УДК 577.4:614.7: 616.1/9-02

ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ ВЫБРОСАМИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Мухин В.В., Путилина О.Н., Теплова Т.Е., Бакун Г.В.

НИИ медико-экологических проблем Донбасса и угольной промышленности, г. Донецк

Предложен интегральный показатель экспресс-оценки биологической опасности территории по уровню выбросов промышленных предприятий. Показана возможность использования этого показателя для установления связи с нарушением здоровья населения, а также с мутагенными аномалиями в живых организмах в результате сложившейся экологической ситуации.

Ключевые слова: промышленные выбросы, здоровье, население

Вступление

Зависимость состояния здоровья населения от уровня загрязнения химическими веществами атмосферного воздуха устанавливается, как правило, по среднегодовым среднесуточным концентрациям вредных веществ. Однако, гигиенический контроль атмосферного воздуха осуществляется не во всех населенных пунктах и не по всем гигиенически значимым ингредиентам. Все это приводит к тому, что изменения в состоянии здоровья населения связывают только с отдельными фактически определяемыми химическими загрязнителями, которые, во многих случаях, не могут вызывать наблюдаемые неблагоприятные эффекты в живом организме. Это требует поиска новых интегральных показателей биологической опасности для здоровья населения техногенного загрязнения атмосферного воздуха.

С целью сжатия информации о системе «человек-атмосфера» выделены несколько параметров загрязненности атмосферного воздуха (по векторам канцерогенности, аллергенности, мутагенности и др.) и устойчивости организма [1], на основании которых авторами разработан и апробирован метод экспресс-оценки опасности загрязнения окружающей среды для здоровья населения.

Материалы и методы исследований

Проведено сравнение уровня фактических концентраций вредных веществ, показателей суммарного выброса вредных веществ в атмосферный воздух и показателей опасности загрязнения территории населенных мест Донецкой области выбросами промышленных предприятий.

Для выявления мутагенных аномалий в живых организмах в результате воздействия неблагопри-

ятной экологической ситуации в качестве биомаркера использовали цитогенетические характеристики крови озерной лягушки [2–4].

Оценена возможность использования разработанных показателей для установления связей между уровнем загрязнения атмосферного воздуха и состоянием здоровья населения, в т.ч. по показателям функционального состояния организма взрослого населения и подростков в городах Донецкой области и показателям заболеваемости. Функциональное состояние обследованных лиц изучено в городах Донецке, Авдеевке — загрязненные территории и Славянгорске — контроль [2, 5, 6]. Иммунологические, биохимические и цитогенетические показатели изучались в четырех группах лиц различного возраста. Две из них составляли лица, работающие на предприятиях и в учреждениях, расположенных в зоне интенсивного загрязнения атмосферного воздуха, и проживающие в этих зонах (г. Донецк, г. Авдеевка), но не имеющие контакта с вредными производственными факторами: первая группа (№ 1) — лица трудоспособного возраста 30–50 лет, вторая группа (№ 2) — школьники 14–15 лет. Остальные две группы (№ 3 и № 4) были такого же возраста, но проживали в экологически более благоприятном районе (г. Славянгорск). Каждая обследуемая группа насчитывала более 50 человек. Биологический возраст определяли в группах № 1 и № 3 методом множественной линейной регрессии характеристик сердечно-сосудистой, дыхательной (ЖЕЛ) системы, времени статической балансировки, массы тела и самооценки здоровья [7, 8]. Данные о заболеваемости населения исследуемых городов, в т.ч. обследованных лиц из 1–4-й групп взяты из государственной статистической отчетности и из справочников областного управления статистики.

Результаты исследования и их обсуждение

1. Обоснование методики экспресс-оценки опасности загрязнения территории выбросами промышленных предприятий

Одним из основных оценочных критериев, адекватно отражающих интенсивность техногенной нагрузки на территорию, является показатель суммарного выброса вредных веществ в атмосферный воздух населенных мест за год в пересчете на квадратный километр. Однако, валовые выбросы не всегда характеризуют их потенциальную опасность для населения, поскольку степень опасности территории определяется не только суммарным объемом выбросов, но и токсическими свойствами веществ, входящих в их состав. В литературе описано использование отношения массы выброса вещества предприятием в атмосферный воздух к ПДК_{с.с.} (предельно допустимая концентрация среднесуточная) конкретного вещества для определения приоритетных химических веществ, формирующих фактическое загрязнение атмосферного воздуха и подлежащих гигиеническому контролю [9], для обоснования объема работ по учету и контролю на предприятии выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух [10], для гигиенической оценки технологического оборудования [11], для сравнительной оценки степени загрязненности атмосферного воздуха в различных населенных пунктах [4], для уточнения класса опасности предприятия и возможных размеров санитарно-защитных зон [12].

Нами предлагается использовать этот подход, чтобы дополнить существующие в настоящее время показатели загрязнения атмосферы комплексом показателей, рассчитанных на основе суммирования отношений массы выбросов вредных веществ к их ПДК в атмосферном воздухе не только для отдельных предприятий, но и по отдельным территориям как по совокупности всех выбросов, так и с распределением их по группам, которые вызывают ближайшие и отдаленные биологические эффекты на живой организм (мутагенный, канцерогенный, аллергенный и др.).

Предлагаемый показатель опасности территории по выбросам предприятий (района, города, области и т.п.) рассчитывается по данным государственной статистической отчетности, для чего необходимо суммировать отношения массы выбросов отдельных химических веществ к их ПДК_{с.с.} всех предприятий или суммировать значения опасности

выбросов всех промышленных предприятий (ОП_і), расположенных на данной территории:

$$OT = \sum_{i=1}^n \frac{M_i}{ПДК_{с.с.}} = \sum_{i=1}^m ОП_i, \quad (1)$$

где ОТ — показатель опасности территории по выбросам предприятий; M_i — масса выброса каждого химического вещества, т/год; n — количество загрязняющих веществ, входящих в состав выбросов предприятий, ПДК_{с.с.} каждого вещества, мг/м³. В случае отсутствия ПДК_{с.с.} можно использовать величину ОБУВ (ориентировочный безопасный уровень) или ПДК_{м.р.} (максимальная предельно допустимая концентрация в атмосферном воздухе); m — количество предприятий.

Величина ОП_і (опасность предприятия), выраженная в процентах к величине ОТ, характеризует его вклад в опасность выбросов по административно-территориальной единице. Подобные расчеты возможны и для отдельных отраслей промышленности.

Пример сравнения показателей опасности предприятий по выбросам в целом и для отдельных компонентов выбросов, обладающих специфическим действием (например, канцерогенным — К), приведен в табл. 1.

Для сравнения выбраны предприятия: №1 — коксохимзавод, расположенный в г. Авдеевка, и шахта, расположенная в г. Донецк.

Суммарная масса выбросов предприятия №2 (40600 т/год) несколько больше, чем предприятия №1 (36300 т/год). По суммарному объему выбросов в атмосферный воздух оба предприятия относятся ко II классу опасности (от 10000 т/год до 100000 т/год). Однако опасность предприятия №1 по показателю ОП значительно превосходит предприятие №2 (в 74 раза). По показателю ОП предприятие №1 относится ко второму классу опасности — высокоопасные ($1 \cdot 10^5 - 1 \cdot 10^6$), а предприятие №2 — к третьему — опасные ($1 \cdot 10^3 - 1 \cdot 10^5$) [8]. Вклад предприятия №1 (ОП = 880000) в показатель опасности загрязнения территории Донецкой области (ОТ = 17419100), рассчитанный как их отношение и выраженное в процентах, составляет 5,05 %, а предприятия №2 (ОП = 11900) — 0,07%. Кроме того, в выбросах предприятия №1 содержатся значительные количества веществ канцерогенного действия (см. табл. 1).

Показатели опасности предприятий и территорий позволяют оценить вклад отдельных веществ в совокупную опасность выбросов, а также прово-

Таблиця 1

Показатели опасности выбросов предприятий № 1 и № 2

Ингредиенты	ПДК _{с.с.} , мг/м ³	Предприятие 1			Предприятие 2	
		М _р , т/год	$\frac{M_i}{ПДК_{с.с.}}$	$\frac{M_{ик}}{ПДК_{с.с.}}$	М _р , т/год	$\frac{M_i}{ПДК_{с.с.}}$
Метан	7000	-	-		40001	5,7
Углерода оксид	3	10344	3448		146	48,6
Ангидрид сернистый	0,05	10170	203400		67	1340
Пыль коксовая	0,1 Ф	9583	95830			
Азота диоксид	0,04	2286	57150		44	1100
Сажа	0,05 К.Ф	849	16980	16980		
Нафталин	0,003	717	239100			
Пыль угольная	0,11Ф	575	5227		79,1	719
Аммиак	0,04	433	10825			
Бензол	0,1 К	337	3370	3370		
Водород цианистый	0,01	316	31600			
Пыль углепородная	0,03 Ф	214	7120		171,1	5703
Пыль неорганическая (SiO ₂ – 20-70 %)	0,1 Ф	-	-	-	84,8	848
Фенол	0,003	110	36800			
Сероводород	0,0008	102,4	128000		1,6	2000
Ангидрид фталевый	0,1	82,8	828			
Кислота серная	0,1	62,6	626			
Ангидрид малеиновый	0,05 А	56	1120			
Угольная зола	0,02 Ф	15,9	795			
Нафтахинон	0,005	13,1	2620			
Бенз(а) пирен	0,000001К	0,035	35000	35000		
Всего		ΣМ _р = 36300	ОП = 880000	ОП _к = 55400	ΣМ _р = 40600	ОП = 11900

дить ранжирование предприятий как источников загрязнения атмосферного воздуха по степени их потенциальной опасности. Аналогичный подход, как нам кажется, можно использовать и для оценки сбросов в открытые водоемы.

Для сравнительной скрининг-оценки степени загрязненности атмосферного воздуха выбросами предприятий в различных населенных пунктах и регионах предлагается рассчитывать показатель опасности загрязнения на единицу площади территории населенного пункта или региона (ОТ_с) по формуле:

$$ОТ_s = \sum_1^n \frac{M_i}{ПДК_{с.с.} \cdot S}, \quad (2)$$

где ОТ_с — показатель опасности территории населенного пункта или региона по выбросам предприятий на единицу площади территории; М_і — масса выброса в атмосферный воздух каждого вещества, т/год; n — количество загрязняющих веществ, входящих в состав выбросов предприятий; S — площадь территории населенного пункта или региона, км², ПДК_{с.с.} каждого вещества, мг/м³.

Следует отметить, что в городах, где фиксируются небольшие валовые выбросы промышленных предприятий, можно пользоваться среднеобластными показателями, поскольку из-за значительной урбанизации промышленных областей и распространения выбросов на значительные расстояния такие допущения возможны.

Для оценки потенциальной опасности влияния химических загрязнителей атмосферного воздуха на интенсивность проявления специфических эффектов у жителей региона могут быть проведены расчеты по формуле (1) для отдельных групп веществ в выбросах, которые характеризуются специфическими видами токсичного действия на организм, например: аллергенного, канцерогенного, мутагенного, фиброгенного, а также тяжелых металлов и других групп веществ, объединенных своим специфическим влиянием на организм. Для этого суммируются кратности превышения массы выбросов отдельных групп веществ (например, канцерогенных) к их ПДК_{с.с.} и полученная величина относится к единице площади территории. Могут быть использованы и другие принципы формирования групп вредных веществ по характеру их токсического действия.

2. Апробация методики

2.1. Сравнительная оценка опасности загрязнения атмосферного воздуха выбросами промышленных предприятий для населения различных городов

Сравнить уровень загрязнения атмосферного воздуха в городах Донецкой области по среднегодовым среднесуточным концентрациям веществ в полном объеме не удалось, так как гигиенический контроль атмосферного воздуха на стационарных постах осуществляется не во всех городах и не по всем биологически значимым ингредиентам (например, отсутствует контроль по нафталину, бенз(а)пирену, ряду тяжелых металлов, диоксиду кремния). Среднегодовые среднесуточные концентрации веществ в атмосферном воздухе, в большинстве случаев, не превышают предельно допустимого уровня. Комплексный индекс загрязнения атмосферы по 12 изучаемым веществам составлял в городах Авдеевка и Донецк 5,0–5,2 [4]. В Авдеевке, дополнительно к основным загрязнителям атмосферного воздуха и фенолу, определяли аммиак, бенз(а)пирен, цианистый водород, пиридин, малеиновый и фталевый ангидриды, а в Донецке — оксиды железа, марганца, хрома, цинка, свинец, формальдегид.

По предложенному показателю OT_S (табл. 2) загрязнение атмосферного воздуха выбросами предприятий в г. Авдеевка в 24 раза опаснее, чем в г. Донецк и в 40 раз — среднеобластных показателей. При этом в г. Авдеевка в 90 и 300 раз выше опасность веществ, обладающих канцерогенным, в 130 и 195 раз — аллергенным действием. В то же время, в Донецке показатель опасности территории по выбросам металлов (оксиды железа, кальция, хрома, ванадия, меди, никеля, марганец, свинец и

его соединения) выше, чем в Авдеевке в 10,8 раза и в 1,7 раза — средних областных показателей.

Таким образом, можно сделать выводы о том, что при анализе функциональных изменений организма и заболеваемости населения в г. Авдеевка следует ожидать более выраженных эффектов, определяемых общетоксическим действием химических веществ, а также их повышенным канцерогенным и аллергенным действием, а в г. Донецке — еще и специфическим воздействием металлов.

Среди недостатков в отчетах предприятий о выбросах, следует отметить далеко неполный учет выделяющихся в воздух загрязнителей. Так, в пределах городской территории Донецка наиболее активными загрязнителями почвы являются ртуть, свинец, цинк, олово, барий, вольфрам, их техногенные аномалии и поля занимают от 30 до 80 % территории. В то же время, ответить на вопрос, выбросы каких предприятий за это «ответственны», по данным отчетов предприятий практически невозможно. В отчетах коксохимзаводов, например, отсутствует информация о многих компонентах каменноугольных смол и пеков, биологическая активность которых, по данным литературы, гораздо выше содержащегося в них бенз(а)пирена.

Недостатком информации о выбросах предприятий, приведенной в материалах статистических сборников, является то, что в графу «другие вещества» включаются до 70–99 % выбросов веществ, т.е. фактически не расшифровываются даже загрязнители, имеющие установленные нормативы ПДК и ОБУВ.

Несмотря на выявленные недостатки, информация о выбросах промышленных предприятий в атмосферный воздух городов позволяют получить ценные сведения для оценки влияния экологической ситуации на здоровье население.

Таблица 2

Показатели загрязнения атмосферного воздуха в городах Донецкой области

Наименование показателей	Авдеевка	Донецк	Славянгорск (контроль)	Донецкая область
$\sum M_i$, т/год	36290	202522	22,6	1588232
$\frac{\sum M_i}{S}$, т/год км ²	1250	273,6	3,1	38,4
OT , отн.ед.	768556	632571	190	17419100
OT_S , отн.ед.	26376	1108	23	656
$\ln OT_S$, отн.ед.	10,2	7,0	3,1	4,5
$OT_{S \text{ металлов}}$, отн.ед.	13,7	148	-	23
$OT_{S \text{ канцерогенов}}$, отн.ед.	1909	20,5	-	5,8
$\ln OT_{S \text{ канцерогенов}}$, отн.ед.	7,6	3,0	1,8*	1,8

Примечание. * — среднеобластные показатели.

2.2. Влияние выбросов промышленных предприятий на окружающую среду и население

Влияние выбросов промышленных предприятий на окружающую среду было изучено на примере проявления их мутагенного эффекта на клетках крови озерных лягушек и клетках Buccalного эпителия ротовой полости человека [2]. Результаты изучения микроядерного теста в клетках крови озерных лягушек, обитающих на территориях с различным уровнем промышленных выбросов и обследованных контингентов (группы № 1–4), представлены в таблицах 3, 4.

В г. Авдеевка — наиболее загрязненная территория по показателю OT_s (см. табл. 2), содержание клеток с микроядрами в эритроцитах крови лягушек составляло $(1,52 \pm 0,041) \%$, в г. Донецк — $(1,32 \pm 0,05) \%$, а в г. Славянск (контрольная территория) — $(0,78 \pm 0,03) \%$, что свидетельствует о мутагенной опасности загрязнения окружающей среды в Донецкой области. Зависимость содержания клеток с микроядрами в эритроцитах крови лягушек от показателя опасности территории по выбросам промышленных предприятий носит линейный характер с достоверностью аппроксимации 0,96 (рис. 1).

В той же последовательности можно ранжировать исследуемые регионы по показателю отношения суммы клеток с микроядрами типа Б и В, характеризующими цитологические нарушения, к количеству клеток с микроядрами типа А, характеризующими увеличение спонтанных мутаций.

Результаты исследования количества микроядер в крови обследуемых контингентов (группы №1–4),

проживающих в городах Донецкой области (см. табл. 4) показали, что у взрослых (группы 1, 3) число микроядер в эпителиальных клетках выше, чем у подростков (группы 2, 4), что отражает связанное с возрастом снижение способности к репарации.

Частота выявления клеток с микроядрами в эпителиальных клетках полости рта у обследованных лиц, проживающих в городах Донецк, Авдеевка несколько выше, чем у лиц, проживающих в г. Славянск, и связана с показателем опасности территории по выбросам промышленных предприятий (см. рис. 1). Это подтверждает то, что окружающая среда г. Донецк и г. Авдеевка имеет более активный мутагенный фактор в сравнении с г. Славянск.

Известно, что мутации в половых клетках могут проявляться в отклонении организма от нормального развития, а в соматических клетках приводят к преждевременному старению, сокращению продолжительности жизни [9].

Анализ медико-статистической информации о репродуктивной функции женщин, проживающих на территории городов Донецкой области (табл. 5) показал, что наибольшее количество случаев врожденных аномалий у детей отмечено в г. Донецк — $13,9 \pm 1,1$ случаев на 1000 человек.

Однако, следует отметить, что в г. Авдеевка значительно выше количество случаев врожденных аномалий сердца и системы кровообращения, а также случаев внутриматочной гипоксии и гидроцефалии.

Отмечен более высокий уровень заболеваний сальпингитом и оофоритом у женщин и подростков, эрозией шейки матки, мочеполовой системы у жен-

Таблица 3

Результаты микроядерного теста на озерной лягушке

Район отлова лягушек	Кол-во клеток		Содержание микроядер, %	Содержание клеток			Соотношение клеток (Б+В)/А
	всего	с микроядрами		А	Б	В	
Авдеевка	22000	334,5	$1,52 \pm 0,04$	1,24	0,1	0,15	$0,21 \pm 0,01$
Донецк	30000	409,0	$1,32 \pm 0,05$	1,19	0,08	0,05	$0,13 \pm 0,01$
Славянск (контроль)	20000	155,5	$0,78 \pm 0,03$	0,75	0,02	0,0009	$0,06 \pm 0,001$

Таблица 4

Содержание микроядер в эпителиальных клетках полости рта обследуемого контингента ряда городов Донецкой области

Обследуемый контингент	Содержание микроядер в эпителиальных клетках полости рта населения ряда городов Донецкой области, %, $X \pm Sx$		
	Донецк	Авдеевка	Славянск
Взрослые	$0,19 \pm 0,01$	$0,18 \pm 0,01$	$0,10 \pm 0,03$
Подростки	$0,14 \pm 0,01$	$0,10 \pm 0,06$	$0,06 \pm 0,006$

Рис. 1. Цитогенетичні зміни в клітках в залежності від показателя небезпечності території по викидам промислових підприємств

щин і порушень менструального циклу у підлітків г. Авдіївка. Самі низькі рівні цих захворювань спостерігалися в г. Славянськ. Виявлена достатньо висока ступінь кореляції показателів небезпечності територій по викидам підприємств з поширеністю вроджених аномалій розвитку дітей, з дитячою смертністю від вроджених аномалій і мертворождаємістю, а також з поширеністю деяких захворювань жінок і підлітків. В частині, по-видимому, з підвищеним рівнем забруднення атмосферного повітря викидами підприємств (по показателям OT_s , $OT_{\text{Сканцерогенов}}$, $OT_{\text{Саллергенов}}$) в містах Авдіївка і Донецьк може бути пов'язана підвищена поширеність захворювань нервової системи і органів чуттів, мочеполової системи, шкіри і підшкірної клітковини, психічних розладів і новоутворень, в першу чергу у підлітків (рис. 2). Достовірність апроксимації лінійних залежностей становить 0,9–1,0.

Полученные результаты указывают на высокую информативность разработанных показателей, наряду со скринингом тест-объекта (озерная лягушка), микроядерного теста в эпителиальных клетках ротовой полости у обследованных лиц для оценки мутагенной опасности воздействия факторов окружающей среды. Такой комплексный подход имеет большую медико-биологическую значимость для прогнозирования здоровья населения.

Одним из интегральных показателей, отражающих ответ организма на всю совокупность воздействий среды, является биологический возраст [14]. Установлено,

что показатели биологического возраста во всех обследованных группах находятся практически на одном уровне и соответствуют индивидуальному возрастному стандарту. В то же время отмечается тенденция увеличения показателей биологического возраста в гг. Авдіївка и Донецьк. Так, показатели темпа старения (ТС) и функционального возраста (ФВ) несколько превышают популяционный стандарт (ТС-0,95; ФВ – $41,9 \pm 2,2$ соответственно), что указывает на ускоренный «функциональный» износ организма под действием факторов окружающей среды во всех исследованных городах Донецкой области.

Анализ индивидуальных показателей обследуемого контингента позволил установить, что в городах Донецьк и Авдіївка ФВ превышал популяционный стандарт (ТС) в 40 % случаев, а в Славянське в 26 % случаев. В г. Донецьк 28 % обследуемых лиц имеет резко ускоренный темп старения – 26,1 % мужчин и 20,7 % женщин; в г. Авдіївка – у 29,5 %

Таблица 5

Распространенность врожденных аномалий развития детей (на 1000 детей) в городах Донецкой области

Врожденные аномалии	Распространенность врожденных аномалий развития детей ($X \pm Sx$) в городах		
	Донецк	Авдіївка	Славянськ
Всего	13,9±1,1	10,4±0,80	5,5±0,70
В том числе сердца и системы кровообращения	3,7±0,04	7,6±1,10	4,8±0,08
Вывих и дисплазия тазобедренного сустава	1,0±0,06	0,6±0,10	0
Внутриутробная гипоксия	2,1±0,30	3,9±0,60	0
Крипторхизм	1,8±0,20	1,5±0,60	0
Гидроцефалия	0,5±0,06	3,8±0,10	0
Детская смертность от врожденных аномалий	4,4±0,09	4,8±0,50	0,01±0,02
Мертворождаемость (на 1000 родов)	6,0±0,62	12,5±1,2	0

Рис. 2. Распространенность заболеваний у подростков в зависимости от показателя опасности территории по выбросам промышленных предприятий.

обследованных — у 45% мужчин и 10 % женщин, а в г. Славянгорск — у 7,3 % обследованных — 25 % мужчин и 18 % женщин. Зависимость числа лиц с ускоренным темпом старения от показателя опасности территории по выбросам промышленных предприятий носит линейный характер с достоверностью аппроксимации 0,84 (рис. 3).

Установлено, что действие загрязнителей окружающей среды Донецка и Авдеевки приводит к более существенному влиянию на функцию дыхания. Показатель ЖЕЛ у обследованных из этих городов составляет соответственно 0,98 и 0,78 от величины возрастного ТС тогда, как у обследуемых Славянгорска (контроль) значение данного показателя равно 1,04. Зависимость отношения показателя ЖЕЛ к величине возрастного ТС от показателя опасности территории по выбросам промышленных предприятий носит линейный характер с достоверностью аппроксимации 0,88 (см. рис. 3).

Снижение функции внешнего дыхания свидетельствуют о некотором нарушении в обеспечении организма кислородом, что наряду с мутагенными веществами может являться одним из стимулирующих факторов увеличения количества микроядер в эпителиальных клетках полости рта у обследованных лиц, проживающих на более «загрязненной территории».

У подростков, проживающих в Авдеевке и

Донецке (группа 2), содержание продуктов перекисного окисления липидов (КД и МДА), содержание ионов калия, активность каталазы в слюне находятся на более высоком уровне, чем у обследуемых, проживающих на контрольной территории — Славянгорске (табл. 6). Активность СОД, содержание лактата (La), коэффициента $K(Na/K)$, напротив, снижены ($P < 0,05$). У взрослого населения изменения указанных показателей имеют аналогичный характер, но несколько иную степень выраженности или их разница не достоверна. Выявленные изменения можно рассматривать как отражение защитно-приспособительных реакций организма, степень выраженности которых зависит от места проживания обследуемого контингента.

Для взрослых, проживающих в г. Донецк (группа 1), характерны изменения биохимических показателей слюны, отражающие загрязнение атмосферного воздуха соединениями металлов. У подростков и взрослого населения в слюне достоверно ($P < 0,05$), по сравнению с проживающими в Славянгорске, увеличено содержание магния, меди, марганца, цинка и свинца, отношение Mg/Ca , снижено содержание кальция. У обследованных из г. Авдеевка повышено содержание кальция и цинка, увеличено отношение цинка к содержанию меди. Следует отметить, что по показателю опасности территории по выбросам металлов Донецк занимает ведущее место, превосходя среднеобластные показатели в 1,7 раза. Возможно именно с повышенными выбросами пылевого аэрозоля и, в частности металлов, в г. Донецк связана более высокая распространенность заболе-

Рис. 3. Количество лиц с ускоренным темпом старения и жизненная емкость легких обследованного контингента в зависимости от показателя опасности территории.

Таблиця 6

**Биохимические и иммунологические показатели слюны взрослого населения
и подростков городов Донецкой области, $\bar{X} \pm Sx$**

Показатели	Донецк		Авдеевка		Славянгорск	
	взрослые	подростки	взрослые	подростки	взрослые	подростки
АОА, сек	9,2±0,88	-	2,1±0,78*	-	10±0,9	-
КД, усл.ед.	1,5±0,03	0,68±0,06	1,5±0,03*	0,66±0,02	1,3±0,02	0,52±0,01
МДА, ммоль/л	1,1±0,17	1,4±0,13	0,95±0,11	1,6±0,12*	1,2±0,19	1,3±0,11
Каталаза Е/мин, мл	0,24±0,03	0,33±0,02*	0,47±0,07	0,35±0,04*	0,39±0,05	0,18±0,02
SOD, Е/мин	1,1±0,05	1,4±0,04 *	1,8±0,12	2,0±0,16*	1,7±0,19	8,4±1,0
La, моль/л	1,2±0,23	1,3±0,12*	1,2±0,15*	1,2±0,15*	1,7±0,13	1,5±0,03
Белок, г/л	1,8±0,14*	2,2±0,19*	1,5±0,13	1,7±0,14*	1,2±0,08	1,2±0,05
K ⁺ , ммоль/л	26±0,9*	17±1, 0*	24±3,9*	38±3,4*	11±0,69	12±1,0
K (Na/K)	0,42±0,35*	0,53±0,05	0,55±0,06*	0,39±0,03*	0,86±0,05	0,64±0,09
Na ⁺ , ммоль/л	10±0,93	8,9±0,75	12±1,5	18±5,5	9,8±0,56	9,2±0,83
Zn ⁺ , мг/л	7,8±1,9*	5,2±0,75	21±3,6*	9,9±0,02*	2,9±0,55	4,2±1,2
Cu ⁺ , мг/л	0,15±0,01*	0,15±0,02*	0,07±0,01	0,15±0,06*	0,08±0,01	0,08±0,02
Zn/Cu	52±3,4*	35±7,2	300±110*	66±19*	36±6,9	52,5±2,8
Ca ⁺ , ммоль/мл	0,38±0,08*	1,0±0,09	1,4±0,21	0,96±0,08	0,90±0,07	0,78±0,09
Fe ⁺ , мкг/мг	15±5,1	20±2,7*	11±1,1	10±0,95	12,5±1,2	9,3±1,5
Mg ⁺ , ммоль/мл	0,9±0,12	0,45±0,07	0,17±0,04	0,14±0,02	0,16±0,02	0,15±0,02
Mg/Ca	2,4±0,24 *	0,50±0,04*	0,13±0,08	0,16±0,02*	0,18±0,02	0,21±0,02
Mn, мг/л	0,12±0,01*	0,12±0,01	0,02±0,01	0,03±0,01	0,04±0,02	0,07±0,01
Pb ⁺ , мг/л	0,16±0,01*	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.	не обн.
Liz, мкг/мл	34±6,2*	30±4,5	32±4,3*	37±4,4*	18±2,2	26±2,1
IgG, мг/л	45±3,0	25±6,9	58±8,5	25±6,4	61±8,5	11±3,4
IgA, мг/л	122±11*	65±6,3*	115±31*	69±24*	165±15	97±4,7
S-IgA, мг/л	184±48	289±67	380±90*	879±29*	145±70	191±23

Примечание. * – достоверность изменений по сравнению с контролем – Славянгорском ($P < 0,05$).

ваний органов дыхания у взрослых и подростков – 310 ± 14 и 268 ± 52 случаев на 1000 человек в то время, как в г. Авдеевка соответственно 163 ± 5 и 155 ± 6 , а в г. Славянгорск – 219 ± 7 и 150 ± 89 случаев. Заболевание системы кровообращения проживающих в г.Донецк отмечается в у взрослых и подростков 350 ± 31 и 249 ± 49 случаев; в г.Авдеевка – 257 ± 21 и 200 ± 2 и в г. Славянгорск – 232 ± 22 и 180 ± 12 случаев на 1000 человек. Заболевание костно-мышечной системы отмечено в 94 ± 8 и 117 ± 21 случаев у взрослых и подростков в г.Донецк, в 32 ± 3 и 120 ± 28 случаев в г. Авдеевка и 67 ± 5 и 61 ± 7 –соответственно в г. Славянгорск.

Установлено, что уровень лизоцима (Liz) в слюне у всех обследованных, проживающих на экологически неблагополучных территориях (см. табл. 6), достоверно превышал контрольные цифры как у подростков (г. Славянгорск – $26,5 \pm 2,1$ мкг/мл, г. Авдеевка – $37,2 \pm 4,5$ мкг/мл, г. Донецк – $30,1 \pm 4,5$ мкг/мл, $P < 0,05$), так и у взрослых (г. Славянгорск – $18,5 \pm 2,2$ мкг/мл, г. Авдеевка – $31,9 \pm 4,3$ мкг/мл, г. Донецк – $34,6 \pm 0,2$ мкг/мл, $P < 0,001$).

Концентрация иммуноглобулина G (Ig G) в слюне у подростков из г. Авдеевка и г. Донецк была практически одинаковой, но значительно выше, чем в контрольной группе. Что касается концентрации Ig A в слюне, то она была достоверно ниже как у взрослых, так и у подростков, проживающих на загрязненных территориях.

Содержание секреторного иммуноглобулина A (s-Ig A) в слюне подростков в опытных группах резко превышал таковой в контрольной группе, причем у подростков из г. Авдеевка этот показатель был значительно выше ($878,8 \pm 28,59$ мг/л), чем в г. Донецк ($289,0 \pm 67,4$ мг/л), в то время, как в г. Славянгорск он был на уровне – $190,58 \pm 22,96$ мг/л, $P < 0,05$. Из данных, приведенных в таблице 6, видно, что у взрослых также наблюдалось увеличение концентрации s-Ig A в слюне, но менее значительное. Связь этого параметра с уровнем загрязнения атмосферного воздуха отражена на рис. 4. Достоверность аппроксимации линейной зависимости уровня иммунологических показателей слюны взрослого насе-

Рис. 4. *Изменение иммунологических показателей слюны взрослого населения и подростков в зависимости от показателя опасности территории по выбросам промышленных предприятий.*

ления и подростков и показателя OTS составляла 0,85—0,97.

Полученные в ходе исследования данные свидетельствуют о преимущественно «раздражающем» действии факторов малой интенсивности на систему местного иммунитета проживающих в этих условиях людей и о напряженном ее функционировании. Снижение концентрации IgA и повышение уровня S-IgA в слюне может быть связано с повышенным синтезом S-IgA из IgA в слизистой носоглотки путем присоединения к нему секреторного компонента для полноценного осуществления защитной функции организма от воздействия вредных факторов внешней среды.

Менее выраженные расхождения в ряде иммунологических показателей обследованных контингентов взрослого населения, проживающих на загрязненной и контрольной территориях, по сравнению с подростками возможно объясняется тем, что население в процессе проживания на данной территории в определенной мере адаптировалось к загрязнению окружающей среды.

Результаты апробации разработанных показателей свидетельствуют о возможности их использования, по крайней мере, для решения экспресс — задач, связанных с установлением и сравнением биологической опасности определенных территорий.

Апробация показателей должна быть продолжена для разработки классификации территорий

по их опасности для здоровья населения, для установления более объективных связей между биологическими эффектами и группами веществ, которые за это ответственны.

Выводы

1. Предложен экспресс-метод суммарной оценки загрязнения атмосферного воздуха на основе использования относительных показателей различных видов биологической опасности (канцерогенной, аллергенной, мутагенной и др.) путем суммирования отношений массы выбросов к ПДК этих веществ в атмосферном воздухе, преимуществом которого является возможность сравнения отдельных предприятий и отдельных территорий как по совокупности всех выбросов, так и по отдельным их группам, которые оказывают специфические эффекты действия на живой организм. Апробирована возможность использования разработанного метода для установления связи между показателями состояния здоровья населения и уровнем загрязнения атмосферного воздуха химическими веществами.
2. Установлен высокий уровень корреляции между показателями цитогенетических нарушений (содержание микроядер в эритроцитах крови лягушек, в эпителиальных клетках полости рта у обследованных лиц (взрослых и подростков) и предложенным показателем опасности территории по выбросам промышленных предприятий на единицу площади территории, OT_s . Этот же показатель имел высокий уровень корреляции с распространенностью некоторых заболеваний (нервной системы и органов чувств, мочеполовой системы, кожи и подкожной клетчатки, психическими расстройствами и новообразованиями), в первую очередь для подростков, а также с младенческой смертностью, связанной с врожденными аномалиями, рядом биохимических и иммунологических показателей и с количеством лиц с ускоренным темпом старения.
3. Предложенные показатели опасности выбросов предприятия и территории можно использовать для сравнительной оценки степени загрязненности атмосферного воздуха разными промышленными предприятиями, для оценки техногенного загрязнения отдельных, экологически отличающихся территорий.

Литература

1. Хакен Г. Синглетика. Иерархия неустойчивости в самоорганизующихся системах и устройствах. – М.: Мир, 1985. – 321 с.
2. Использование микроядерного теста для оценки экологической ситуации региона/ Суханов В.В., Петулько С.Н., Путилина О.Н., Теплова Т.Е., Богатырева Е.В., Бакун Г.В. // «Донбасс-2020: Охрана довкілля та екологічна безпека»: зб. доповідей наук.-практ. конф., 21–22 листоп. 2001 р., Донецьк, Т. 2. – Донецьк, 2001. – С. 165–168.
3. Оценка состояния организма подростков, проживающих в различных районах Донбасса/ Суханов В.В., Петулько С.Н., Теплова Т.Е., Путилина О.Н., Землякова Л.Ф., Богатырева Е.В. // Материалы междунар. науч.-практ. конф. посвящ. 75-летию НИИ МЭП... «Актуальные проблемы медицины труда и экологии Донбасса» (18–20 окт. 2000 г.) / отв. Ред. В. В. Мухин. – Донецк: Дон ГМУ, 2000. – С. 261–263.
4. Новые подходы к оценке загрязнения атмосферного воздуха по результатам анализа выбросов промышленных предприятий / Мухин В.В., Путилина О.Н., Теплова Т.Е., Козлова О.И. // Довкілля та здоров'я. – 2003. – № 2. – С. 53–56.
5. Определение реальной аэрогенной химической нагрузки, формируемой атмосферными загрязнениями, на различные возрастные группы населения: Методические рекомендации. – Киев, 1982.
6. Рекомендации по делению категорий опасности предприятий (КОС) в зависимости от массы и видового состава выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ. Зап.-Сибирский Госкомгидромета. – Новосибирск, 1987.
7. Максименко Ю.Л., Шаприцкий В.Н., Горкина И.Н. Оценка воздействия на окружающую среду и разработ-

ка нормативов ПДВ: Справочник, М., 1999.

8. Некрасова Г.И. Классификация опасности промышленных предприятий на новой методической основе // Гигиена и санитария. – 2006. – №6. – С. 95–97.
9. Рыбакова К.Д. Мутагенное и тератогенное действие факторов внешней среды на организм человека. – М.: РИО ЦОЛИУВ, 1981. – 32 с.
10. Ильинских Н.Н., Ильинских И.Н., Некрасов В.Н. Использование микроядерного теста скрининге и мониторинге мутагенов // Цитология и генетика. – 1983. – Т.22. – №1. – С. 68–72.
11. Кожин А.А., Закруткин В.Е. Комплексная оценка токсичности антропогенного загрязнения окружающей среды при экологическом ранжировании территории // Медицина труда и промышленная экология. – 1997. – № 2.
12. Войтенко В.П., Полухов А.М., Барбарук Л.Г. Биологический возраст как ключевая проблема геронтологии // Геронтология и гериатрия: [ежегодник]. – 1984. – К.: Ин-т геронтологии АМН СССР, 1984. – С. 5–15.
13. Решетюк А.Л., Поляков О.А. 6 Коробейников Г.В. Визначення функціонального віку та темпів старіння людини // Метод. рекомендації. – К.: МОЗ України, 1996. – 9 с.
14. Влияние техногенных загрязнителей атмосферного воздуха Донецкой области на показатели здоровья населения/ Суханов В.В., Путилина О.Н., Передерий Г.С., Землякова Л.Ф., Теплова Т.Е., Петулько С.Н., Черных Л.В., Богатырева Е.В., Трунова О.А. // Материалы междунар. науч.-практ. конф. посвящ. 75-летию НИИ МЭП... «Актуальные проблемы медицины труда и экологии Донбасса» (18–20 окт. 2000 г.) / отв. Ред. В. В. Мухин. – Донецк: Дон ГМУ, 2000. – С. 129–131.

Мухін В.В., Путіліна О.Н., Теплова Т.Е., Бакун Г.В.

ЕКСПРЕС-ОЦІНКА НЕБЕЗПЕКИ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ВИКИДАМИ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

НДІ медико-екологічних проблем Донбасу і вугільної промисловості, м. Донецьк

Запропонований інтегральний показник експрес-оцінки біологічної небезпеки території по рівню викидів промислових підприємств. Показана можливість його використання для встановлення взаємозв'язку з порушенням здоров'я населення, а також з мутагенними аномаліями в живих організмах внаслідок екологічної ситуації.

Ключові слова: промислові викиди, здоров'я, населення

Mukhin V.V., Putilina O.N., Teplova T.Y., Bakun G.V.

EXPRESS ASSESSMENT OF THE DANGER OF THE ENVIRONMENT POLLUTION FROM INDUSTRIAL EMISSIONS

Research institute for medico-ecological problems of Donbass and coal industry, Donetsk

The integral index for express assessment of the biological danger for the territory by the level of industrial emissions has been proposed. The possibility of its use for the establishment of the relation of the population health disorders and mutagenic anomalies in living organisms in the existing ecological situation is shown.

Key words: industrial emissions, health, population

Поступила: 18.09.08

Контактное лицо: Путилина Ольга Николаевна, ГП НИИ медико-экологических проблем Донбасса и угольной промышленности, пр. Ильича, 104 б, Донецк 83059, тел./факс (062) 385-92-80, 382-90-78, e-mail: donmep@dn.farlep.net.