

**МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ  
СССР**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
по организации контроля за содержанием  
канцерогенных полициклических ароматических углеводоро-  
дов в атмосферном воздухе населенных мест**

Москва - 1987 г.

Настоящие "Методические указания по организации контроля за содержанием канцерогенных полициклических ароматических углеводородов в атмосферном воздухе населенных мест" разработаны в соответствии с приказом Минздрава СССР Э В 46 от Ю.Ю.86г. "Об утверждении плана внедрения важнейших достижений науки в практику здравоохранения на XII пятилетку", Приложение - том 2 "Перспективные предложения по разделу гигиены", п.2.142, стр. 295. Они предназначены органам санитарно-эпидемиологической службы, научно-исследовательским институтам и кафедрам институтов гигиенического и экологического профиля, занимающихся исследованием химических канцерогенов, управлениям гидрометеорологии и контроля природной среды, отделам охраны окружающей среды промышленных предприятий.

Методические указания подготовлены под руководством и при участии д.м.н., профессора Н.А.Лышовой коллективом авторов: д.м.н. И.С.Мирезовой, к.м.н. И.А.Чарниченко (Ордена Трудового Красного Знамени Киевский НИИ общей и коммунальной гигиены им. А.Н.Магарева), к.м.н. Н.Н.Литвинозын, д.м.н., профессором М.А.Панигиним, д.м.н. И.Н.Скворцовой (Ордена Трудового Красного Знамени НИИ общей и коммунальной гигиены им. А.Н.Смолина АМН СССР), к.б.н. Г.А.Смирновым, д.б.н. А.Я.Хасиной (Всесоюзный онкологический научный центр АМН СССР).

## В В Е Д Е Н И Е

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), образование которых связано с наиболее распространенными антропогенными процессами — сжиганием и термической переработкой различных видов топлива и многими природными явлениями, постоянно обнаруживаются в окружающей человека среде, в том числе в атмосферном воздухе.

В настоящее время известно несколько десятков активных канцерогенов класса ПАУ. В атмосферном воздухе наиболее часто определяются высокоактивные соединения — бенз/а/пирен, дибенз/а,и/антрацен, дибенз/а,с/пирен, бенз/б/флуорантен, а также относительно слабые канцерогены — бенз/а/антрацен, бенз/е/пирен, кризен, дибенз/а,с/антрацен, индено/1,2,3-од/пирен и другие.

Наиболее часто в атмосферном воздухе определяется высокоактивный, распространенный и стабильный представитель этого класса соединений — бенз/а/пирен (БП). Для БП — единственного из канцерогенов класса ПАУ разработаны предельно допустимые концентрации в атмосферном воздухе населенных мест.

Сложившаяся в нашей стране практика исследований БП в атмосферном воздухе населенных мест характеризуется значительным разнообразием используемых методических приемов, в особенности, начального этапа исследований — отбора проб атмосферных загрязнений.

Теория и практика гигиены атмосферного воздуха, а также специальные наблюдения в отношении поведения БП в воздушной среде свидетельствуют о большой значимости этого этапа исследований и необходимости его унификации. Однако до сих пор это не получило достаточного отражения в существующих методических документах.

Включение БП в число ингредиентов, изучаемых в пунктах наблюдения общегосударственной службы контроля загрязнения атмосферы ряда городов страны с особой остротой ставит вопрос об унификации методов их исследования и учете гигиенических требований для получения информации, адекватной задачам, решаемым гигиенистами и практической санитарной службой.

Настоящие методические указания рассмотрены и одобрены на пленуме Секции "Гигиена атмосферного воздуха" Проблемной комиссии союзного значения "Научные основы гигиены окружающей среды" (Тбилиси, 1985 г.) и рекомендованы Минздраву СССР к утверждению.

## 2. Цель и задачи исследования канцерогенных ПАУ в атмосферном воздухе населенных мест

Исследования канцерогенных углеводородов в атмосферном воздухе населенных мест осуществляются с целью:

- определения диффузного загрязнения воздушного бассейна населенных мест;
- выявления влияния промышленных источников, автотранспорта, отопительных и энергетических установок на уровень загрязнения атмосферного воздуха и обоснование гигиенических требований к его оздоровлению;
- проверки эффективности осуществляемых мероприятий по снижению выбросов канцерогенных углеводородов;
- определения реальных аэрогенных нагрузок канцерогенов, воздействующих на различные контингенты населения;
- оценки влияния атмосферных канцерогенов на уровень заболеваемости населения злокачественными новообразованиями органов дыхания и других органов и систем.

В зависимости от поставленной цели организация исследова-

ний канцерогенных ПАУ может осуществляться на различных уровнях:

- централизованная система контроля - для получения информации о степени загрязнения воздуха в различных экономико-географических районах страны, условиях рассеивания и переноса загрязнителей, а также разработки прогнозов на перспективу;
- районная система контроля - для наблюдений в масштабах городов и промышленных районов;
- местный контроль - для выявления загрязнения атмосферного воздуха в районах размещения отдельных источников выбросов с целью разработки конкретных оздоровительных мероприятий.

С позиций гигиенической оценки влияния атмосферных канцерогенов на здоровье населения наиболее актуальной на современном этапе следует считать организацию исследований в масштабах городов и промышленных районов.

Приоритетными для изучения канцерогенных ПАУ следует считать города с крупными предприятиями черной металлургии и коксохимии, нефтеперерабатывающей, нефтехимической, алюминиевой и электродной, сланцеperерабатывающей промышленности, крупными теплоэнергетическими объектами, которые являются значительными источниками выбросов этих соединений в атмосферу.

Крайне важны также исследования канцерогенных ПАУ в атмосферном воздухе городов с высокой насыщенностью автотранспортными средствами, с крупными железнодорожными станциями и аэропортами.

Количественный аспект изучения канцерогенов в окружающей среде требует проведения такого рода исследований также в средних, малых городах и сельских населенных пунктах.

В зависимости от конкретных задач исследования и практических возможностей их выполнения изучаются либо весь спектр ПАУ,

доступный для анализа современными методами, либо их отдельные представители.

В частности, для оперативного решения практических задач по охране атмосферного воздуха от загрязнения канцерогенными ПАУ целесообразно проводить исследование только ЕП как их лимитирующего показателя.

При разработке вопросов о реальных аэрогенных нагрузках атмосферных канцерогенов на население и оценке их влияния на уровень онкологической заболеваемости необходимо углубленное изучение содержания канцерогенных ПАУ в воздушном бассейне населенных мест. При этом исследования должны быть направлены, в первую очередь, на определение высокоактивных канцерогенных соединений — бенз/а/пирена, дибенз/а,а/антрацена, дибенз/а,і/пирена, бенз/б/флуорантена.

### 3. Общие требования к организации исследований канцерогенных ПАУ в атмосферном воздухе населенных мест

Исследования канцерогенных ПАУ в воздушном бассейне населенных мест следует осуществлять в соответствии с общими принципами и методическими требованиями организации санитарного контроля за состоянием загрязнения атмосферного воздуха, изложенными в официальных документах (Руководство по контролю загрязнения атмосферы. — Л.: Гидрометеоиздат, 1979; Методические указания по организации санитарного контроля за состоянием атмосферного воздуха. — В кн.: Гигиенические аспекты охраны окружающей среды. — М., 1981, ГОСТ 17.2.3.01-77 "Охрана природы". Атмосфера. Правила контроля качества воздуха населенных пунктов).

При организации исследований канцерогенных ПАУ в атмосфере рекомендуется два вида наблюдений:

1) стационарные круглогодичные наблюдения за диффузным загрязнением воздушного бассейна города;

2) зональные наблюдения в районе размещения отдельных источников выбросов канцерогенов в течение определенного периода времени.

Исследования следует проводить путем организации постоянных круглогодичных (стационарных) или временных пунктов наблюдения.

При выборе мест для размещения стационарных пунктов следует:

- предварительно ознакомиться с санитарной ситуацией города (района), его планировкой, собрав при этом данные о промышленных предприятиях и отопительных энергетических установках, являющихся источниками выбросов канцерогенных ПАУ, их размещении, мощности и количестве выбросов; размещении основных транспортных магистралей, интенсивности движения автомашин; размещении железнодорожных станций и аэропортов;
- при наличии данных о содержании канцерогенных ПАУ (БП) в выбросах предприятий провести расчет полей их приземных концентраций в соответствии с СН 369-74;
- изучить рельеф местности и метеорологические особенности района, могущие оказывать влияние на распространение канцерогенов в атмосфере.

Выбранные места должны отвечать следующим требованиям:

- отражать характерное для данного города (района) состояние загрязнения атмосферы канцерогенными ПАУ;
- располагаться на территориях, не подвергающихся влиянию местных источников выбросов канцерогенных ПАУ;

-- находиться на открытых, хорошо проветриваемых площадках с непылящим покрытием (газон, асфальт, твердый грунт).

Размещать пункты целесообразно на территории учреждений санитарной службы и других медицинских учреждений, стационарных постов и метеоплощадок гидрометеослужбы, насосных станций служб городского водопровода и т.п.

Схема стационарного пункта показана на рис. 1.

Для отбора проб атмосферных загрязнений на канцерогенные углеводороды рекомендуется применять высокообъемную электроаспирационную установку, смонтированную на основе электроручного вентилятора ЭРВ-49, производительностью до 250 м<sup>3</sup>/час. Электромотор установки имеет мощность 0,27-0,4 квт и подключается к электросети с напряжением 380 в.

Установка позволяет отбирать представительную пробу воздуха для определения не только БП, но и других ПАУ, характеризуется стабильным расходом воздуха и большой надежностью эксплуатации при длительном отборе проб воздуха.

Для улавливания атмосферных аэрозолей используются фильтры из ткани ФПП-15, изготовленные в виде конуса диаметром 30 см и площадью около 1400 см<sup>2</sup>. Удельная скорость просасывания воздуха через фильтр составляет до 3 л/мин/см<sup>2</sup>, что обеспечивает практически полное (до 84%) улавливание мелкодисперсной пыли.

При организации наблюдений важным является установка защитной аппаратуры, предохраняющей воздухозаборную воронку от атмосферных осадков и прямого солнечного облучения, которое может приводить к деградации канцерогенных ПАУ.

Для отбора проб воздуха на канцерогенные углеводороды может быть использована и другая воздухозаборная аппаратура, отве-



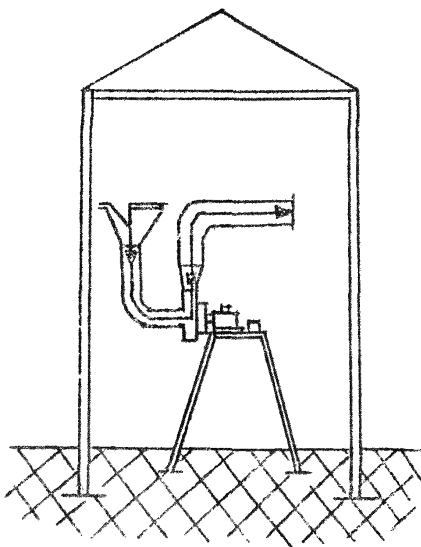


Рис. 1. Схема стационарного пункта для круглосуточного отбора проб атмосферного воздуха на канцерогенные ПАУ:

- 1 - высокообъемная электроаспирационная установка для отбора суточных проб атмосферного воздуха;
- 2 - устройство для защиты воздухозаборной аппаратуры от атмосферных осадков и солнечной радиации

чающая приведенным выше требованиям и позволяющая отбирать в течение заданного периода времени достаточное для анализа количество материала.

Минимальный объем пробы при этом может быть определен по формуле<sup>\*)</sup>:

$$\frac{I_{0x} \text{ аналитическая чувствительность (в мг)}}{\text{официальный стандарт (в мг/м}^3\text{)}}$$

что применительно к БП в оптимальном диапазоне его определения будет составлять:

$$\frac{I_{0x} \ 0,01 \ \text{мкг}}{0,001 \ \text{мкг/м}^3} = 100 \ \text{м}^3.$$

Целесообразно использование воздухозаборной аппаратуры, которая могла бы обеспечить круглосуточный отбор проб воздуха на канцерогенные углеводороды (главным образом БП) с производительностью 10-30 м<sup>3</sup>/час. В таком диапазоне может производиться отбор проб воздуха с помощью электроаспиратора для отбора среднесуточных проб пыли ЭА-2С.

Для обеспечения адекватной оценки состояния загрязнения воздушной среды продолжительность отбора проб атмосферных загрязнений на БП должна соответствовать временной размерности действующей в нашей стране среднесуточной ПДК его для атмосферного воздуха населенных мест.

В соответствии с этим отбор проб атмосферных загрязнений на канцерогенные ПАУ, в частности БП, должен быть ориентирован на определение суточных концентраций его в атмосферном воздухе.

При этом возможны два варианта режима отбора проб:

1) круглосуточный, который является более экономичным и до-

\*) - Методы установления допустимых уровней воздействия профессиональных вредностей: Доклад Комитета экспертов ВОЗ. - Женева: ВОЗ, 1978, сер. техн. докл. № 601. - 71 с.

ступным, что особенно важно при длительных (круглогодичных) наблюдениях, хотя может быть связан с несколько большими потерями канцерогенов, главным образом, в летнее время;

2) многократный отбор проб в течение суток через равные промежутки времени (например, 4-кратный по 2 часа каждая проба в сроки наблюдения, установленные для постов общегосударственной службы контроля за загрязнением атмосферы - I, 7, 13, 19 ч. по местному времени) с последующим определением среднесуточных концентраций. Этот способ отбора проб целесообразно использовать при высоких уровнях загрязнения воздуха канцерогенными углеводородами и необходимости выявления динамики их показателей в течение суток; он может снизить потери канцерогенов в процессе их отбора, но значительно усложняет и удорожает исследование.

При выполнении круглогодичных наблюдений минимальное количество суточных проб воздуха для вычисления среднегодовой концентрации канцерогена должно составлять не менее 200.

Определение среднегодовых концентраций в качестве объективного показателя состояния загрязнения атмосферы канцерогенными ПАУ имеет принципиально важное значение. Это связано, во-первых, со значительной динамичностью как суточных, так и среднемесячных концентраций канцерогена, в частности БЦ, в атмосферном воздухе в течение годового цикла. Во-вторых, - с необходимостью учета интегрируемых доз канцерогенов (как высококумулятивных соединений) в течение длительного периода времени, что наиболее достоверно может быть осуществлено на основании среднегодовых показателей.

При выполнении других исследований наблюдения целесообразно осуществлять в два сезона года - зимний и летний, при этом в каждом пункте следует отбирать по 25 суточных проб.

При постановке ряда специальных задач, например, оценки санитарной ситуации в районе размещения конкретного источника, зональные исследования могут быть осуществлены в наиболее неблагоприятный по метеорологическим условиям период. При этом в каждой зоне наблюдения должно быть отобрано не менее 25 проб.

Характеристика основных метеофакторов (температуры, влажности воздуха, скорости и направления ветра, барометрического давления, количества осадков и др.) по среднесуточным их показателям за периоды проведения исследований может быть получена в городских гидрометеостанциях или центрах по контролю природной среды Госкомгидромета СССР.

#### 4. Организация исследований диффузного загрязнения воздушного бассейна канцерогенными ПАУ

Исследование диффузного загрязнения атмосферного воздуха канцерогенными ПАУ проводится с целью:

- определения степени загрязнения канцерогенами воздушного бассейна города и его отдельных районов для выявления связи с онкозаболеваемостью населения, в первую очередь частотой рака легкого;
- определения реальной аэрогенной нагрузки канцерогенных ПАУ на население;
- определения фонового содержания БП и других ПАУ в воздухе города для решения вопросов перспективного промышленного строительства;
- составления прогноза загрязнения на перспективу.

Основным видом исследований являются стационарные наблюдения. Для получения объективной информации о пространственной структуре загрязнения необходимо выбирать репрезентативные для данного города или его районов пункты наблюдения.

Стационарные пункты рекомендуется устанавливать в жилых районах города — в его центральной части, в зоне влияния наиболее значительных источников выбросов канцерогенных ПАУ и в относительно "чистом" районе города. В связи с большими методическими трудностями проведения исследований канцерогенных углеводородов можно ограничиться организацией 3 стационарных пунктов с полной программой наблюдений (в течение года) и ряда дополнительных пунктов с сокращенной программой наблюдений (по сезонам).

Общее количество пунктов для наблюдения за содержанием канцерогенных ПАУ в атмосферном воздухе определяется теми же требованиями, что и в отношении измерительных постов для других атмосферных загрязнителей: в городах с населением до 50 тыс. — 1, до 100 тыс. — 2, до 200 тыс. — 3, до 500 тыс. — 5, до 1 млн. — 10, до 2 млн. — 15, более 2 млн. — 20.

##### 5. Организация исследований канцерогенных ПАУ в районе размещения промышленных предприятий и теплоэнергетических объектов

Исследования проводятся для:

- определения степени влияния промышленных объектов или их комплексов на состояние загрязнения воздушного бассейна канцерогенными ПАУ и обоснования необходимых оздоровительных мероприятий;
- обоснования размеров санитарно-защитных зон для промышленных предприятий, где канцерогены класса ПАУ, в частности БП, является лимитирующим по вредности загрязнителем атмосферного воздуха;
- оценки эффективности внедряемых на производстве мероприятий по снижению выбросов канцерогенных углеводородов.

Сложность изучения загрязнения атмосферного воздуха канцерогенными ПАУ в районе размещения промышленных источников свя-

зана со значительными колебаниями концентраций канцерогенов, обусловленными изменчивостью направления ветра и факела выбросов предприятия.

Исследования рекомендуется проводить в периоды максимальной производительности предприятия в условиях, наименее благоприятных для рассеивания выбросов (осенне-зимний сезон, периоды температурных инверсий, туманов).

Для проведения зональных исследований вокруг промышленного предприятия или теплоэнергетического объекта следует организовать ряд временных пунктов наблюдения с учетом преимущественного направления ветра в период выполнения исследований.

Отбор проб воздуха осуществляют на расстоянии 0,2-0,5, 1, 2, 3, 4, 5 км и более в зависимости от характера и мощности источников выбросов предприятия. При решении специальных задач наблюдения могут быть проведены в меньшем количестве пунктов, — например, в зоне максимального приземления факела выбросов, на границе санитарно-защитной зоны, в зонах проживания обследуемых контингентов населения и т.п.

#### 6. Организация исследований канцерогенных ПАУ на автомагистралях

Автомагистрали городов являются зонами постоянного и высокого загрязнения воздушной среды канцерогенными ПАУ, содержащимися в выбросах автотранспорта.

Контроль за содержанием канцерогенных ПАУ в воздухе автомагистралей проводится с целью:

- определить уровни загрязнения воздушной среды автомагистралей и обосновать необходимые оздоровительные мероприятия;
- установить зависимость между уровнем загрязнения автомагист-

ралей канцерогенными ПАУ (БП) и интенсивностью транспортного потока для прогнозирования состояния загрязнения канцерогенами городской сети улиц;

— оценить гигиеническую эффективность планировочных решений и застройки примыкающих районов в отношении защиты населения от влияния канцерогенов, содержащихся в выбросах автотранспорта.

Исследования могут быть осуществлены двумя способами:

- путем организации пунктов наблюдения на наиболее характерных автомагистралях городского значения с круглосуточным отбором проб атмосферных загрязнений в различные сезоны года;
- путем организации наблюдения по специальной программе

Последние в зависимости от задач исследования могут проводиться на автомагистралях с различной интенсивностью движения транспорта — до 500, 500-1000, 1000-1500, 1500-2000 и свыше 2000 машин в час, а также в примыкающих жилых районах. Отбор проб воздуха проводится синхронно в различных пунктах наблюдения в течение суток.

В комплексе наблюдений при этом включается определение интенсивности движения транспорта и соответствии с ГОСТом ("Потоки транспортных в населенных пунктах. Метод определения шумовой характеристики". ГОСТ 20444-75. М., 1975) и регистрация метеофакторов.

#### 7. Методы определения канцерогенных ПАУ в пробах атмосферного воздуха

Анализ проб атмосферных загрязнений на содержание канцерогенных ПАУ включает следующие этапы:

- экстрагирование с помощью органических растворителей (для фильтров из ткани ФШ-15 — петролейного эфира, для ФПА-15 — бен-

зола) из отобранных проб смолистых веществ, являющихся носителями ПАУ;

- хроматографическое фракционирование в тонком слое смолистых веществ, имеющих целью разделить исходный материал на индивидуальные соединения; хроматография ведется в незакрепленном слое окиси алюминия с использованием в качестве подвижной фазы петролейного эфира с добавлением циклогексана и бензола в отношении 5 : 1;

-качественное определение в полученных фракциях БП и других ПАУ по спектрам люминесценции при температуре жидкого азота (БП - на спектрографе ИСП-51 с фотоэлектрической приставкой ФЭП-1, других канцерогенных ПАУ - на спектрофлуориметре МРР-44а фирмы Перкин-Элмер (Швеция) или спектрофлуориметре "Элкмин" отечественного производства);

- количественный анализ БП и других ПАУ по методу внутреннего стандарта или комбинированному методу добавок и внутреннего стандарта; чувствительность метода определения для БП  $1 \cdot 10^{-10}$  г/мл (оптимальный диапазон  $1 \cdot 10^{-8}$  г/мл) погрешность не более 12%; для других канцерогенных ПАУ -  $1 \cdot 10^{-8}$  г/мл -  $1 \cdot 10^{-9}$  г/мл.

Методические приемы подготовки и анализа проб атмосферных загрязнений на канцерогенные ПАУ детально изложены в Руководстве по контролю загрязнения атмосферы (Д.И. Гидрометеосведат, 1979), справочном пособии "Лабораторные исследования внешней среды" (Киев: Здоров'я, 1978; раздел Санитарный контроль за содержанием канцерогенных веществ в окружающей среде), методических указаниях по определению канцерогенных полициклических ароматических углеводородов, в частности бенз/а/пирена, в различных промышленных и природных продуктах (М.: МЗ СССР, 1972).



## 8. Оценка результатов наблюдений

В настоящее время до установления нормативов канцерогенных ПАУ для атмосферного воздуха оценка состояния загрязнения воздушного бассейна населенных мест этими соединениями проводится по содержанию БП. В качестве критерия оценки используется среднесуточная ПДК БП в атмосферном воздухе населенных мест - 1 нг/м<sup>3</sup> (или 0,1 мкг/100 м<sup>3</sup>).

Обработка результатов наблюдений проводится с использованием обычных вариационно-статистических методов, включая определение среднего значения концентрации канцерогена для изучаемой серии проб, стандартного отклонения, стандартной ошибки средней величины, а также процента проб, превышавших ПДК.