4	41,2	3,4	0,2	0,3	0,9	0,2	0,4
Ясиноватая	-	-	-	26,6	53,4	6,5	12,3	1,2
Кировское	76,4	-	-	1,6	3,8	9,2	2,5	6,5
Макеевка	40,8	43,7	10,8	1,3	0,6	0,2	0,5	2,1
Ждановка	74,0	-	-	20,4	1,0	1,8	1,7	1,1
Снежное	87,9	-	-	4,5	2,8	0,3	1,3	3,2
Торез	81,9	-	-	5,7	2,0	2,3	1,8	6,3
Харцызск	2,8	-	-	91,1	4,4	0,2	1,1	0,4
Шахтерск	91,9	-	-	4,0	0,5	0,4	1,2	2,0

Таблица 5. Структура промышленных выбросов в воздушный бассейн сельских районов ДНР по отраслям производства, %

Наименование сельских районов	Отрасли производства						Прочие
	машиностроение и металлообработка	энергетика и теплоснабжение	транспортная	строительная и добыча стройматериалов	пищевкусовая и сельскохозяйственная		
Амвросиевский	-	0,2	0,7	96,6	2,4	0,1	
Старобешевский	-	98,9	-	1,0	0,1	-	
Новоазовский	-	-	80,8	6,3	2,4	10,5	
Тельмановский	-	-	5,1	72,6	20,1	2,2	
Шахтерский	-	98,0	-	-	2,0	-	

воздушный бассейн в малых городах центральной части Донецкого края. Энергетика и теплоснабжение играет ведущую роль как источник вредных атмосферных выбросов в более крупных городских агломерациях этого же региона, а также в расположенных рядом Старобешевском и Шахтерском сельских районах. Несмотря на то, что металлургические заводы составляют всего 6% от общей численности промышленных предприятий региона, на их долю приходится более четверти всех выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду. Однако, только в гг. Макеевка и Енакиево они обуславливают поступление вдвое большего количества ксенобиотиков — 41,2–43,7%. Все остальные города ДНР относятся к крупным промышленным центрам, где доминирующее положение занимают угольная, металлургическая, химическая и машиностроительная промышленность.

Сельское хозяйство и связанная с ним пищевая индустрия не преобладают среди источников загрязнения атмосферы ни в одном из сельских районов ДНР.

Как следует из данных табл. 6, по преобладанию в структуре атмосферных промышленных выбросов тех или иных производств все города и сельские районы Республики объединяются в 6 групп.

При этом, преобладающими видами производства, формирующими промышленные выбросы в окружающую среду выступают угольная в 5 городах, строительная в 1 городе и в 2-х сельских районах, энергетическая в 2 городах и 2-х сельских районах, машиностроительная и металлообработывающая в 1 городе, угольная, металлурги-

Таблица 6. Распределение городов и районов ДНР по преобладанию в структуре атмосферных промышленных выбросов различных отраслей производства

№ группы	Преобладающие отрасли производства	Уд.вес преобладающих отраслей производства, %	Наименование городов и районов в группах
I	Угольная	74,0–91,9	гг. Кировское, Ждановка, Снежное, Торез, Шахтерск
II	Строительная и добыча строительных материалов	62,2–99,5	г. Докучаевск; Амвросиевский, Тельмановский районы
III	Энергетика и теплоснабжение	69,6–98,9	гг. Дебальцево, Харцызск, Старобешевский, Шахтерский районы
IV	Машиностроение и металлообработка	53,4	г. Ясиноватая
V	Угольная, металлургическая и химическая	85,2–98,0	гг. Донецк, Макеевка, Енакиево, Горловка
VI	Транспортная и строительная	77,7–87,1	Новоазовский район

ческая и химическая в 4-х городах, транспортная в 1-ом сельском районе.

Выводы. Техногенная нагрузка на воздушный бассейн населенных мест ДНР является одной из самых высоких в Восточной Европе, в 4 раза превышая средневропейский показатель. Ежегодный валовый выброс вредных веществ в атмосферу составляет здесь около 4 млн. тонн, т.е. более 500 кг на 1 жителя, или 140 тонн на 1 км².

На первом месте по вкладу в общее загрязнение атмосферного воздуха населенных мест ДНР находится черная металлургия (27,7%), на втором — энергетика (20,9%), на третьем — транспорт (18,2%), на четвертом — отопление и теплоснабжение (12,9%), на пятом — угольная промышленность (12,7%), на шестом — строительная индустрия (2,6%).

Техногенная нагрузка на воздушную среду неодинакова на различных территориях ДНР. Абсолютное большинство (более 80%) всех выбросов аэроплютантов приходится на 5 крупнейших промышленных центров (города Донецк, Енакиево, Макеевка, Горловка и Дебальцево) и один сельский район — Старобешевский, на территории которого расположена крупнейшая в Восточной Европе ГРЭС — Старобешевская. Все остальные города Республики образуют группу населенных мест со средним значением показателей техногенного прессинга на атмосферу — на их долю приходится около 14% совокупного валового выброса. Менее всего (около 5%) вредных веществ выбрасывает

ся в воздушный бассейн 4-х периферийных сельских районов (Амвросиевского, Шахтерского, Тельмановского и Новоазовского).

S.V. Grishchenko, I.I. Grishchenko, I.S. Fedoseeva, S.S. Pravodelov, I.N. Basenko, V.S. Kostenko, E. V. Agarkova, E.F. Minenko, A.V. Zorkina, V.S. Shevchenko, E.B. Solovyov, D.G. Minakov, S.A. Morokhovets

CHARACTERISTICS OF THE TECHNOGENIC LOAD ON THE ATMOSPHERIC AIR OF THE POPULATED PLACES OF THE ECOCRISIS REGION AND THE MAIN SOURCES OF ITS XENOBIOTIC POLLUTION

Summary. The article is devoted to the hygienic characteristics of the technogenic load on the atmospheric air of the populated areas of the ecocrisis region and the main sources of its xenobiotic pollution. The key sectors of the national economy, which are the main sources of harmful chemicals entering the air basin of cities and rural areas of the Donetsk People's Republic, have been identified.

Key words: hygiene, atmospheric air, technogenic load, xenobiotics

ЛИТЕРАТУРА

1. Загороднов, С. Ю. Пылевое загрязнение атмосферного воздуха города как недооцененный фактор риска здоровью человека [Текст] / С. Ю. Загороднов // Вестник ПНИПУ. Прикладная экология. Урбанистика. – 2018. – № 21. – С. 124–132.
2. Звягинцева, О. Ю. Об оценке рисков опасных событий при анализе состояния и развития городов [Текст] / О. Ю. Звягинцева // Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства. – 2018. – № 2. – С. 84–96.
3. Лещук, С. И. Антропогенное загрязнение атмосферного воздуха и его влияние на здоровье населения [Текст] / С. И. Лещук, Д. Ц. Очиржапова // Вестник ИРГСХА. – 2012. – № 51. – С. 52–61.
4. Хотько, Н. И. Санитарное состояние атмосферного воздуха и здоровье населения [Текст] / Н. И. Хотько, А. П. Дмитриев // Медицинские науки. Организация здравоохранения. – 2012. – № 2 (22). – С. 125–137.
5. A Multi-Pollutant Air Quality Health Index (AQHI) Based on Short-Term Respiratory Effects in Stockholm, Sweden [Text] / H. Olstrup [et al.] // Int. J. Environ. Res Public Health. – 2019. – Vol. 16, N 1. – pii: E105.