

Анализ взаимосвязи показателей заболеваемости раком легкого и компонентов, загрязняющих атмосферный воздух в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре

А. А. Мордовский^{1,2}, А. М. Парсаданян^{1,2}, А. А. Аксарин^{1,2}, П. П. Троян¹,
А. И. Пахтусов², Ю. С. Кириллова³

¹ БУ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутская окружная клиническая больница», г. Сургут, Россия

² БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут, Россия

³ Публичное акционерное общество «Сургутнефтегаз», г. Сургут, Россия

РЕЗЮМЕ

За 20 лет исследуемого периода в Югре наблюдается рост стандартизованного показателя заболеваемости раком легкого. Риск развития рака легких тесно связан с факторами внешней среды, главными из которых являются: табакокурение и загрязнение атмосферного воздуха канцерогенами. Нами были изучены среднегодовые концентрации загрязняющих атмосферный воздух веществ и стандартизованные показатели заболеваемости раком легкого у женщин и мужчин на территориях округа. В результате проведенного кросс-корреляционного анализа было получено, что отсроченная взаимосвязь заболеваемости раком легкого и среднегодовых концентраций формальдегида в атмосферном воздухе у мужчин и женщин проявляется спустя 10–16 лет воздействия, фенола спустя 13–17 лет после воздействия, диоксида азота спустя 14–15 лет после воздействия.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: рак легкого, заболеваемость, смертность, загрязнение атмосферного воздуха, корреляционный анализ.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ. Авторы объявляют, что у них нет конфликта интересов.

Analysis of the relationship between lung cancer incidence rates and components polluting atmospheric air in the Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra

A. A. Mordovskii^{1,2}, A. M. Parsadanyan^{1,2}, A. A. Aksarin^{1,2}, P. P. Troyan¹, A. I. Pakhtusov², Y. S. Kirillova³

¹ Regional Oncology Dispensary, Surgut, Russia

² Surgut State University, Surgut, Russia

³ "Surgutneftegas," Public Joint Stock Company, Surgut, Russia

SUMMARY

Over the 20 years of the study period in Ugra there has been an increase in the standardized lung cancer incidence rate for 20 years of the study period in Ugra there is an increase in the standardized lung cancer incidence rate. The risk of lung cancer development is closely related to environmental factors, the main of which are: tobacco smoking and air pollution with carcinogens. We studied average annual concentrations of atmospheric air pollutants and standardized incidence rates of lung cancer in men and women in the territories of the county. As a result of cross-correlation analysis it was obtained that delayed correlation of lung cancer morbidity and average annual concentrations of formaldehyde in atmospheric air in men and women is manifested after 10–16 years of exposure; phenol after 13–17 years after exposure; nitrogen dioxide after 14–15 years after exposure.

KEYWORDS: lung cancer, morbidity, mortality, air pollution, correlation analysis.

CONFLICT OF INTEREST. The authors declare that they have no conflict of interest.

Введение

Рак легкого (РЛ) является одной из самых частых причин заболеваемости и смертности среди всех видов злокачественных новообразований (ЗНО). В мире за 2020 г. было зарегистрировано более 2,2 млн новых случаев заболевших и 1,8 млн случаев смертей от этого заболевания [1].

РЛ характеризуется высокой одногодичной летальностью (48,8%) и низкими показателями 5-летней выживаемости, тесно связанных с клинической стадией заболевания: IA – 82%, IB – 66%, IIA – 60%, IIB – 53%, IIIA – 36%, IIIB – 26%, IIIC – 13%, IVA – 10%, IVB – 0% [2, 3].

В Ханты-Мансийском автономном округе – Югре за последние два десятилетия наблюдается рост показателей заболеваемости РЛ в динамике, превышающих общероссийские данные (27,5 против 20,3 на 100000 нас. – 2020 г.) [2, 4, 5]. ЗНО легких этиологически ассоциированы не только с индивидуальными эндогенными, но и широко известными экзогенными факторами риска, главными из которых являются табакокурение и загрязнение атмосферного воздуха канцерогенными веществами [6].

Вклад табакокурения в риск развития РЛ, несомненно, высок как для мужчин, так и для женщин. Относительный

риск развития РЛ для мужчин и женщин составил 25,8 (16,2–40,9) и 1,6 (0,5–5,8) соответственно, при том что распространенность табакокурения среди женщин значительно ниже [7].

По данным авторов, хорошо известна взаимосвязь гистологических типов рака легкого, ассоциированных с табакокурением, преимущественно плоскоклеточного рака, частота которого в последние годы несколько снижается из-за принятых противотабачных мер [8, 9].

На фоне снижения распространенности табакокурения среди взрослого населения значимую роль в онкогенезе рака легкого могут играть и другие факторы, в частности экологические. Экспозиции канцерогенных веществ и внешних факторов на организм человека отвечают от 5 до 15% случаев рака легкого [10, 11].

Загрязнение атмосферного воздуха канцерогенами связано как с деятельностью человека (механические, физические, химические, биологические факторы), так и с природными особенностями среды обитания [4, 12].

В результате сжигания горючих материалов в промышленности, системах отопления, тепловых электростанциях и многих видах транспорта в атмосферный воздух попадает большое количество загрязняющих веществ (полиароматические углеводороды, формальдегид, сажа, оксиды азота, оксиды серы, фенол, бензол и т.д.), многие из которых влияют на риск возникновения рака легкого [6, 13, 14].

Устойчивый рост промышленности в Югре привел к значительному увеличению воздействия на окружающую среду, особенно в отношении атмосферного воздуха. Основными источниками техногенного загрязнения являются аварии на нефтепромыслах, нефтепроводах, продукты сгорания в котельных и технологических печах, факельные системы нефтяных предприятий и др. [15].

Результаты многолетнего эпидемиологического и экологического мониторинга показателей загрязнения атмосферного воздуха в городах Югры показали повышенную ПДК_{сс} (предельно допустимая концентрация среднесуточная) формальдегида, фенола, диоксида азота и бензпирена [4].

Среди вышеперечисленных химических канцерогенов, загрязняющих атмосферный воздух в округе, наиболее часто наблюдалось значительное повышение средних годовых концентраций формальдегида, что связано как с промышленной, так и природной спецификой округа, представляющего особый интерес в отношении территориального фактора риска рака легкого.

Формальдегид является достаточно распространенным загрязнителем атмосферного воздуха, образуется вследствие деятельности человека, в результате естественных природных процессов, в процессе фотохимических реакций природного метана в атмосфере, выделяется из болот, которые занимают более тридцати процентов площади всех земель Ханты-Мансийского автономного округа [16, 17].

Согласно действующим в настоящее время гигиеническим нормативам Российской Федерации, содержание ПДК_{сс} формальдегида на уровне 0,01 мг/м³ обеспечивает отсутствие для человека недопустимого риска как в отношении возникновения канцерогенных эффектов, так и других нарушений здоровья.

Ряд исследований, проведенных в США и Великобритании, показал тесную взаимосвязь между содержанием формальдегида в атмосферном воздухе и повышенного риска рака легкого как у мужчин, так и у женщин, что подтверждает опасения в отношении этого генотоксичного вещества на организм человека [18, 19].

В повседневной жизни вероятность развития злокачественных опухолей представляет собой сложный многоэтапный процесс, на который могут влиять множество факторов, включая радиацию, химические вещества и вирусы [20, 21].

От начала воздействия канцерогенных факторов до процесса, когда образуются первые опухолевые клетки, может пройти до 10–15 лет. На длительность этого периода влияют как свойства канцерогена и интенсивность его воздействия, так и индивидуальная чувствительность организма к нему. С момента появления первых клеток злокачественной опухоли легкого до этапа, когда возможна ее ранняя визуализация различными методами диагностики, может пройти несколько лет [22, 23].

Продолжительность доклинического периода во многом зависит от гистологического строения опухоли легкого. К примеру, аденокарцинома достигает 1 см в диаметре в среднем за 8 лет, плоскоклеточный рак – за 5 лет, а мелкоклеточный рак – за 2–3 года [24].

На основании этого целью нашего исследования стала оценка взаимосвязи канцерогенных факторов риска, загрязняющих атмосферный воздух, и показателя заболеваемости РЛ на территориях Ханты-Мансийского автономного округа – Югры.

Материалы

Материалом работы за 2001–2020 гг. послужили данные медицинской документации пациентов с диагнозом рак легкого в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. Всего в округе за исследуемый период было зарегистрировано 8304 впервые выявленных случая рака легкого (6859 мужчин и 1445 женщин). В среднем за исследуемый период ежегодно приходилось по 415 новых случаев заболевших. Данные по состоянию онкологической помощи населению округа взяты из ежегодных изданий БУ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Медицинский информационно-аналитический центр» отдела медицинских и оперативных мониторингов за 2001–2020 гг. Данные об экологической ситуации на территории округа (состояние атмосферного воздуха) взяты из ежегодных изданий «О состоянии окружающей природной среды Ханты-Мансийского автономного округа» за 2001–2012 гг. и ежегодного отчета (2001–2006 гг.), предоставленного Ханты-Мансийским центром гидрометеорологии и мониторинга окружающей среды – филиалом ФГБУ «Обь-Иртышское УГМС».

Изучение среднегодовых концентраций загрязняющих атмосферный воздух веществ проводилось на территориях городов Сургут, Нижневартовск, Нефтеюганск, Ханты-Мансийск, Радужный, Белоярский и пгт. Березово.

Методы

Анализ эпидемиологической ситуации осуществлялся на основе экстенсивных, интенсивных, стандартизованных показателей, рассчитанных прямым методом (мировой стандарт) [25].

Исходные статистические совокупности были проверены на нормальность распределения (критерий нормальности Шапиро – Уилка). Оценка влияния экзогенных факторов риска (среднегодовых концентраций загрязняющих атмосферный воздух веществ) на заболеваемость раком легкого населения Югры по территориям проводилась при помощи кросс-корреляционной функции с использованием коэффициента корреляции г-Пирсона и ранговой корреляции Спирмена. При коррелировании рядов динамики определялось взаимное влияние процессов при условии сдвига временных серий по отношению друг к другу на некоторый временной промежуток (лаг), т.е. влияние одного явления на другое с некоторым запаздыванием [26, 27].

При решении всех статистических задач принимался уровень значимости $p < 0,05$. Систематизация и статистическая обработка проводилась с использованием программ Excel 2010, IBM SPSS Statistics 20.

Обсуждение результатов

За 20 лет исследуемого периода в Югре наблюдается рост стандартизованного показателя заболеваемости как среди мужчин, так и среди женщин по сравнению с данными по Российской Федерации (рис. 1, 2).

При этом среди мужской популяции Югры отмечается рост заболеваемости раком легкого, в то время как в России – снижение заболеваемости РЛ.

Рост заболеваемости в женской популяции отмечается в Югре и в России. Однако в Югре данный рост значительно превосходит российские показатели.

Тенденция к росту заболеваемости РЛ стала поводом для изучения возможных факторов риска, в том числе и территориальных. Табакокурение является основным канцерогенным фактором в возникновении рака легкого. Частота табакокурения в Югре не отличается от средне-статистических данных по Российской Федерации. Главными из таких факторов, после табакокурения, являются загрязнение атмосферного воздуха промышленными объектами нефтегазодобывающей отрасли. Стоит также учитывать и природный ландшафт округа с большой площадью заболоченных территорий, как естественный источник формальдегида. Метан, выделяющийся из болот, в процессе фотохимических реакций трансформируется в формальдегид.

В связи с этим нами были изучены среднегодовые концентрации загрязняющих атмосферный воздух веществ и стандартизованные показатели на территориях Сургутского района (г. Сургут), Нижневартовского района (г. Нижневартовск и г. Радужный), Нефтеюганского района (г. Нефтеюганск), Ханты-Мансийского района (г. Ханты-Мансийск), Белоярского района (г. Белоярский) и Березовского района (пгт. Березово). Основными веществами, загрязняющими атмосферный воздух, являлись формальдегид, диоксид азота и фенол. Повышенные среднегодовые концентрации вышеперечисленных веществ наблюдались на многих территориях округа на протяжении длительного периода времени и влияли на индекс загрязнения атмосферы (рис. 3–5). Практически во всех муниципальных территориях Югры отмечено превышение ПДК формальдегида в воздухе.

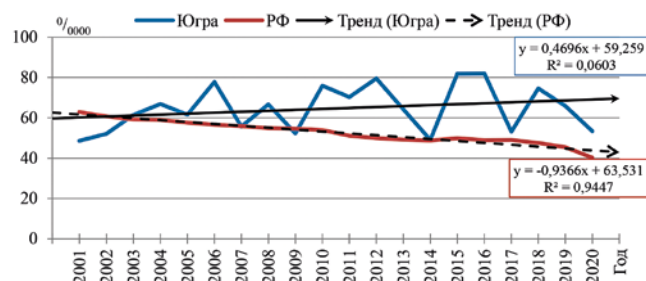


Рисунок 1. Динамика стандартизованного показателя заболеваемости раком легкого у мужчин в 2001–2020 гг.

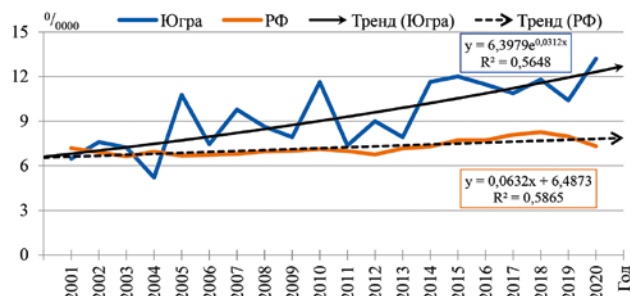


Рисунок 2. Динамика стандартизованного показателя заболеваемости раком легкого у женщин в 2001–2020 гг.

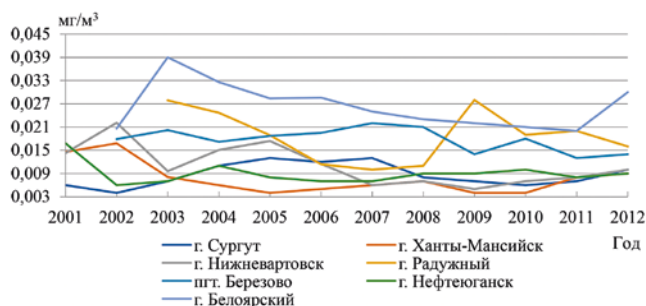


Рисунок 3. Динамика среднегодовой концентрации формальдегида в атмосферном воздухе городов ХМАО – Югры в 2001–2012 гг. (ПДК=0,01 мг/м³)

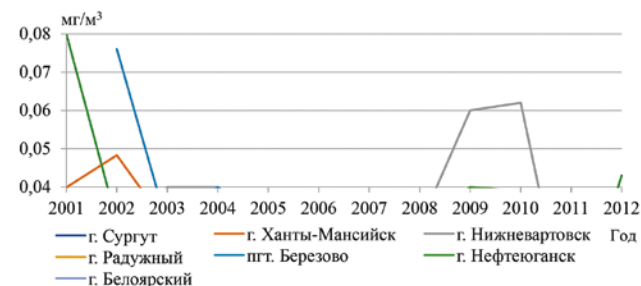


Рисунок 4. Динамика среднегодовой концентрации диоксида азота в атмосферном воздухе городов ХМАО – Югры в 2001–2012 гг. (ПДК=0,04 мг/м³)

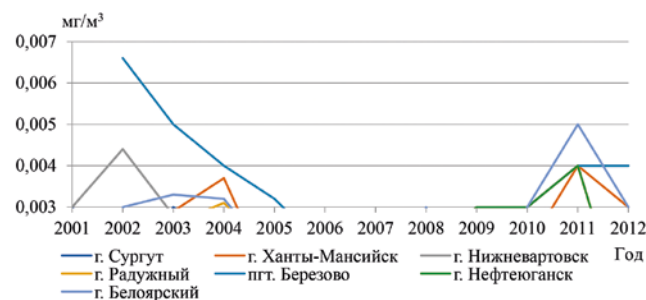


Рисунок 5. Динамика среднегодовой концентрации фенола в атмосферном воздухе городов ХМАО – Югры в 2001–2012 гг. (ПДК=0,003 мг/м³)

Таблица 1

Кросс-корреляционный анализ стандартизованного показателя заболеваемости РЛ (2011–2020 гг.) и среднегодовых концентраций формальдегида, фенола, диоксида азота в атмосферном воздухе г. Сургута (2001–2010 гг.)

Временной лаг (лет)	10	11	12	13	14	15	16	17	18
г – показатель коэффициента корреляции / р – значимость (2-сторон.)									
Формальдегид									
Мужчины	0,410	0,693	0,268	-0,058	-0,158	-0,201	-0,623	0,166	1,000
	0,239	0,038	0,520	0,902	0,765	0,746	0,377	0,894	-
Женщины	0,647	0,514	-0,255	-0,496	-0,322	-0,114	0,008	0,924	-1,000
	0,043	0,157	0,542	0,257	0,534	0,855	0,992	0,250	-
Фенол									
Мужчины	-0,166	-0,302	0,351	-0,463	-0,037	0,808	-0,886	0,480	1,000
	0,648	0,429	0,394	0,295	0,944	0,098	0,114	0,682	-
Женщины	-0,055	0,026	0,065	-0,560	0,539	0,108	-0,730	0,998	-1,000
	0,879	0,947	0,879	0,191	0,270	0,863	0,270	0,038	-
Диоксид азота									
Мужчины	0,019	-0,024	0,157	-0,613	0,236	0,400	-0,923	0,813	1,000
	0,958	0,951	0,710	0,143	0,653	0,505	0,077	0,396	-
Женщины	0,030	-0,093	-0,377	-0,548	0,656	-0,194	-0,311	0,925	-1,000
	0,935	0,812	0,357	0,202	0,157	0,754	0,689	0,248	-

Таблица 2

Кросс-корреляционный анализ стандартизованного показателя заболеваемости РЛ (2011–2020 гг.) и среднегодовых концентраций формальдегида в атмосферном воздухе г. Нижневартовска (2001–2010 гг.)

Временной лаг (лет)	10	11	12	13	14	15	16	17	18
г – показатель коэффициента корреляции / р – значимость (2-сторон.)									
Формальдегид									
Мужчины	0,414	0,330	-0,231	0,758	0,147	-0,466	-0,032	0,848	-1,000
	0,234	0,386	0,582	0,048	0,781	0,429	0,968	0,356	-
Женщины	0,364	0,101	0,060	-0,569	0,710	-0,324	0,395	-0,990	1,000
	0,301	0,796	0,889	0,183	0,114	0,595	0,605	0,091	-
Фенол									
Мужчины	-0,123	0,119	-0,253	0,468	0,771	0,000	0,400	1,000	-1,000
	0,734	0,760	0,545	0,289	0,072	1,000	0,600	-	-
Женщины	0,155	0,076	-0,165	-0,027	0,468	-0,181	-0,205	-0,918	1,000
	0,669	0,846	0,696	0,954	0,350	0,771	0,795	0,260	-
Диоксид азота									
Мужчины	0,224	-0,345	-0,064	0,554	-0,357	-0,181	0,524	-0,405	-1,000
	0,533	0,363	0,880	0,197	0,487	0,771	0,476	0,735	-
Женщины	-0,207	-0,220	0,164	0,410	0,335	-0,834	0,323	0,000	1,000
	0,565	0,569	0,697	0,361	0,516	0,079	0,677	1,000	-

Таблица 3

Кросс-корреляционный анализ стандартизованного показателя заболеваемости РЛ (2011–2020 гг.) и среднегодовых концентраций формальдегида в атмосферном воздухе г. Белоярский (2002–2011 гг.)

Временной лаг (лет)	10	11	12	13	14	15	16	17	18
г – показатель коэффициента корреляции / р – значимость (2-сторон.)									
Формальдегид									
Мужчины	0,685	0,100	0,452	0,821	0,371	-0,100	-0,200	-0,500	-1,000
	0,029	0,798	0,260	0,023	0,468	0,873	0,800	0,667	-
Женщины	-0,325	0,109	0,095	-0,571	0,314	0,800	-0,800	-0,500	1,000
	0,359	0,781	0,823	0,180	0,544	0,104	0,200	0,667	-
Фенол									
Мужчины	-0,562	-0,089	0,023	0,355	0,929	0,866	0,574	-0,913	-1,000
	0,091	0,821	0,957	0,435	0,007	0,058	0,426	0,267	-
Женщины	0,143	-0,005	-0,612	-0,020	-0,322	-0,034	-0,575	-0,362	1,000
	0,693	0,990	0,107	0,966	0,533	0,957	0,425	0,764	-
Диоксид азота									
Мужчины	0,446	0,251	-0,004	0,670	0,958	0,460	0,302	-0,576	-1,000
	0,196	0,516	0,993	0,099	0,003	0,436	0,698	0,609	-
Женщины	-0,325	-0,575	-0,006	-0,468	-0,139	0,047	-0,253	-0,788	1,000
	0,360	0,105	0,988	0,290	0,792	0,941	0,747	0,422	-

Определение латентного периода возникновения ЗНО легких или степени задержки проводилось по взаимно корреляционным функциям входных факторов (уровни концентраций загрязняющих веществ в воздухе) с выходными факторами (показателями заболеваемости населения РЛ). Результаты кросс-корреляционного анализа представлены в *таблицах 1–7*.

На основании проведенного корреляционного анализа можно сделать вывод, что отсроченная взаимосвязь заболеваемости РЛ и среднегодовых концентраций формальдегида в атмосферном воздухе у мужчин и женщин на территориях округа проявляется спустя 10–16 лет воздействия.

Отсроченная взаимосвязь заболеваемости РЛ и среднегодовых концентраций фенола выявлена спустя 13–17 лет после воздействия.

Отсроченная взаимосвязь заболеваемости РЛ и среднегодовых концентраций диоксида азота отмечена через 14–15 лет после воздействия.

Такой временной диапазон взаимосвязей среднегодовых концентраций загрязняющих веществ и показателя заболеваемости РЛ может говорить о кумулятивном и сочетанном эффекте канцерогенов атмосферного воздуха и его возможном синергичном воздействии с табакокурением, которое может приводить к ускоренному развитию рака легкого у курильщиков, большая часть которых приходится на мужскую популяцию.

Следует отметить, что на исследуемых территориях, по данным проведенного анализа, статистически значимые корреляционные связи заболеваемости и среднегодовых концентраций фенола и диоксида азота наблюдались только при наличии аналогичных взаимосвязей со среднегодовыми концентрациями формальдегида в атмосферном воздухе, что говорит об их сочетанном влиянии на клетку человека.

Генотоксичное действие канцерогенов на протяжении жизни человека приводит к накоплению многочисленных точечных мутаций в эпителии альвеол и бронхов. Чем больше накапливается таких мутаций, тем выше риск возникновения злокачественной опухоли легкого.

Заключение

Заболеваемость раком легкого в Югре связана с кумулятивным, комбинированным воздействием различных канцерогенных факторов, загрязняющих атмосферный воздух, главными из которых являются формальдегид, фенол и диоксид азота. Повышенная концентрация данных канцерогенов в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре обусловлена техногенными и природными особенностями региона. Знание региональных особенностей рисков возникновения рака легкого может позволить выбрать правильную стратегию комплекса профилактических мероприятий.

Список литературы / References

1. GLOBOCAN 2020: estimated cancer incidence, mortality and prevalence worldwide in 2020 [Electronic resource]. International Agency for Research on Cancer, World Health Organization. 2018. URL: <http://globocan.iarc.fr/>
2. Состояние онкологической помощи населению России в 2020 году / под ред. Каприна А.Д., Старинского В.В., Петровой Г.В. М.: МНИОИ им. П.А. Герцена – филиал ФГБУ «НМИЦ радиологии» Минздрава России. 2021. 239 с.
The state of oncological care for the population of Russia in 2021. Ed. Kaprina A. D., Starinsky V. V., Petrova G. V. Moscow: Moscow Research Institute of Oncology n.a. P. A. Herzen – a branch of the Federal State Budgetary Institution National Medical Research Center for Radiology, 2021. 239 p.
3. Goldstraw P. et al. The IASLC lung cancer staging project: proposals for revision of the TNM stage groupings in the forthcoming (eighth) edition of the TNM classification for lung cancer. *Journal of Thoracic Oncology*. 2016; 11 (1): 39–51. <https://doi.org/10.1016/j.jtho.2015.09.009>
4. Мордовский А.А., Аксарин А.А., Парсаданьян А.М., Тер-Ованесов М.Д. Эпидемиологическая характеристика заболеваемости и смертности от рака легкого в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. *Сибирский онкологический журнал*. 2021; 20 (4): 30–38.
Mordovsky A. A., Aksarin A. A., Parsadanyan A. M., Ter Ovanesov M. D., Troyan P. P. Lung cancer incidence and mortality in the Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra. *Siberian Journal of Oncology*. 2021; 20 (4): 30–38. <https://doi.org/10.21294/1814-4861-2021-20-4-30-38>
5. Состояние онкологической помощи населения Ханты-Мансийского автономного округа – Югры в 2020 году. Ханты-Мансийск, 2021. 118 с.
Condition of oncological care of the population of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Ugra in 2020. Khanty-Mansiysk, 2021. 118 p..
6. Заридзе Д.Г. Профилактика злокачественных новообразований / Д.Г. Заридзе, Д.М. Максимович. Успехи молекулярной онкологии. 2017; 4 (2): 8–25.
Zaridze D. G. Prevention of malignant neoplasms / D. G. Zaridze, D. M. Maksimovich. *Success of molecular oncology*. 2017; 4 (2): 8–25. <https://doi.org/10.17650/2313-805X-2017-4-2-8-25>
7. Михайлов Э.А. и др. Исследование анамнеза курения у больных со злокачественными новообразованиями. Вестник РОНЦ им. НН Блохина РАМН. 2009; 20 (1): 36–42.
Mikhailov E. A. et al. Study of smoking anamnesis in patients with malignant neoplasms. *Bulletin Russian Cancer Research Center named after N. N. Blokhin Russian Academy of Medical Science*. 2009; 20 (1): 36–42.
8. WHO Global Report on Trends in Prevalence of Tobacco Smoking 2000–2025, second edition / World Health Organization: Geneva. Switzerland, 2018. P. 1–120.

Таблица 4

Кросс-корреляционный анализ стандартизованного показателя заболеваемости РЛ (2011–2020 гг.) и среднегодовых концентраций формальдегида в атмосферном воздухе г. Березово (2002–2011 гг.)

Временной лаг (лет)	10	11	12	13	14	15	16	17	18
г – показатель коэффициента корреляции / р – значимость (2-сторон.)									
Формальдегид									
Мужчины	-0,273	0,050	-0,095	0,357	0,829	-0,400	0,600	-1,000	1,000
	0,446	0,898	0,823	0,432	0,042	0,505	0,400	-	-
Женщины	0,034	0,545	0,546	-0,134	-0,541	-0,224	0,632	0,000	-
	0,925	0,130	0,162	0,775	0,268	0,718	0,368	1,000	-
Фенол									
Мужчины	-0,443	-0,352	-0,704	-0,584	-0,309	-0,224	-0,780	0,015	-1,000
	0,200	0,354	0,051	0,169	0,551	0,717	0,220	0,991	-
Женщины	-0,224	-0,023	-0,436	-0,313	-0,042	0,121	0,713	0,924	-
	0,534	0,953	0,280	0,494	0,937	0,846	0,287	0,249	-
Диоксид азота									
Мужчины	-0,446	-0,507	-0,363	-0,665	-0,380	0,255	-0,966	0,576	-1,000
	0,197	0,164	0,377	0,103	0,457	0,679	0,034	0,609	-
Женщины	0,250	0,180	-0,428	-0,322	-0,072	-0,130	0,224	0,978	-
	0,487	0,643	0,291	0,482	0,893	0,835	0,776	0,133	-

Таблица 5

Кросс-корреляционный анализ стандартизованного показателя заболеваемости РЛ (2011–2020 гг.) и среднегодовых концентраций формальдегида в атмосферном воздухе г. Нефтеюганска (2001–2010 гг.)

Временной лаг (лет)	10	11	12	13	14	15	16	17	18
г – показатель коэффициента корреляции / р – значимость (2-сторон.)									
Формальдегид									
Мужчины	-0,235	-0,115	0,083	-0,134	0,574	-0,037	-0,516	0,149	1,000
	0,514	0,768	0,845	0,774	0,233	0,954	0,484	0,905	-
Женщины	-0,068	-0,385	0,336	-0,638	0,318	0,375	0,989	-0,288	-1,000
	0,851	0,306	0,415	0,123	0,539	0,534	0,011	0,814	-
Фенол									
Мужчины	0,040	-0,124	-0,200	0,003	0,485	0,632	-0,781	0,458	1,000
	0,912	0,750	0,635	0,995	0,329	0,253	0,219	0,697	-
Женщины	-0,600	-0,198	0,341	0,226	0,449	0,199	0,956	-0,580	-1,000
	0,067	0,610	0,408	0,627	0,372	0,748	0,044	0,606	-
Диоксид азота									
Мужчины	-0,136	-0,321	-0,055	0,493	0,101	-0,335	-0,105	0,500	1,000
	0,708	0,400	0,898	0,261	0,848	0,581	0,895	0,667	-
Женщины	-0,420	-0,256	-0,027	-0,118	0,845	0,894	0,632	-0,500	-1,000
	0,227	0,507	0,949	0,801	0,034	0,041	0,368	0,667	-

Таблица 6

Кросс-корреляционный анализ стандартизованного показателя заболеваемости РЛ (2011–2020 гг.) и среднегодовых концентраций формальдегида в атмосферном воздухе г. Радужный (2003–2012 гг.)

Временной лаг (лет)	10	11	12	13	14	15	16	17	18
г – показатель коэффициента корреляции / р – значимость (2-сторон.)									
Формальдегид									
Мужчины	0,201	-0,032	0,228	-0,100	0,201	-0,376	0,202	-0,077	1,000
	0,578	0,934	0,588	0,831	0,703	0,533	0,798	0,951	-
Женщины	0,352	0,821	-0,226	-0,419	-0,738	-0,372	0,051	0,351	-1,000
	0,319	0,007	0,590	0,349	0,094	0,537	0,949	0,772	-
Фенол									
Мужчины	0,138	0,211	-0,438	0,559	-0,391	0,184	-0,524	0,651	-1,000
	0,704	0,586	0,277	0,192	0,444	0,766	0,476	0,549	-
Женщины	0,173	0,407	0,007	-0,804	-0,364	-0,484	0,718	-0,415	1,000
	0,633	0,278	0,987	0,029	0,479	0,409	0,282	0,728	-
Диоксид азота									
Мужчины	0,192	-0,198	0,407	-0,243	0,205	-0,422	0,388	-	-
	0,596	0,610	0,318	0,599	0,697	0,479	0,612	-	-
Женщины	-0,212	0,313	-0,430	-0,202	-0,705	0,035	-0,127	-	-
	0,557	0,412	0,288	0,663	0,117	0,956	0,873	-	-

Таблица 7

Кросс-корреляционный анализ стандартизованного показателя заболеваемости РЛ (2011–2020 гг.) и среднегодовых концентраций формальдегида в атмосферном воздухе г. Ханты-Мансийска (2001–2010 гг.)

Временной лаг (лет):	10	11	12	13	14	15	16	17	18
г – показатель коэффициента корреляции / р – значимость (2-сторон.)									
Формальдегид (2001–2010 гг.)									
Мужчины	0,382	-0,193	-0,683	-0,270	0,543	0,900	0,800	0,500	-1,000
	0,277	0,618	0,062	0,558	0,266	0,037	0,200	0,667	-
Женщины	-0,630	-0,571	-0,563	-0,234	0,371	0,300	0,800	0,500	-1,000
	0,051	0,108	0,146	0,613	0,468	0,624	0,200	0,667	-
Фенол (2001–2010 гг.)									
Мужчины	-0,076	-0,506	0,017	0,504	0,291	0,300	-0,822	-0,789	-1,000
	0,835	0,165	0,969	0,249	0,575	0,624	0,178	0,421	-
Женщины	-0,215	-0,098	0,514	-0,276	0,361	0,250	-0,123	-0,956	-1,000
	0,551	0,803	0,192	0,549	0,483	0,685	0,877	0,190	-
Диоксид азота (2001–2010 гг.)									
Мужчины	0,005	-0,208	0,269	-0,310	0,366	0,595	0,013	0,863	-1,000
	0,990	0,592	0,519	0,498	0,475	0,290	0,987	0,337	-
Женщины	-0,490	-0,215	-0,388	0,021	0,537	-0,521	0,759	0,082	-1,000
	0,151	0,578	0,342	0,965	0,272	0,369	0,241	0,948	-

- Zheng M. Classification and Pathology of Lung Cancer / M. Zheng. Surg. Oncol. Clin. N. Am. 2016; 25 (3): 447–468. <http://dx.doi.org/10.1016/j.soc.2016.02.003>
- Field R.W. Occupational and environmental causes of lung cancer / R.W. Field, B.L. Withers. Clinics in chest medicine. 2012; 33 (4): 681–703. <https://doi.org/10.1016/j.ccm.2012.07.001>
- Rushton L. The burden of occupational cancer in Great Britain / L. Rushton, S. Bagga, R. Bevan. Published by the Health and Safety, 2012. 94 p. <https://doi.org/10.1038/bjoc.2012.112>
- Ярмошенко И.В., Малиновский Г.П., Васильев А.В. Обобщение онкоэпидемиологических исследований связи рака легкого с радоном. Медицина труда и промышленная экология. 2019; 59 (2): 92–96. Yarmoshenko I.V., Malinovsky G.P., Vasiliev A.V. Generalization of oncological studies of the relationship of lung cancer with radon // Labor medicine and industrial ecology. 2019; 59 (2): 92–96. <https://doi.org/10.31089/1026-9428-2019-2-92-96>
- Мукерия А.Ф., Заридзе Д.Г. Эпидемиология и профилактика рака легкого. Вестник РОНЦИМ. Н.Н. Блохина РАМН. 2010; 21 (3): 3–13. Mukheria A.F., Zaridze D.G. Epidemiology and prevention of lung cancer. Bulletin Russian Cancer Research Center named after N.N. Blokhin Russian Academy of Medical Science. 2010; 21 (3): 3–13.
- Sorahan T. Cancer risks in a historical UK cohort of benzene exposed workers / T. Sorahan, L.J. Kinlen, R. Doll. Occupational and Environmental Medicine. 2005; 62 (4): 231–236. <https://doi.org/10.1136/oem.2004.015628>
- Бессонова Т.Н. Оценка техногенного воздействия на атмосферу Ханты-Мансийского Автономного Округа-Югры / Т.Н. Бессонова, А.Р. Грошев. Экономический вестник РГУ. 2008; 6 (4–2): 305–308. Bessonova T.N. Assessment of technogenic impact on the atmosphere of the Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Ugra / T.N. Bessonova, A.R. Groshev. Economic Bulletin of RGU. 2008; 6 (4–2): 305–308.
- Бахин Н.М. Метан в окружающей среде. Экология. Серия аналитических обзоров мировой литературы. 2010; 93: 1–56. Bazhin N.M. Methane in the Environment. Ecology. Series of analytical reviews of the world literature. 2010; 93: 1–56.
- Красная книга Ханты-Мансийского автономного округа – Югры: животные, растения, грибы. 2-е изд. / под. ред. А.М. Васин, А.А. Васина. Екатеринбург: Издательство Баско, 2013. 460 с. Red Book of Khanty-Mansiysk Autonomous Okrug-Ugra: Animals, plants, mushrooms. Izd. 2 / under. ed. A.M. Vasin, A.L. Vasina. Yekaterinburg: Basco Publishing House, 2013. 460 p.
- Coggon D. et al. Extended follow-up of a cohort of British chemical workers exposed to formaldehyde. Journal of the National Cancer Institute. 2003; 95 (21): 1608–1615. <https://doi.org/10.1093/jnci/djg046>

- Luo J. et al. Association between six environmental chemicals and lung cancer incidence in the United States. Journal of environmental and public health. 2011. <https://doi.org/10.1155/2011/463701>
- Sperelakis N. (ed.). Cell physiology sourcebook: a molecular approach. Elsevier, 2001.
- Белицкий Г.А. и др. Химический канцерогенез и первичная профилактика рака. М.: Издательский дом «АБВ-пресс», 2020. 492 с. Belitsky G.A. et al. Chemical carcinogenesis and primary prevention of cancer. M.: Publishing house «ABV-press», 2020. 492 p.
- Ашрафян Л.А., Киселев В.И., Кузнецов И.Н., Муйжнек Е.Л., Герфанова Е.В., Вашакмадзе С.Л. Молекулярная онкобиология и перспективы эффективной терапии. Онкология. Журнал им. П.А. Герцена. 2016; 5 (3): 80–87. Ashrafyan L.A., Kiselev V.I., Kuznetsov I.N., Muizhnek E.L., Gerfanova E.V., Vashakmadze S.L. Molecular cancer biology and prospects for effective therapy. P.A. Herzen Journal of Oncology. 2016; 5 (3): 80–87. <https://doi.org/10.17116/onkolog20165280-87>
- Ганцев Ш.Х. Онкология: учебник для студентов медицинских вузов. 2-е изд., испр. и доп. М.: ООО «Медицинское информационное агентство». 2006. С. 18–38. Gantsev Sh. Kh. Oncology: Textbook for students of medical universities. 2nd edition, revised and supplemented. M.: LLC «Medical Information Agency. 2006. P. 18–38.
- Трапезников Н.Н., Шайн А.А. Онкология: учебник. М.: Медицина, 1992. Trapeznikov N.N., Shain A.A. Oncology: textbook. Medicine, 1992.
- Петрова Г.В., Грецова О.П., Каприн А.Д., Старинский В.В. Характеристика и методы расчета медико-статистических показателей, применяемых в онкологии. М., 2014. 40 с. Petrova G.V., Gretsova O.P., Caprin A.D., Vinsky V.V. Characteristics and methods of calculation of medical-statistical indicators used in oncology. Moscow, 2014. 40 p.
- Гланц С. Медико-биологическая статистика: пер. с англ. / С. Гланц. М.: Практика, 1999. 459 с. Glanz S. Biomedical statistics: translation. with. eng. / S. Glanz. M. Practice, 1999. 459 p.
- Розенберг Г.С. Экологическое прогнозирование (функциональные предикторы временных рядов) / Г.С. Розенберг, В.К. Шитиков, Г.Н. Брусиловский; Российская академия наук; Институт экологии Волжского бассейна РАН; Тольятти: Институт экологии Волжского бассейна РАН, 1994. 182 с. Rosenberg G.S. Ecological forecasting (functional predictors of time series) / G.S. Rosenberg, V.K. Shitikov, G.N. Brusilovsky; Russian Academy of Sciences; Institute of Ecology of the Volga basin RAS. Tolyatti: Institute of Ecology of the Volga Basin RAS, 1994. 182 p. EDN ZUMJSP.

Статья поступила / Received 09.02.24

Получена после рецензирования / Revised 14.03.24

Принята в печать / Accepted 10.04.24

Сведения об авторах

Мордовский Алексей Александрович, врач-онколог¹. E-mail: a-mordovskiy@mail.ru. SPIN-код: 1399-7989. Author ID: 1095026.
Парсаданян Арарат Микичевич, д.м.н., проф., кафедры хирургических болезней², врач-онколог¹. E-mail: parsadanyanam@surgutokb.ru. SPIN-код: 3997-9017. Author ID: 404711.
Аксарин Алексей Александрович, д.м.н., руководитель окружного онкологического центра¹. E-mail: aksarinaa@surgutokb.ru. SPIN-код: 3942-3223. Author ID: 256495.
Троян Павел Петрович, зав. отделением клинко-диагностического центра онкологии¹. E-mail: troyanpp@surgutokb.ru. SPIN-код: 6379-2510. Author ID: 1045697.
Пахтусов Алексей Иванович, аспирант 2 года обучения². E-mail: pakhтусov@bk.ru. SPIN-код: 7782-4427. Author ID: 1210401.
Кириллова Юлия Сергеевна, инженер-эколог³.

¹ БУ Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутская окружная клиническая больница», г. Сургут, Россия

² БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа – Югры «Сургутский государственный университет», г. Сургут, Россия

³ Публичное акционерное общество «Сургутнефтегаз», г. Сургут, Россия

Автор для переписки: Мордовский Алексей Александрович. E-mail: a-mordovskiy@mail.ru

About authors

Mordovskiy Alexey A., oncologist¹. E-mail: a-mordovskiy@mail.ru. SPIN code: 1399-7989. Author ID: 1095026.
Parsadanyan Ararat M., DM Sci (habil.), professor at Dept of Surgical Diseases², oncologist¹. E-mail: parsadanyanam@surgutokb.ru. SPIN code: 3997-9017. Author ID: 404711.
Aksarin Alexey A., DM Sci (habil.), head of District Oncology Center¹. E-mail: aksarinaa@surgutokb.ru. SPIN code: 3942-3223. Author ID: 256495.
Troyan Pavel P., head of Dept of Clinical Diagnostic Oncology Center¹. E-mail: troyanpp@surgutokb.ru. SPIN code: 6379-2510. Author ID: 1045697.
Pakhтусov Alexey I., 2nd year graduate student². E-mail: pakhтусov@bk.ru. SPIN: 7782-4427. Author ID: 1210401.
Kirillova Yulia S., environmental engineer³.

¹ Regional Oncology Dispensary, Surgut, Russia

² Surgut State University, Surgut, Russia

³ «Surgutneftegas» Public Joint Stock Company, Surgut, Russia

Corresponding author: Mordovskii Aleksey A. E-mail: a-mordovskiy@mail.ru

Для цитирования: Мордовский А.А., Парсаданян А.М., Аксарин А.А., Троян П.П., Пахтусов А.И., Кириллова Ю.С. Анализ взаимосвязи показателей заболеваемости раком легкого и компонентов, загрязняющих атмосферный воздух в Ханты-Мансийском автономном округе – Югре. Медицинский алфавит. 2024; (17): 27–32. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-17-27-32>

For citation: Mordovskii A.A., Parsadanyan A.M., Aksarin A.A., Troyan P.P., Pakhtusov A.I., Kirillova Y.S. Analysis of the relationship between lung cancer incidence rates and components polluting atmospheric air in the Khanty-Mansi autonomous okrug – Yugra. Medical alphabet. 2024; (17): 27–32. <https://doi.org/10.33667/2078-5631-2024-17-27-32>

