



Г. В. БОНДАРЬ

Г. В. Бондарь, генеральный директор Коммунального клинического лечебно-профилактического учреждения «Донецкий областной противоопухолевый центр» (ККЛПУ «ДОПЦ»), заведующий кафедрой онкологии Донецкого национального медицинского университета имени М. Горького (ДНМУ), академик НАМН Украины, доктор медицинских наук, профессор

С. В. Грищенко, профессор кафедры социальной медицины, организации здравоохранения и истории медицины ДНМУ, доктор медицинских наук, профессор

А. Н. Глушков, директор Федерального бюджетного государственного учреждения науки (ФБГУН) «Институт экологии человека» Сибирского отделения Российской академии наук (ИЭЧ СО РАН), доктор медицинских наук, профессор

С. А. Мун, старший научный сотрудник ФБГУН ИЭЧ СО РАН, кандидат медицинских наук, доцент

С. А. Ларин, старший научный сотрудник ФБГУН ИЭЧ СО РАН, кандидат медицинских наук

В. В. Браиловский, врач Центра госсанэпиднадзора (ЦГСЭН), г. Кемерово (Российская Федерация)

Л. Н. Кузнецова, заместитель генерального директора ККЛПУ «ДОПЦ»

Е. А. Дмуховская, заведующая канцер-регистром ККЛПУ «ДОПЦ»

Взаимосвязь заболеваемости раком легкого с промышленным загрязнением атмосферного воздуха и прогнозирование онкологической ситуации в угледобывающих регионах

Вступление

В рамках совместного проекта Национальной академии наук Украины и Сибирского отделения Российской академии наук «Разработка методологии системной оценки и прогнозирования канцерогенной опасности для населения угледобывающих регионов России и Украины» проведено изучение взаимосвязи между промышленным загрязнением атмосферы и возникновением рака легкого (РЛ) [1].

Известно, что возникновение рака легкого в значительной степени зависит от воздействия бытовых (курение) и производственных канцерогенных факторов [3; 6; 7].

Загрязнение атмосферного воздуха в угледобывающих регионах обусловлено в основном выбросами предприятий базовых отраслей промышленности. Предполагается, что чем больше выбросов в атмосферу при добыче угля и его переработке (сжигании) на металлургических и теплоэнергетических предприятиях, тем выше показатели онкологической заболеваемости.

Цель работы – разработка единого подхода к решению проблем прогнозирования и предупреждения онкологических заболеваний путем выявления общих закономерностей и региональных особенностей формирования канцерогенной ситуации,

её взаимосвязи с заболеваемостью злокачественными новообразованиями в угледобывающих регионах Украины и России [2].

Материалы и методы

Данные о количестве впервые выявленных случаев РЛ в Донецкой области (ДО) были взяты из базы данных регионального канцер-регистра, а данные о заболеваемости РЛ в Кемеровской области (КО) – выбраны из отчетных форм ГУЗ «Областной клинический онкологический диспансер» г. Кемерово (форма № 7 «Сведения о заболеваемости ЗН»). Данные о возрастной структуре населения взяты в областных управлениях статистики ДО и КО.

Данные о количестве выбросов в атмосферу базовых отраслей промышленности взяты из «Материалов ежегодных докладов о состоянии окружающей среды Донецкой области» и «Статистического сборника по валовым выбросам» Донецкого областного статистического управления [5; 8], а также из ежегодных Государственных докладов «О состоянии и охране окружающей среды Кемеровской области» и «Угольная промышленность Российской Федерации» [4; 7].

Расчет стандартизованных показателей заболеваемости РЛ (на 100 000 населения) проводили прямым методом стандартизации по общепринятой методике. За стандарт была принята возрастная структура населения КО в 2001 г.

Для выявления зависимости стандартизованных показателей заболеваемости РЛ от количества добычи и переработки угля, выбросов в атмосферу использовали метод расчета коэффициента прямой, линейной (парной) корреляции с выявлением максимальных значений коэффициентов корреляции, их значимости и определением временного сдвига.

Доли влияния на заболеваемость РЛ выбросов от базовых отраслей рассчитывали с использованием пакета прикладных программ STATISTICA 6.0 методом пошагового регрессионного анализа.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование проводилось на примере Донецкой области Украины и Кемеровской области Российской Федерации. Эти области характеризуются чрезвычайной концентрацией угледобывающей и углеперерабатывающей отраслей промышленности [3; 4; 5; 8].

Экологическая характеристика Донецкой области выглядит следующим образом.

Общая площадь – 26,5 тыс. км², что составляет 4,4 % территории Украины. В области проживает около 5 000 000 человек – 10 % всего населения страны. Плотность населения – 189 чел./на 1 км² (наибольший показатель в Украине). На сравнительно небольшой территории сконцентрировано около 2 000 промышленных предприятий, из которых 800 относятся к крупным. Ведущими отраслями промышленности Донбасса являются угледобывающая, черная и цветная металлургия, химическая и коксохимическая, машиностроительная, энергетика, строительная. В области эксплуатируются около 300 месторождений, где добываются 50 видов полезных ископаемых. Плотность сети железных дорог составляет 58 км/1000 км².

Высокая концентрация промышленного и сельскохозяйственного производства, транспортной инфраструктуры в сочетании со значительной плотностью населения создали громадную нагрузку на биосферу – самую большую в Украине и Европе. Суммарная техногенная антропогенная нагрузка на единицу территории области в 4 раза выше средней по стране. Так, средне-многолетний (за последние 30 лет) ежегодный валовый выброс вредных веществ от всех источников загрязнения в атмосферу составляет около 4 млн т, т. е. более 500 кг на одного жителя области, или 140 т/км².

В целом на Донецкую область приходится около 37 % всех выбросов загрязняющих веществ в воздушный бассейн Украины.

Кемеровская область является основным форпостом России по добыче высококачественных углей для обеспечения теплоэнергетики, металлургии и других отраслей

промышленности и народного хозяйства. На её долю приходится более 60 % всех энергетических ресурсов России.

В Международном перечне индустриальных процессов, являющихся базовыми для угледобывающих регионов и представляющих канцерогенную опасность для человека, перечисляются: производство кокса, переработка каменноугольных смол, газификация угля; производство чугуна и стали (агломерационные фабрики, доменное и сталеплавильное производство, горячий прокат) и литья из них; производство алюминия [6].

онкологической заболеваемости с уровнями производства.

Наиболее объективными показателями, точно отражающими интенсивность индустриальных процессов в угледобывающих регионах, являются ежегодные объемы добычи и переработки (сжигания) угля в базовых отраслях промышленности.

Начиная с 1988 г. количество добываемого угля в обеих областях ежегодно снижалось вплоть до 1996 г. Минимальные значения имели место в 1996–1999 гг., затем наблюдался рост добычи угля. К 2005 г. объемы добычи угля в Кемеровской обла-

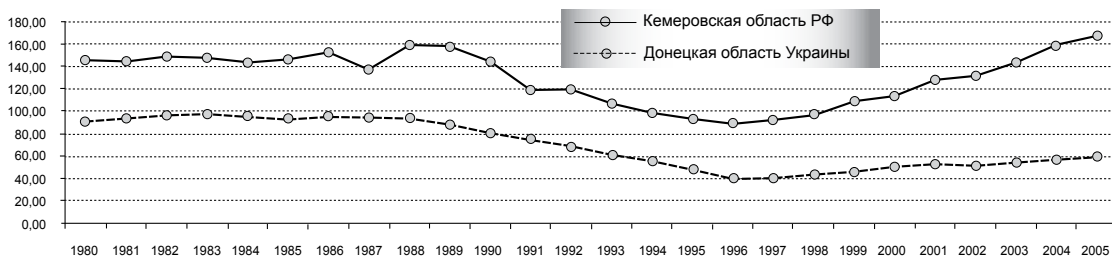


Рис. 1. Динамика количества добычи угля в ДО и КО в 1980–2005 гг. (млн т/г.)

К безусловным канцерогенам, содержащимся в угле и/или образующимся в процессах его переработки и сжигания, относятся: бензо[а]пирен; каменноугольные смолы, пеки и их возгоны; бериллий, кадмий, мышьяк, никель и их соединения; тетрахлордибензо-р-диоксин; сажи; 2-нафтамин; радон.

сти возросли до исходного уровня, а в Донецкой области они исходного уровня не достигли (рис. 1).

Аналогичные изменения отмечались в количестве обогащения угля и его переработки в других базовых отраслях промышленности. Падение производственных показателей в Донецкой области было более выраженным, чем в Кемеровской.

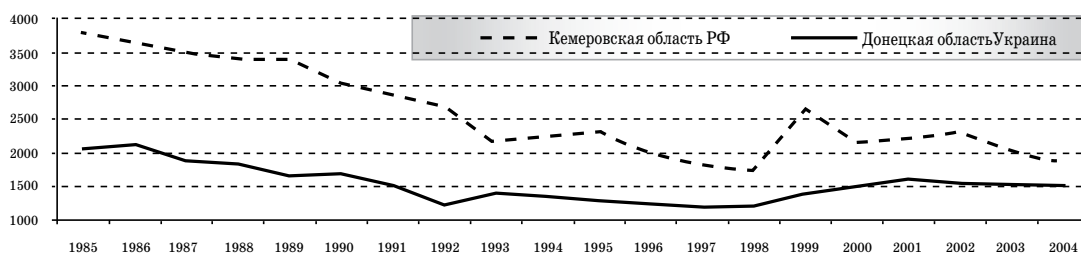


Рис. 2. Динамика валовых выбросов в атмосферу в ДО и КО в 1990–2004 гг. т/г.)

Столь широкий спектр производственных канцерогенных факторов, разнообразие (а порой несоответствие) методик их количественной оценки, несогласованность их определения в окружающей среде во времени и в пространстве представляют собой труднопреодолимые препятствия в исследовании взаимосвязей

На фоне спада производства начиная с 1985 г. снижалось количество валовых выбросов в атмосферу: в Донецкой области – с 3800 до 1800 т/г. к 1999 г., в Кемеровской области – с 2010 до 1300 т/г. к 1997 г. Затем наметилась тенденция к росту. Обращает на себя внимание тот факт, что уменьшение выбросов в атмосферу

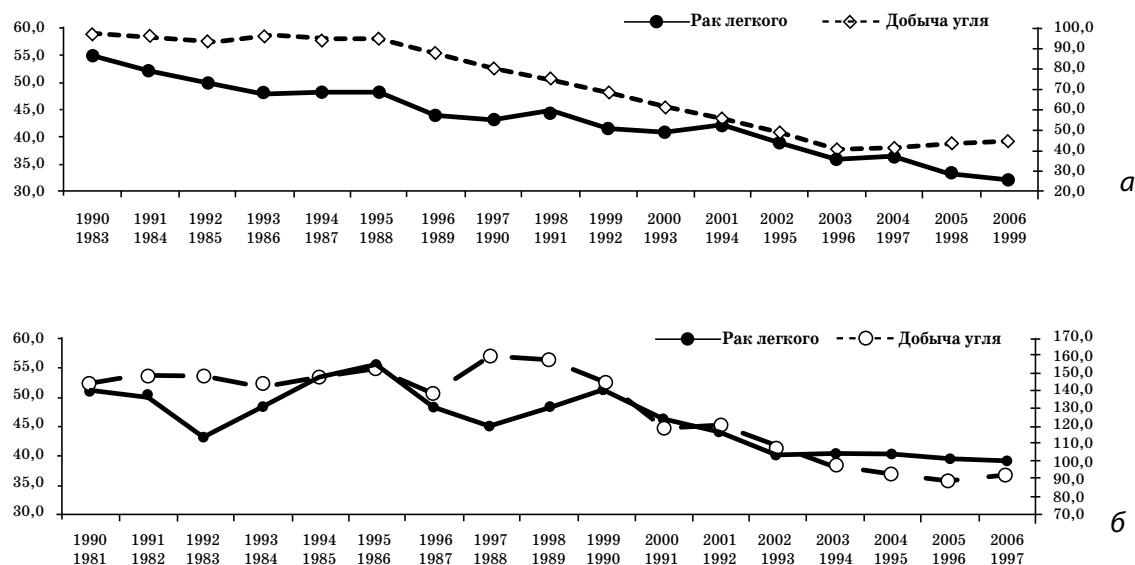


Рис. 3. Взаимосвязь во времени показателей заболеваемости раком легкого с количеством добычи угля в Донецкой (а) и Кемеровской (б) областях

в ДО в течение исследуемого промежутка времени были выше, чем в КО. К 2004 г. количество валовых выбросов в атмосферу в обеих областях почти сравнялось (рис. 2).

В результате этих процессов изменялись канцерогенные нагрузки на население и показатели заболеваемости злокачественными новообразованиями.

Вероятно, поэтому в начале 1990-х годов уровни заболеваемости РЛ в ДО были выше, чем в КО, и последующее снижение показателей заболеваемости РЛ в КО было не столь выражено, как в ДО. Если в 1990 г. они равнялись 55,0 и 51,0 на 100 000 населения, то к 2006 г. они составили 32,0 и 39,2 для ДО и КО соответственно. Более того, с 2002 г. в ДО заболеваемость РЛ продолжала снижаться до 2006 г. (с 39,0 до 32,0), а в КО оставалась примерно на одном уровне (40,0–39,0 на 100 000 населения).

Очевидность взаимосвязей между спадом производства и соответствующим уменьшением количества выбросов в атмосферу, с одной стороны, и снижением уровней заболеваемости РЛ — с другой стороны, послужило основанием для более детального их исследования. При этом следовало учесть длительность латентного периода возникновения рака, исходя из общих представлений о канцерогенезе. Иными словами, необходимо было определить промежутки времени (t)

между величинами выбросов в атмосферу и показателями заболеваемости РЛ. Это имеет большое значение как для исследования искомым взаимосвязей, так и для определения прогнозов заболеваемости.

Были исследованы взаимосвязи между стандартизованными показателями заболеваемости раком легкого, с одной стороны, и изменениями производственных показателей в базовых отраслях — с другой.

Такие взаимосвязи действительно имели место. Уменьшение количества добычи угля сопровождалось снижением заболеваемости раком легкого в обеих областях.

Только понижение уровней заболеваемости раком легкого в Донецкой области происходило спустя 7 лет после снижения объемов добычи угля и его переработки, а в Кемеровской области — спустя 9 лет (рис. 3).

Выявленные взаимосвязи носили прямой, линейный и сильный характер (коэффициенты корреляции составили 0,93 в Донецкой области и 0,81 в Кемеровской области). Видно, что с увеличением количества добычи угля имеет место увеличение показателя заболеваемости раком легкого (рис. 4).

Аналогичные сильные взаимосвязи показателей заболеваемости раком легкого выявлены и с количеством обогащения и переработки угля в металлургии, электроэнергетике и коммунальном хозяйстве как в Донецкой, так и в Кемеровской области.

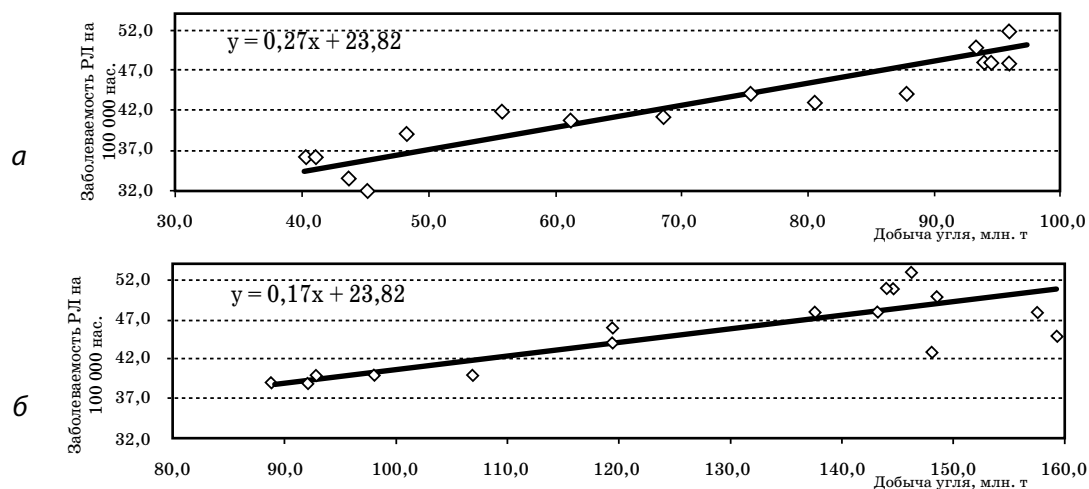


Рис. 4. Корреляція показателів захворюваності раком легкого с количеством добычи угля в Донецкой (а) и Кемеровской (б) областях

На первый взгляд из представленных выше закономерностей следует, что для снижения уровня заболеваемости РЛ необходимо уменьшить количество добычи и переработки угля. Очевидно, что это недопустимо и нереально, так как неминуемо приведет к экономическому спаду.

Очевидно также, что на заболеваемость ЗН влияют не объемы добычи и переработки угля, а количество канцерогенных факторов, которые при этом образуются и попадают в окружающую среду. Поэтому мы попытались выяснить, взаимосвязаны ли между собой показатели заболеваемости раком легкого и количество промышленных выбросов.

Удалось установить, что искомые взаимосвязи действительно имеют место: они прямые и сильные. Чем больше промышленных валовых выбросов в атмосферу, тем выше стандартизованный показатель заболеваемости как в Донецкой, так и в Кемеровской области (рис. 5).

Одновременно установлено, что взаимосвязи показателей заболеваемости раком легкого с количеством выбросов в атмосферу отдельных отраслей промышленности имеют существенные различия. Так, например, при увеличении количества выбросов от угледобывающей промышленности в Кемеровской области на 1 т/г. показатель заболеваемости раком

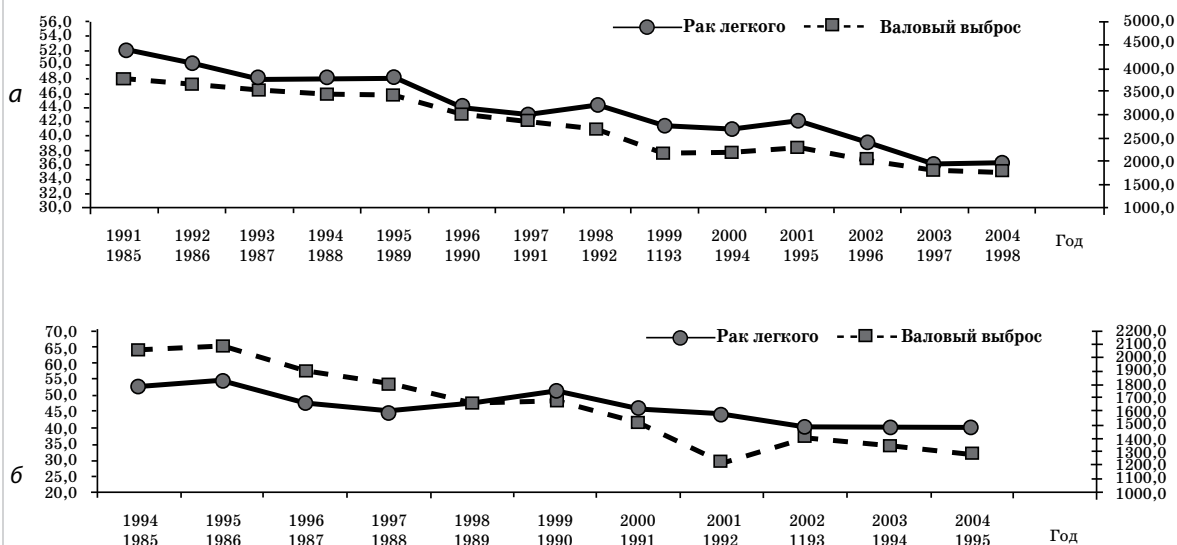


Рис. 5. Взаимосвязь во времени показателей заболеваемости РЛ с количеством валовых выбросов в атмосферу в Донецкой (а) и Кемеровской (б) областях

легкого возрастает на 0,147, а от предприятий электроэнергетического комплекса — на 0,065. В Донецкой области эти различия не столь выражены.

При увеличении валовых выбросов на 1 т/г. показатель заболеваемости возрастает в Донецкой области на 0,007, а в Кемеровской области — на 0,015 (табл. 1).

Исследование доли влияния на заболеваемость РЛ выбросов от трех базовых отраслей: угледобыча, металлургия, электроэнергетика показало, что доли влияния каждого из трех исследуемых факторов в ДО и КО не имеют существенных различий. Минимальное влияние на заболеваемость РЛ оказывают выбросы угледобывающей отрасли (19,3 и 14,5 % соответственно), максимальное — выбросы предприятий электроэнергетики (45,6 и 44,9 % соответственно). Доли влияния неучтенных факторов невелики как в ДО, так и в КО (табл. 2).

На основе выявленных закономерностей были рассчитаны прогнозы заболеваемости раком легкого на среднесрочную перспективу, с использованием фактических данных о количестве выбросов в атмосферу базовых отраслей промышленности в пре-

дыдущие годы (до 2005 г.) и учетом установленных промежутков времени t между ними и показателями заболеваемости.

Для Донецкой области возможны как рост заболеваемости раком легкого на 28 % в связи с увеличением выбросов металлургической промышленности в предыдущие годы, так и стабилизация заболеваемости в связи с сохранением уровней выбросов угледобывающей промышленности и электроэнергетики. Линия прогноза исходя из динамики валовых выбросов в предыдущие годы занимает промежуточное положение (рис. 6).

На данном этапе исследований при расчете прогнозов не учитывались выбросы других отраслей промышленности и автотранспорта, которые, несомненно, вносят свой вклад в формирование онкологической ситуации в угледобывающих регионах. Не учитывалось также и содержание канцерогенных веществ в выбросах. Тем не менее, удалось обнаружить общие закономерности и выразить математически найденные взаимосвязи между стандартизованными показателями заболеваемости РЛ и количеством выбросов в атмосферу базовых отраслей промышленности.

Таблица 1

Уравнения регрессии между показателями заболеваемости РЛ (y) и количеством выбросов в атмосферу базовых отраслей промышленности (x) с промежутками времени (t) при максимальных значениях коэффициента корреляции (r)

Исследуемый фактор	Донецкая область			Кемеровская область		
	r	t	$y = a \cdot x \pm b$	r	t	$y = a \cdot x \pm b$
Выбросы при добыче угля	0,95	6	$y = 0,028x + 18,91$	0,8	8	$y = 0,147x + 23,79$
Выбросы от металлургии	0,84	7	$y = 0,048x + 8,17$	0,88	9	$y = 0,024x + 30,50$
Выбросы от электроэнергетики	0,94	7	$y = 0,055x + 9,42$	0,92	8	$y = 0,065x + 27,82$
Валовый выброс	0,97	6	$y = 0,007x + 25,31$	0,86	9	$y = 0,015x + 22,14$

Таблица 2

Доля влияния на заболеваемость раком легкого выбросов базовых отраслей промышленности в КО и ДО

Исследуемый фактор	Доля влияния на заболеваемость РЛ, %	
	Донецкая область	Кемеровская область
Выбросы при добыче угля	19,3	14,5
Выбросы от металлургии	29,4	27,4
Выбросы от электроэнергетики	45,6	44,9
Неучтенные	5,7	13,2



Рис. 6. Варіанти прогноза захворюваності раком легкого з 2007 г. в залежності від динаміки викидів в атмосферу базових отраслей промисловості Донецької області в передбачувані роки

Виявлені математичні формули дозволяють розрахувати мінімальне кількість викидів в атмосферу для заданого (желемого) рівня захворюваності. Наприклад, якщо ми хочемо досягти того, щоб показник захворюваності РЛ не перевищував рівня 2006 г. (32,0 в ДО і 39,0 в КО на 100 000 населення), то кількість валових викидів не повинно перевищувати 955,7 т/год і 1125,0 т/г. відповідно. В 2004 році ці величини становили 1766,6 т/г. в ДО і 1534,2 т/г. в КО і тому ріст захворюваності РЛ в середньотривній перспективі дуже ймовірно, як в КО, так і в ДО.

Ріст промислового виробництва в вугледобувальних регіонах супроводжується поступовим впровадженням нових, екологічно більш прийнятних технологій переробки вугля. Тому дуже ймовірно, що виявлені

дані на основі ретроспективного аналізу кількісні характеристики взаємозв'язків промислових показників і рівнів захворюваності будуть потрібні в уточненні.

Висновки

Загальні закономірності, виявлені в Донецькій та Кемеровській областях, а саме – сильні, прямі кореляційні зв'язки між кількістю видобутих та перероблених вугля, а також кількістю атмосферних викидів, з однієї сторони, і стандартизованими показниками захворюваності – з іншої, необхідно враховувати при прогнозуванні онкологічної ситуації і, відповідно, для розробки системного підходу до профілактики раку в вугледобувальних регіонах.

Список літератури

1. Атлас онкологічної захворюваності населення Кемеровської області Росії та Донецької області України (1996 – 2005 гг.) / под общ. ред. А. Н. Глушкова, Г. В. Бондаря. – Кемерово: Медицина и просвещение, 2009. – Спецвып. № 9. – 79 с.
2. Бондарь Г. В. Территориальные особенности заболеваемости злокачественными новообразованиями в Донецкой области / Г. В. Бондарь, Л. Н. Кузнецова, Е. А. Дмуховская // Материалы XI съезда онкологов Украины, Судак. Крым. – 2006. – С. 14–15.
3. Гигиена экологической среды Донбасса / В. И. Агарков, С. В. Грищенко, В. Я. Уманский и др. – Донецк, 2004. – 170 с.
4. Государственный доклад «О состоянии окружающей среды Кемеровской области в 2004 г. – Кемерово: Практика, 2005. – 367 с.
5. Земля тревоги нашей (Материалы ежегодных докладов о состоянии окружающей среды Донецкой области). – Госуправление по экологической безопасности, 2005.
6. Канцерогенные вещества: справочник МАИР / под ред. В. С. Турусова. – М.: Медицина, 1987. – 333 с.
7. Мун С.А. Бенз(а)пирен атмосферного воздуха и онкологической заболеваемости в Кемерово / С. А. Мун, С. А. Ларин, В. В. Браиловский // Гигиена и санитария. – 2006. – № 4. – С. 28–30.
8. Основные показатели охраны окружающей среды. Статистический сборник по валовым выбросам 1985 – 2004 гг. – Донецкое областное статистическое управление, 2005 г.
9. Оценка и прогноз канцерогенной опасности для населения угледобывающих регионов России и Украины (на примере Кемеровской и Донецкой областей) / под общ. ред. А. Н. Глушкова, Г. В. Бондаря: Рос. акад. наук, Сиб. отд-ние, Ин-т экологии человека [и др.]. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. – 156 с.

Резюме

Summary

Взаимосвязь заболеваемости раком легкого с промышленным загрязнением атмосферного воздуха и прогнозирование онкологической ситуации в угледобывающих регионах

Г. В. Бондарь, С. В. Грищенко, А. Н. Глушков, С. А. Мун, С. А. Ларин, В. В. Браиловский, Л. Н. Кузнецова, Е. А. Дмуховская

Возникновение рака легкого (РЛ) в значительной степени зависит от воздействия бытовых (курение) и производственных канцерогенных факторов. Канцерогенная нагрузка на население в угледобывающих регионах зависит от интенсивности производства в базовых отраслях промышленности. На примере Донецкой области Украины и Кемеровской области Российской Федерации удалось обнаружить общие закономерности и выразить математически найденные взаимосвязи между стандартизованными показателями заболеваемости РЛ и количеством выбросов в атмосферу базовых отраслей промышленности. Выявленные математические формулы позволяют рассчитать минимальное количество выбросов в атмосферу для заданного (желаемого) уровня заболеваемости.

Ключевые слова: рак легкого, угледобывающие регионы, прогноз онкологической ситуации.

Effect of Industrial Atmospheric Pollution on Lung Cancer and Oncology Forecasting in Coal Mining Regions

H. V. Bondar, S. V. Hryshenko, A. N. Hlushkov, S. O. Mun, S. O. Larin, V. V. Brayilovskyi, L. N. Kuznietsova, O. O. Dmukhovska

Lung cancer (LC) to a great extent is caused by social (smoking) and industrial cancer-causing factors. Carcinogenic effects on the population in coal mining regions depend on production intensity within the major industrial sectors. Analysing the situation in Donetsk oblast in Ukraine and Kemerovo oblast in the Russian Federation helped detect general trends and express in mathematical terms the dependence between adjusted lung cancer indicators and the volumes of atmospheric emissions from major industrial sectors. The identified mathematical formulas allow calculation of minimum volumes of atmospheric emissions to ensure set (acceptable) lung cancer indicators.

Key words: lung cancer, coal mining regions, oncology forecasting.

Взаємозв'язок захворюваності на рак легені з промисловим забрудненням атмосферного повітря та прогнозування онкологічної ситуації у вугледобувних регіонах

Г. В. Бондар, С. В. Грищенко, А. Н. Глушков, С. О. Мун, С. О. Ларін, В. В. Браїловський, Л. Н. Кузнецова, О. О. Дмуховська

Виникнення раку легені (РЛ) значною мірою залежить від впливу побутових (паління) і виробничих канцерогенних факторів. Канцерогенне навантаження на населення у вугледобувних регіонах залежить від інтенсивності виробництва у базових галузях промисловості. На прикладі Донецької області України і Кемеровської області Російської Федерації вдалося виявити загальні закономірності і виразити математично знайдені взаємозв'язки між стандартизованими показниками захворюваності на РЛ та кількістю викидів в атмосферу базових галузей промисловості. Виявлені математичні формули дозволяють розрахувати мінімальну кількість викидів в атмосферу для заданого (бажаного) рівня захворюваності.

Ключові слова: рак легені, вугледобувні регіони, прогноз онкологічної ситуації.