

**МИНИСТЕРСТВО НА ЗДРАВЕОПАЗВАНЕТО
НАЦИОНАЛЕН ЦЕНТЪР ПО ОБЩЕСТВЕНО ЗДРАВЕ И АНАЛИЗИ**

САВИНА НИКОЛОВА ДИМИТРОВА

**ОЦЕНКА НА ЕКСПОЗИЦИЯТА НА АЗБЕСТОВИ ВЛАКНА ПРИ
ПРЕМАХВАНЕ И РЕМОНТ НА АЗБЕСТСЪДЪРЖАЩИ МАТЕРИАЛИ**

ДИСЕРТАЦИЯ

**за присъждане на образователна и научна степен
“ДОКТОР“**

НАУЧНА СПЕЦИАЛНОСТ: “ХИГИЕНА”- шифър 03.01.32

НАУЧЕН РЪКОВОДИТЕЛ:

Доц. Радка Годорова Луканова, дх

София, 2017 г.

СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ СЪКРАЩЕНИЯ

БДС	Български държавен стандарт
ГГДИ	Горна граница на доверителен интервал
ГДИ	Граница на доверителен интервал
ГС	Гранична стойност
ДГДИ	Долна граница на доверителен интервал
ИМВ	Изкуствени минерални влакна
ЛПС	Лични предпазни средства
МОК	Минно обогатителен комбинат
МОТ	Международна организация на труда
НИХПЗ	Научен институт по хигиена и професионални заболявания
НЦОЗА	Национален център по обществено здраве и анализи
НЦХМЕХ	Национален център по хигиена, медицинска екология и хранене
С	Концентрация
СР	Концентрация, измерена по време на работа
СС	Средно претеглена за периода на работната смяна (средносменна) концентрация
ССМ	Сертифицирани сравнителни материали
СТМ	Служба по трудова медицина
АИА	Международна азбестова асоциация
АRS	Азбестов референтен стандарт
CAS	Chemical Abstracts Service (Химическа реферативна служба)
CAS №	Уникален идентификационен номер на химични съединения
CVES	Calibrated visual estimation (визуална оценка)
d	Диаметър на влакно, (μm)
EDXA	Енергийно дисперсен рентгенов анализ
EPA	Агенция по опазване на околната среда на САЩ
f	Брой степени свобода
f/cm^3	Брой влакна в един кубичен сантиметър
HSA	Контролен орган по здраве и безопасност, Великобритания
HSE	Health and Safety Executive (Изпълнителна агенция за здраве и безопасност), Великобритания
HSE/NPL Mark II	Тестов препарат за определяне разделителната способност на микроскопа за азбест
IARC	Международна агенция за изследвания върху рака
IFSG	Международна група по изследване на безопасността на влакната
IOM	Институт по трудова медицина, Великобритания
IR-спектromетрия	Инфрачервена спектromетрия
l	Дължина на влакно, (μm)
l:d	Отношение на дължина към диаметър на влакно
MDHS	Методи за определяне на опасни вещества, HSE
OSHA	Агенция за безопасност и здраве при работа, САЩ
P	Статистическа вероятност
PCM	Фазовоконтрастна микроскопия
PLM	Поляризационна микроскопия
RI	Коефициент на пречупване на светлината
RTI	Research Triangle Institute

SAED	Електронна дифракция
SEM	Сканираща електронна микроскопия
S	Средно квадратично (стандартно) отклонение
S %	Средно квадратично отклонение в % (вариационен коефициент)
TEM	Трансмисионна електронна микроскопия
UV	Ултравiolet
WB	Окулярен микрометър на Уолтън-Бекет
WHO (СЗО)	Световна здравна организация
XRD	Рентгенова дифрактометрия

С Ъ Д Ъ Р Ж А Н И Е

№	НАИМЕНОВАНИЕ НА РАЗДЕЛА	Стр.
I.	ВЪВЕДЕНИЕ	6
II.	ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР	10
II.1.	Азбест и азбестсъдържащи материали – видове, основни свойства, приложения	10
II.2.	Фактори за биологично действие на азбестовите влакна	14
II.3.	Нормативни параметри и ГС за хигиенна оценка на азбестов прах в работната среда	15
II.4.	Експозиция на азбестови влакна при работа с азбестови материали	16
II.5.	Определяне на експозицията на азбест при отстраняване и ремонт на азбестови материали – положения в действащото законодателство и практики по прилагане на изискванията	18
II.6.	Методи за оценка на материалите по потенциал за отделяне на влакна във въздуха.	23
II.7.	Аналитични методи за идентификация и количествено определяне на азбест в материали и прах във въздуха	23
II.8.	Заключение	36
III.	ЦЕЛ И ЗАДАЧИ	38
IV.	ПОСТАНОВКИ, МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ	39
IV.1.	Постановки и материали	39
IV.1.1.	Обхванати обекти и дейности	39
IV.1.2.	Проби от материали и изисквания за количество, транспорт и съхранение	39
IV.1.3.	Проби от въздуха (на мембранен филтър)	42
IV.2.	Използвани методи	45
IV.3.	Апаратура, реактиви, консумативи и лабораторни принадлежности	46

№	НАИМЕНОВАНИЕ НА РАЗДЕЛА	Стр.
V.	РЕЗУЛТАТИ	48
V.1.	Процедура за идентифициране на азбестови материали и определяне на вида на азбеста по PLM-PCM метод	48
V.2.	Идентификация на азбест в материали – определяне наличие и вид на азбеста	65
V.3.	Оценка на материалите по потенциал за отделяне на влакна посредством водно-абсорбционен тест	68
V.4.	Определяне на потенциалната експозиция на азбестови влакна във въздуха при дейности по отстраняване и ремонт на азбестсъдържащи материали	70
V.5.	Измерване на реалната концентрация на азбестови влакна във въздуха при типични дейности с азбестови материали	76
V.5.1.	Данните от измервания на концентрацията на азбестовите влакна във въздуха при дейности по премахване на азбестови материали на закрито	76
V.5.2.	Резултатите от извършените контролни измервания на концентрациите на азбестовите влакна при дейности по ремонт на етернитови водопроводи	82
VI.	ОБСЪЖДАНЕ	86
VII.	ИЗВОДИ	92
VIII.	ПРИНОСИ	94
IX.	ПРИЛОЖЕНИЕ - Методично указание за определяне на експозицията на азбестови влакна при премахване и ремонт на азбестови материали	95
X.	БИБЛИОГРАФИЯ	105
XI.	СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ по темата на дисертацията	116
XII.	УЧАСТИЕ В НАУЧНИ ПРОЯВИ във връзка с дисертацията	117

ВЪВЕДЕНИЕ

Професионалната прахова заболяемост вследствие на азбестова експозиция е важен здравно-социален проблем в световен мащаб. Промислената употреба на азбеста датира от началото на XX век и се развива интензивно в продължение на 8 десетилетия. Към осемдесетте години са известни повече от 3 хиляди азбестсъдържащи продукти: азбестови суровини, композиции от азбест с цимент, перлит, текстилни, полимерни и други материали със свободни влакна (прахообразни смеси, тъкани, хартии, картони) или влакна, свързани химически или споени с придружаващи частици (азбестоциментови, азбестополимерни плоскости, тръби и др.). Контингентът на експонираните на азбестов прах работници при добив и производство на азбест, монтаж и демонтаж, ремонти и поддържане на азбестови продукти в света възлиза на около 125 млн. лица [151]. Отрицателните здравни последици от експозиция на азбестов прах (тежки белодробни заболявания от азбестоза, белодробен рак, мезотелиом на плеврата и перитонеума и др. с дълъг латентен период) [56] се проявяват отчетливо през последните 20 години. По данни на WHO с професионална експозиция на азбест в света ежегодно са свързани повече от 107000 смъртни случая. В САЩ е констатирана азбестова експозиция на работници от повече от 75 професионални групи и възникват 10000 азбест обусловени заболявания годишно [126]. При изследване на лица с професионална експозиция на азбест в периода между 1940 и 1970 г. са констатирани заболявания от рак на повече от половината от тях [126]. В Англия умират годишно около 3500 работници с азбестова експозиция в миналото. Въпреки въведената преди 30 години в Швеция забрана за употребата на азбеста, смъртността при работниците, вследствие заболяемост, свързана с азбестова експозиция към настоящия момент в тази страна е 2–3 пъти по-висока от смъртността при фатални инциденти. Експертите на Европейската комисия прогнозират 500000 смъртни случаи от ракови заболявания, свързани с азбестова експозиция до 2030 г. само за Западноевропейските страни [71].

В България в периода на развитие на производството и потреблението на азбестови продукти от 1960 г. до 1990 г. броят на заетите с дейности с азбест и азбестови материали работници възлиза на над 25000. През този период се експлоатират 3 подземни и 4 надземни находища, както и множество малки кариери за добив на антофилит- и тремолит-азбест [7]. Функционират 2 предприятия за преработка на

добития материал от българска азбестова суровина, 6 предприятия за производство на азбестоцимент, 1 – за азбестоперлит и 1 – за производство на широк асортимент азбестотекстилни изделия, както и редица предприятия за пресовани азбестосъдържащи изделия и цехове за механична обработка на азбестоциментови строителни материали. Заедно с българските продукти в страната се използва широка гама вносни азбестови изделия - филтриращи шихти в химическата и хранително-вкусовата промишленост, изолационни и уплътнителни плоскости в корабостроенето, химическата промишленост, енергетиката и др. [27]. За периода е характерно ниско ниво на прахообезопасяване и многократно превишаване на действащите норми за прах във въздуха на работната среда. През последните 35 години броят на заболяванията, обусловени от азбестова експозиция, непрекъснато расте. В периода 1980 - 2000 г. се откриват годишно между 130 и 200 случаи на азбестоза, плеврални плаки, удебелявания и изливи, свързани с азбестова експозиция. При това се счита, че броят им е нереалистично нисък, вероятно поради ниската им разкриваемост [44]. По данни на Националния раков регистър нараства и броят на новооткритите случаи на злокачествен мезотелиом от 5 през 1993 г. на 18 през 1996 г., 35 за 2006 г. и достигат до 51 през 2007 г. През следващите години броят се запазва висок, като през 2011 г. са регистрирани 58, а през 2012 г. 52 нови случаи [147]. Поради дългия латентен период (20 – 40 години) на тези заболявания, преобладаващи са случаите в по-напредналите възрастови групи (над 40-60 годишни работници), експонирани в годините на най-интензивна промишлена употреба на азбеста у нас [44].

В структурата на заболяемостта от азбестоза в страната в периода от 1960 до 1985 г. с най-висок дял от професионалните заболявания се открояват изолаторчиците и енергоремонтчиците (37 %), следвани от миньорите и заетите с първична преработка на азбест (21 %) и в производството на азбестоциментови продукти (16 %). Засегнати са също произвеждащите азбестополимерни материали (10 %) и азбестотекстил (6 %) [9].

Безспорните доказателства за патогенното действие на азбестовия прах и присъствието на азбеста в много сфери на промишлеността и бита наложиха предприемане на координирани действия на европейско и световно ниво за решаване на сериозния трудово-хигиенен проблем. През 1986 г. с Конвенция № 162/86 на МОТ [26] се приема подход за постепенно ограничаване на употребата на азбест и повишаване на нивото на прахообезопасяване на дейностите с азбестови материали. С Европейска Директива 83/477/ЕЕС [12] се утвърждават единни норми и мерки за предпазване на работниците в страните от Европейския съюз от азбестова експозиция.

През следващите години те се допълват и изменят, като се засилва строгостта на изискванията (Директива 91/382/ЕЕС, Директива 2003/18/ЕС и Директива 2009/148/ЕО-Кодификация на Директива 83/477/ЕЕС, изменена с директиви 91/382/ЕЕС и 2003/18/ЕС) [12, 17, 19, 20]. През 1987 г. е приета и Директива 87/217/ЕЕС [15] за опазване на околната среда от азбестово замърсяване [31]. В посока на ограничаване употребата на азбест са приети последователно три Директиви: 83/478/ЕЕС, 85/610/ЕЕС, 91/659/ЕЕС [13, 14, 16], за да се стигне до забрана на търговията и употребата на азбест на територията на съюза от 01.01.2005 г. (Директива 999/77/ЕЕС) [18].

Действията за оценка и минимизиране на професионалната експозиция на азбест в България датират от 80-те години на миналия век. През 1977 г. (само няколко години след водещите европейски държави) в България е приета официално като хигиенно нормативен показател бройната концентрация на азбестови влакна във въздуха, за чието определяне е въведен въз основа на опита на Великобритания фазовоконтрастния светлинно микроскопски метод (РСМ), по-късно стандартизиран с БДС 16909-89 [4]. Разработен е и стандартизиран и оптико-химичен метод за определяне на вида на азбеста в азбестови материали (БДС 16910- 88) [5].

През 1993 г. е приета Наредба № 12/1993 на МЗ за санитарни правила при внос, производство и употреба на азбест [38]. С нея се въвежда комплекс от изисквания относно безопасността при работа с азбест, в съответствие с основните положения на Конвенция 162 на МОТ.

През 2002-2003 г. националното законодателство за предпазване на работниците от азбестова експозиция е актуализирано в съответствие с положенията на европейските директиви в тази област с намаляване на граничните стойности (ГС) за експозиция (Наредба №1 на МТСП и МЗ от 2003 г.) [39]. Приета е и Наредба № 5 на МОСВ за предотвратяване и намаляване на замърсяването на околната среда с азбест [40], хармонизирана с Директива 87/217/ЕЕС. С Наредба за опасните химични вещества, препарати и продукти, подлежащи на забрана или ограничения при търговия и употреба е постановена забрана за търговия и употреба на азбест и азбестови продукти на територията на страната, считано от 1.01.2005 г. [45] в съответствие с Директива 999/77/ЕЕС).

Предприетите мерки доведоха до значително намаляване на азбестовото потребление в периода до 2000 г., съответно - на броя на заетите лица в дейности с

азбест и азбестсъдържащи материали (до около 5000 души) и на професионалната прахова експозиция [31].

След прекратяване на употребата на азбест от 2005 г., действията за предотвратяване на здравния риск, свързан с експозиция на азбест при работа, се съсредоточават върху заетите работници с дейности по отстраняване и ремонт на азбестови материали (изолаторчици, енергоремонтчици, работници в строителството и др.).

Сега действащото законодателство (Наредба № 9/2006 г. на МТСП и МЗ [42] и чл. 73 в Закона за здравето [24]) се отнася за предпазването на работниците от здравен риск от експозиция на азбест при специфичните условия на дейности по отстраняване и ремонт на азбестсъдържащи материали. Наредбата изисква, в съгласие с препоръките на Директива 2003/18 ЕС, оценка на потенциалната експозиция в етапа на планиране на дейностите и проверка на ефективността на мерките за минимизиране на професионалната експозиция на азбест и предпазване на въздуха от азбестово замърсяване с редовни измервания на концентрацията на азбестовите влакна във въздуха в процеса на работа и след приключване на дейностите. За изпълнение на тези изисквания е необходимо въвеждане на нови подходи за определяне на експозицията на азбестови влакна в практическата дейност по осигуряване на безопасността и здравето при работа и развитие на използваните в страната методи за измерване на азбестовия прах във въздуха и за идентифициране на азбестовите материали. Това определя основните задачи и акценти в настоящата дисертационна разработка.

II ЛИТЕРАТУРЕН ОБЗОР

1. Азбест и азбестсъдържащи материали – видове, основни свойства, приложения

Азбест е обобщаващ термин за влакнести минерали от серпентинов и амфиболов тип, с ценни физични и технически свойства (негоримост, ниска топло- и звукопроводимост, здравина и еластичност, възможност за изтегляне на нишки и изтъкване на платове, армиращи свойства и др.). Най-известни са хризотилът – слоест силикат от антигорит-талковата минерална група и 5 вида верижни силикати (актинолит, тремолит, антофилит, амозит и крокидолит) от амфиболовата група. Кристалите на азбестовите минерали нарастват аномално по една от кристалографските оси, образувайки снопове, в които отделните влакна са свързани чрез сравнително слаби връзки и лесно могат да се отделят едно от друго при механично въздействие. Различни метаморфни промени, дори в рамките на едно находище могат да доведат до образуване на непрекъсната редица от морфологични форми, като само някои от тях да бъдат азбест. Невлакнестите и влакнестите разновидности на тези минерали имат идентичен химичен състав, но известни различия в структурата и морфологията, и се разглеждат като отделни минерали [6, 10, 25]. Така например хризотилът се различава морфологично и структурно от антигорита и лизардита. Рибекит и грунерит са съответно невлакнестите разновидности на крокидолит и амозит, а за антофилита, тремолита и актинолита с прибавяне на думата азбест се уточнява влакнестия им хабитус (актинолит азбест, тремолит азбест, антофилит азбест). От ключово значение за определяне на тези минерали като азбестова форма (при идентификация в материали чрез поляризационна микроскопия - PLM) са размеровите отношения (дължина към диаметър) на образувачите снопчета удължени влакнести кристали [153]. В съответствие с ISO 22262-1:2012 [92], при наблюдение под микроскоп, диапазонът на тези отношения трябва да варира от 20:1 до 100:1 или повече за влакна по-дълги от 5 μm . Важен морфологичен белег е и способността за надлъжно разделяне на снопчетата на много тънки влакна, обикновено по-малки от 0,5 μm . В допълнение частици с азбестова форма трябва да притежават поне две от следните характеристики:

- Паралелни влакна, срещащи се в снопове;
- Влакнести снопове, показващи разцепени краища;
- Агломерати от преплетени влакна и/или

- Влакна показващи кривини.

Едно от най-важните свойства на азбестовите минерали е тяхната огнеустойчивост. При температура между 400 и 1000°C всички азбестови видове, вследствие на дехидратация, се разпадат на по-прости структури. Амозитът и крокидолитът при нагряване над 500°C се разграждат на железни и силициеви оксиди, а хризотилът при третиране над 650°C се разпада до форстерит и свободен силициев диоксид, без промяна на влакнеста форма на частиците [98, 133]. За пълна прекристализация на азбеста са необходими температури над 800°C [102]. Хризотилът е лош проводник на топлина, електричество и звук. Лесно се уврежда от киселини, но е много устойчив към основи, което го прави желана съставка при производството на циментови материали със специални качества. За амфиболовите азбестови видове е характерна различна устойчивост спрямо киселини и основи, а също и способност да се ориентират в магнитно поле [22].

Структурните и химични промени на азбестовите минерали, вследствие термично и киселинно третиране, са обект на целенасочени проучвания във връзка с идентифицирането на азбеста [78, 98, 105].

На това се базират и много изследвания в насока обезвреждане на азбеста в азбестсъдържащи отпадъци (разтваряне в киселини, хидротермално третиране, механично третиране, стапяне на влакната и встъкляване с използване на плазмена технология, и др.) [82, 83, 102, 115, 117] и естествено съдържащ се азбест в почви и скали (комбиниране на термално и киселинно третиране) [104].

Най-широко използваните в промишлените продукти азбестови видове са хризотил (с около 90 %-ен дял в потреблението на азбест), амозит и крокидолит [131]. В световното потребление антофилитът има незначителен дял, но у нас е използван широко - в продължителен период са експлоатирани собствени находища и е произвеждана българска антофилитова суровина, влагана в топлинни изолации в енергетиката, пещостроенето, корабостроенето и др. [29]. Българските азбестови находища са подробно описани от К. Божинов и М. Желязкова, 1979 г., както в геоложки аспект, така и по отношение на добивани количества и качества на азбестовата суровина [7].

Ценните технически свойства на азбеста обуславят широкото му приложение в близкото минало. Азбестът е компонент на голям асортимент от изделия с различен състав по отношение на процентното му съдържание и вместицата матрица (цимент, хартия, текстил, полимери, смоли, битуми и др.), с различна плътност (здравина на

връзката на азбестовите влакна с основната съставка) и съответно - способност за отделяне на влакна. В азбестовите продукти могат да присъстват един или няколко вида азбест.

В промишлените продукти азбестовите разновидности са влагани в различни количества, но никога в количества по-малки от 0,1 mass %. На това основание присъствието на азбестови влакна в съдържание 0,1 mass % е регламентирано в рамките на ЕС като долна граница за определяне на законовия статус на даден материал като азбестосъдържащ.

Към осемдесетте години на миналия век в света са известни повече от 3 хиляди азбестосъдържащи продукти (топло- и шумоизолационни материали, азбестоциментови плочи, панели, тръби и съединители, картони, хартии, хидроустойчиви покривни кечета, мушамы, подови плочки, балатуми, пожароустойчиви текстилни изделия, маджуни, накладки за МПС и др.) [22]. През периода 1960-1990 г. в България се произвеждат няколко вида азбестови суровини (млян азбест, азбулките, азбест – влакно и технически азбест), съдържащи над 85 % българска амфиболова суровина (25 -50 % азбест от смесен тип – антофилит, тремолит, актинолит и придружаващи силикати от вместиращите скали – талк, вермикулит, биотит и др.) и между 2 и 15 % вносен хризотил. В същия период се произвеждат над 34 вида продукти от 19 типа [29]. Азбестовите материали и изделия са влагани при строителството на индустриални, обществени и жилищни сгради, инсталации, промишлено и битово оборудване, транспортни средства и др. Основните видове азбестови материали и техните приложения са представени в таблица 1, в ред на нарастване на здравината на връзката на азбеста с вместиращата матрица [60, 85, 92, 111].

Таблица 1. Основни видове материали в строежите, които могат да съдържат азбест.

Вид на материала	Приложение	Употреба
1	2	3
Покрития, положени чрез “сухо” или “мокро” торкретиране (шприцовани), (могат да съдържат до 80% азбест).	Топло- и звукоизолация, защита от пожар и от кондензирана влага	На тавани, за огнезащита, звуко- и топлоизолация в многоетажни сгради; върху стени, тавани и метални структури в складове и фабрики, за пожарна защита и термоизолационни цели; върху стени и тавани в театри, кина, студия, зали, за обезшумяване
Изоляции от вата (могат да съдържат до 100% азбест).	Топло- и звукоизолация, огнезащита	В сандвич между дървени или метални плоскости за осигуряване на огнеустойчивост, дюшеци за термоизолация, електроизолационни покрития на кабели, прикрепени напр. с мрежа, шумоизолация в помещения

Таблица 1 - продължение.

1	2	3
Обмазки и предварително формовани черупки, блокове, сегменти	Топло- и звукоизолация	Повърхностни покрития или слоеве, в зависимост от необходимата изолация, положени на тръбопроводи за пара, вода, въздуховоди за горещ въздух и газове, стени на пещи и др.
Обшивки, опаковки, уплътнения – одеяла, въжета, шнурове, прежди, платна (могат да съдържат от 1 до 100% азбест).	Топлоизолация на тръби, котли, съдове, работещи при повишена температура, уплътнения, електроизолация	В обществени сгради, фабрики, на тръби и бойлери; опаковки от азбестови одеяла на котли за промишлена пара, шнурове и въжета на тръбопроводи, често покрити с циментова обмазка; топлоустойчиви уплътнения на помпи, компресори, тръби за пара и техническа арматура /кранове, капаци, гърловини, фланци/ на съоръжения главно в химическата и нефтохимическата промишленост и ТЕЦ; спирачна лента в уредби на въжени линии, влекачи, багери и др.; термоизолация /ленти, платна, въжета, шнурове /на нагреватели, тръби за гореща вода и др. в сгради и на промишлено оборудване; електроизолация от платна и ленти.
Изолационни картони (може да съдържат от 16 до 40% азбест).	Противопожарна защита, топло- и звукоизолация в сгради и в общи сградни инсталации	В тръби и канали за противопожарна защита; в ел.табла; преградни стени, тавани, подпокривни подложки, в бани, изолация на бойлери, фурни, камини и др.
Армирани циментови пресовани или формовани вълнообразни, и гладки плочи, сандвич-панели, тръби (може да съдържат 10-25% азбест).	Хидроустойчиви и огнеустойчиви строителни материали в жилищни, сезонни, обществени, промишлени и селскостопански сгради, водопреносната мрежа, канализацията и др.	Покриви, вътрешни и външни стени, огнеустойчиви строителни детайли за облицовка на метални колони, сандвич панели; тръби и съединители за надземни и подземни водопроводи, канализационни, хидромелиоративни съоръжения, улуци, водосточни тръби, газоотводи и др.
Битумни хидроизолационни продукти (може да съдържат над 5% азбест).	Влагоустойчиви строителни материали	Покривни кичета и хидроизолационни мушамы; покрития за подове и стени;
Меки пластични материали - маджунни, лепила (може да съдържат 5-10% азбест).	Уплътнителни материали	За уплътнение и херметизация на прозорци, подове
Продукти за подови покрития (може да съдържат до 25% азбест).	Влагоустойчиви материали	PVC или винилни подови плочки, балатуми

Таблица 1 - продължение.

1	2	3
Пресовани полимерни (каучукови) материали (могат да съдържат до 30 % азбест).	Уплътнения, ел. изолация, фрикционни изделия	Плоски уплътнения от плочи "Паронит", "Клингерит", "Белдамит", "Марсит", "Азбестос" и др. на фланцеви съединения на тръбопроводи, котли, капаци и др. в ТЕЦ и промишлени инсталации в химически и машиностроителни предприятия, кораби; изолации на електрически инсталации; уплътнения на помпи, компресори, арматура, работеща при висока температура - набивки "PILOTRACK", "SQUIRREL", "EXELSIOR" и др.; дискови и челюстни спирачки /феродо/ в МПС, фрикционни блокчета и профили в машиностроенето, конусни спирачни пръстени за електротелфери, конвейерни и вентилаторни ремъци и др.

2. Фактори за биологично действие на азбестовите влакна

На база епидемиологични проучвания за заболяемост и смъртност на големи групи работници, от една страна и на данни за азбестовата експозиция - от друга, както и на експериментални изследвания върху животни [8, 77, 134], са открити следните фактори за специфични злокачествени увреждания от въздействие на влакнести прахове:

- **доза на праха** (количество инхалиран във времето прах);
- **размери на влакната в праха;**
- **устойчивост (биоперсистенция) на праха в белия дроб;**
- **индивидуална реактивност на организма.**

Днес е общоприето схващането, че удължената форма на влакната и техните размери имат първостепенна роля за канцерогенните ефекти на азбеста. След изясняване на механизмите на проникване, отлагане и задържане на частици в дихателните пътища на човека се въвежда терминът „респирабилни влакна“ – част от суспендираните във въздуха влакна, които при дишане проникват и се отлагат в газообменния район на дробовите на човека, където са способни да проявят специфични фиброгенни и канцерогенни ефекти. Тези влакна имат следните размерови характеристики: дължина (l) $> 5 \mu\text{m}$, диаметър (d) $< 3 \mu\text{m}$ и отношение дължина/диаметър ($l:d$) $\geq 3:1$, които са възприети като дефиниция за опасни влакна във въздуха.

Резултатите от редица проучвания показват положителна корелация между отношенията на размерите $l:d$ на влакната и злокачествените, свързани с азбеста

заболявания, въпреки, че патогенността на късите азбестови влакна не може да бъде напълно изключена [66, 139, 140].

Спецификите на повърхността на влакната се отразяват на канцерогенния им потенциал и скоростта на разтварянето им в биологични среди [76]. Съществува хипотеза, че Mg, отделен от хризотила, въздейства върху клетките и има цитопатогенен ефект [79]. Химичният състав, реактивността, и биоперсистенцията играят важна роля за токсичността на влакнестите минерали [99,100].

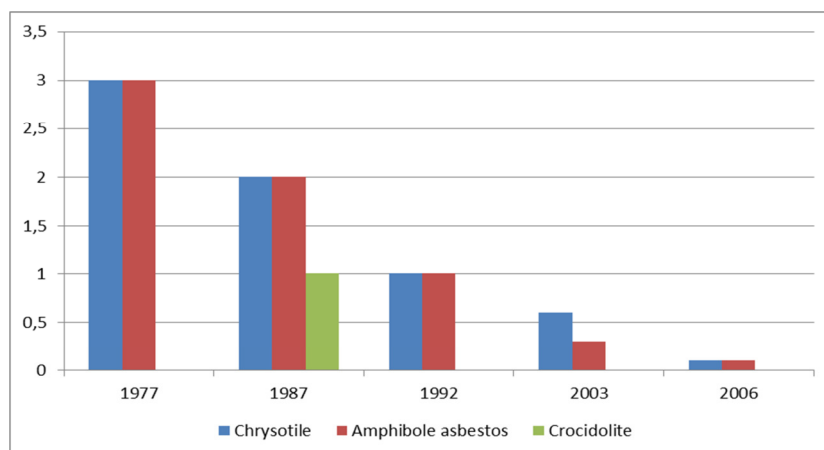
Смяташе се, че хризотилът е по-малко рисков, в сравнение с амфиболовите видове азбест, поради по-ниския му потенциал за прахообразуване и поведение в биологични среди (влакната от хризотил се раздробяват и разтварят в биологични течности), което улеснява изчистването му чрез естествените механизми на човешкия организъм. Амфиболовите азбестови форми, особено амозит и крокидолит, са високо прахообразуващи и устойчиви след попадане в човешкия организъм. Експозицията на тези видове е най-честа причина за поява на мезотелиом. Въпреки това, наличието на множество данни за злокачествени заболявания, свързани и с експозиция на хризотил, доведе до пълната забрана за добив, производство и употреба на всички видове азбест в голяма част от света, в т.ч. страните-членки на Европейския съюз (ЕС) [47].

Всички азбестови видове са класифицирани от Международната агенция за изследване на рака (IARC) в група 1А „доказани човешки канцерогени“. Според химическия регистър на Chemical Abstracts Service (CAS), те са номерирани както следва: хризотил CAS №12001-29-5, крокидолит CAS №12001-28-4, грунерит азбест (амозит) CAS №12172-73-5, антофилит азбест CAS №77536-67-5, тремолит азбест CAS №77536-68-6 и актинолит азбест CAS №77536-66-4.

3. Нормативни параметри и ГС за хигиенна оценка на азбестов прах в работната среда

За хигиенна оценка на азбестовия прах в работната среда в България се прилагат от 1977 г. хигиенни норми за концентрацията на респирабилни азбестови влакна във въздуха по маса или по брой на влакната. Впоследствие само бройната концентрация на влакната е утвърдена като релевантен параметър за оценка на експозицията. ГС се отнасят за средно претеглената концентрация на влакната за периода на работната смяна и в съответствие с развитието на научните знания в света по проблема са

намалжавани многократно досега [3, 37, 39, 41,] докато стойността се изравнява през 2006 г. [42] с тази на ЕС - $0,1 \text{ f/cm}^3$: (фиг. 1).



Фиг. 1. Бройни норми за азбестова експозиция в България (1977-2016 г.).

Продължителният латентен период (10-40 години) на свързаните с азбеста заболявания налага преоценка на данните за азбестова експозиция в миналото по отношение на съвременните нормативни параметри и ГС.

4. Експозиция на азбестови влакна при работа с азбестови материали

В средата на ХХ век започват целенасочени проучвания, свързани с праха от азбестови влакна, който се отделя при добив и преработка на азбеста, а също и при производство на азбестови материали и изделия. Първоначално се извършват отделни измервания в развитите страни, традиционни производителки и потребителки на азбест (Англия, ФРГ, САЩ и др.), а до края на 70-те години е организиран системен хигиенен контрол на азбестовите производства в повечето страни, включително и у нас. В този период, по данни от наблюденията на състоянието на азбестовото замърсяване на работната среда в различни страни, нивата на експозиция при основни прахоотделящи процеси (разпаковане и зареждане на азбестови суровини, механична обработка на азбестови материали и др.) и при липса на противопрахови мероприятия са достигали до няколко стотин влакна в 1 cm^3 , а най-ниските регистрирани стойности са били около 3-4 f/cm^3 . При изграждане и разрушаване на азбестови изолации са отчитани краткотрайни максимални стойности на запрашаване до около 800-900 f/cm^3 . Данни на Health and Safety Commission, 1979 [65] и AIA, 1985 [57] сочат значително намаление (на 1-2 порядъка) на концентрации на азбестови влакна в основни производства в страни като ФРГ, Англия, Франция и др., в резултат от внедряване на ефективни

технико-профилактични мероприятия. За голяма част от работните места концентрациите са на нива от по-малко от 2 до по-малко от $0,5 \text{ f/cm}^3$. С въвеждане на противопрахови мероприятия като омокряне, почистване и предпазно работно облекло е реализирано значително намаление на азбестовата запрашеност в дихателната зона на работниците при изграждане и разрушаване на азбестови изолации, включително и торкретирани изолации. По данни на Nicholson, 1978, средните концентрации на влакна при извършване на тези операции в Англия са понижени до по-малко от 2 f/cm^3 за 88,6 % от случаите, а максималните измерени стойности не превишават 10 f/cm^3 [123]. Проведените до 1989 г. измервания на концентрациите на азбестовия прах в работната среда за всички браншове на азбестовата промишленост у нас показват над 10 пъти по-високи стойности в сравнение със западноевропейските страни за този период. Висок е и броят на заболяванията причинени от азбест [2, 22].

За решаване на този проблем през 1993 г. е утвърдена Наредба 12 на МЗ, която регламентира подход за постепенно ограничаване употребата на азбеста в съответствие с основните положения на Конвенция 162 на МОТ [38]. С тази Наредба се забранява употребата на крокидолит и амозит и се допуска производство само на незаменими с по-безопасни материали азбестови изделия и само при осигурени безопасни условия на работа (спазване на установените хигиенни норми за запрашеност на работната среда и ефективно опазване на околната среда от промишлено азбестово замърсяване). В тази връзка в основните азбестови производства са проведени редица технико-профилактични мероприятия за ограничаване на прахоотделянето в работната среда: монтиране на подходящи вентилационни съоръжения и капсуловки, механизация и автоматизация на прахоотделящите операции и др.

Същевременно бе усъвършенствана методологията на измерване на азбестовото замърсяване чрез осъвременяване на микроскопския метод (БДС 16909-89) и проучване, апробиране и въвеждане на метод за определяне на азбест в суровини и материали (БДС 16910-88).

След предприетите мерки, изискващи се от Наредба № 12 на МЗ, резултатите за азбестовата експозиция на основни професионални групи работници, постигнати с усъвършенстваната методология на измерване [32, 52, 53, 143], показват ефективно снижение в сравнение с периода преди 1990 г. [43].

При проведени от НЦХМЕХ през периода 1994-1997 г. измервания в две основни производства на азбестоциментови материали са установени нива на професионална

експозиция в интервала от 0,1 до 0,9 f/cm^3 , в съответствие с официалната ГС за този период (1 f/cm^3) [143].

Дейностите по ремонти и отстраняване на азбестови изолации в топлоелектрическите централи се извършват преди 2005 г. в повечето случаи без прилагане на технически мерки за прахообезопасяване и предварително омокряне на изолациите. В много от случаите работниците подценяват риска от азбестова експозиция и не използват ефективни средства за персонална защита на дихателните органи.

Проведени преди 1992 г. измервания, свързани с дейности по разрушаване и изграждане на азбестоциментови (включващи хризотил и антофилит азбест) обмазки и торкретирани изолации дават данни за високи нива на експозиция, в несъответствие с хигиенната норма - от 5,7 до 7,3 f/cm^3 – при работа с обмазки и от 9,2 до 10,7 f/cm^3 – при работа с торкретирани изолации. Превишението е значително дори по отношение на действащата преди 1987 г. ГС от 3 f/cm^3 [2, 32].

В периода 1994-2005 г., са обхванати с контролни измервания от НЦХМЕХ всички ремонтни операции с азбестови материали в ТЕЦ. Уточнено е и фоновото ниво на азбестови влакна във въздуха на територията в съседство с работната площадка при отстраняване на азбестови обмазки на турбини и около съоръжения в експлоатация. Данните показват средносменна концентрация на влакната при изграждане на азбестсъдържащи обмазки и подмяна на азбестотекстилни изолации и уплътнения от 0,2 до 0,3 f/cm^3 в съответствие с действащата преди 2006 г. ГС за професионална експозиция (0,6 f/cm^3). Несъответствие с ГС е установено за експозицията при монтаж на азбестотекстилно въже на тръбопроводи (измерени стойности в интервала от 0,5 до 1,3 f/cm^3) и при премахване на азбестсъдържащи обмазки и почистване на отпадъците, където средносменната концентрация на влакната е установена на нива от 1,5 до 6,5 f/cm^3 . Наличие на значимо азбестово замърсяване (0,3 f/cm^3) се регистрира и на територията в съседство с работната площадка в радиус 20 m около нея [11].

5. Определяне на експозицията на азбест при отстраняване и ремонт на азбестови материали – положения в действащото законодателство и практики по прилагане на изискванията

Действащите понастоящем европейски директиви и национални нормативни документи за предпазване на работещите от риск, свързан с експозиция на азбест

(Директива 2009/148/ЕС [20], Наредба № 9/2006 г. на МТПС и МЗ [42] и чл. 73 в Закона за здравето 2006 г. [24]), са въведени след прекратяване на употребата на азбеста и са съсредоточени върху дейностите и работещите по отстраняване, ремонт и поддръжка на наличните в строежи, инсталации и съоръжения азбестови материали. Спецификите на тези дейности (работа с разнообразни по вид и съдържание на азбест и потенциал за отделяне на влакна материали, много от които неразличими визуално от несъдържащите азбест материали със същите приложения, както и различни характеристики на работа и условия на обектите) обуславят експозиция на азбестови влакна с нива в много широк интервал – от незначителни до десетки пъти по-високи от ГС. Основни положения на законодателството са:

- ✓ задължителни предварителни проучвания за определяне наличието, вида на азбеста и степента на потенциалната експозиция на азбестови влакна на всички обекти, на които се предприема премахване на изолационни и строителни материали, за които се предполага, че могат да съдържат азбест;
- ✓ провеждане на редовни измервания на концентрацията на азбестови влакна във въздуха в процеса на извършване на дейностите за установяване на съответствието с граничните стойности за експозиция и за доказване на отсъствието на риск от експозиция след приключване на дейностите;
- ✓ диференциран подход към дейностите с висока и ниска (инцидентна и с нисък интензитет) експозиция. За ситуации, при които експозицията е инцидентна и с нисък интензитет, се допускат изключения от нормативните изисквания за оценка на здравното състояние, водене и съхранение на регистър и здравно досие на работещите. На оценка в този аспект подлежат конкретно определени с Наредба № 9 дейности, при условие, че потенциалната експозиция съответства на ГС и се прилагат подходящи технически и технологични мерки и добри работни практики за минимизиране на експозицията:
 - кратки операции по поддръжка на нетрошливи материали, които не се извършват постоянно;
 - дейности, които се състоят в демонтаж, без повреждане на високо плътни материали със свързан в матрица азбест;
 - капсуловане или запечатване на азбестови материали в добро състояние;
 - мониторинг за контрол на концентрацията на азбестови влакна във въздуха и вземане на проби от материали за идентификация на азбест.

За определяне на вида на азбеста и степента на потенциалната експозиция са изведени от богатия практически световен опит [54, 60, 63, 111, 141] и се прилагат в практиката на водещите европейски страни следните принципни положения и подходи:

- Нивото на експозиция зависи от няколко фактора:
 - Тип на матрицата, в която е наличен азбестът и здравина на връзката на азбестовите влакна с матрицата (плътност на материала);
 - Количество и разпределение на азбеста в материала (дали е диспергиран в матрицата или е наличен като слой на повърхността);
 - Състояние на азбестовия материал (запазена цялост или малки повърхностни нарушения, или нарушения на целостта на материала: средни - при наличие на цепнатини по цялата дебелина или големи – при наличие на отломки);
 - Характеристики на работата (работни методи, времетраене и честота на дейностите;
 - Технически мерки за предотвратяване на прахообразуването при работа, лични предпазни средства за дихателните органи;
 - Условия на обекта (на открито или на закрито).
- Необходимата информация за материалите, с които ще се работи, и за условията на обекта се получава при проучване на документацията и оглед на място, а предвидените мерки за контрол на праха и предпазване на работниците се предоставят от изпълнителя на дейностите. При отсъствие на данни за наличие, вид и съдържание на азбест и плътност на материалите, от тях се вземат и анализират лабораторно проби за идентификация на азбеста и оценка на потенциала за отделяне на влакна;
- За определяне на нивото на потенциалната експозиция в практиката се използват налични бази данни за експозиция при аналогични дейности с подобни материали;
- Като мярка за определяне на степента на експозицията на ангажираните с дейностите работници се прилага ГС за средносменна професионална експозиция ($0,1 \text{ f/cm}^3$). За оценка на експозицията е приета пет-степенна скала [68, 114, 116 ,129] (**степен 4:** много висока - превишение на ГС – голяма честота на контакта с агента при много висока концентрация, работа с високо прахообразуващи материали; **степен 3: висока** - нивото на експозиция е между $0,5 \text{ ГС}$ и ГС – обичаен контакт с агента във висока концентрация или рядко с

много висока концентрация, работа с високо прахообразуващи материали; **степен 2 умерена:** ниво на експозицията между 0,1 ГС и 0,5 ГС – непостоянен контакт с агента при умерена концентрация или рядко при висока концентрация; работа с материали с ниско прахообразуване; **степен 1 ниска:** непостоянна експозиция с ниво под 0,1 ГС и непостоянен контакт с агента и **степен 0 незначима:** не се открива експозиция.

„Инцидентна и с ниска интензивност експозиция“ на азбестови влакна е експозицията, която може да настъпи случайно в определени кратки интервали на работата, не е настъпвала преди това и не се очаква да се повтаря в бъдеще.

За определяне на дейностите, свързани с инцидентна и с ниска интензивност експозиция на азбест, са изведени от практическия опит на водещите Европейски страни и указани в публикации на Health and Safety Executive (HSE) [59, 62, 141, 154] **контролни граници за експозиция и максимална продължителност и честота на кратки дейности по поддръжка.**

- Контролна граница за максимална експозиция на азбестови влакна, усреднена за период от 10 min – $0,6 \text{ f/cm}^3$, независимо от използваните лични предпазни средства за защита на дихателните органи;
- Контролна граница за максимална експозиция на азбестови влакна, усреднена за период от 4 h - $0,1 \text{ f/cm}^3$, независимо от използваните лични предпазни средства за защита на дихателните органи;

Контролните граници за експозиция се отнасят за всички видове азбестови влакна.

- Максимална продължителност на дейностите по поддръжка, включващи работа с азбестоциментови материали, азбестов картон, азбестови уплътнения, азбестови платна в добро състояние вкл. почистване – 2 h за всички работници и 1 h за 1 работник за период, не по-кратък от 7 дни.

За определяне на инцидентна и с ниска интензивност експозиция в практиката се провеждат измервания на нивото на експозиция или се използват за сравнение с контролните граници налични данни от предишни измервания при аналогични дейности и характеристики на работата.

Когато резултатите от оценката на потенциалната експозиция показват наличие на възможен неприемлив риск се провеждат контролни измервания за оценка на съответствието на реалната експозиция с граничната стойност ($0,1 \text{ f/cm}^3$).

При дейностите по разрушаване и отстраняване на азбестови материали на закрито, в практиката на водещите европейски страни (50, 51, 86, 108), се извършват:

1. Персонални измервания на концентрацията на влакната по време на работа за оценка на ефективността на използваните лични предпазни средства (ЛПС) за дихателните органи на работниците по техния защитен фактор;
2. Контролни измервания, по отношение на общоприетия в световната практиката индикатор за чистота на въздуха - $0,01 \text{ f/cm}^3$ на:
 - фоновите нива на неорганични влакна във въздуха преди започване на дейностите и след демонтажа на огражденията и
 - концентрациите на влакната във въздуха на границата на работната площадка, извън ограждението, по време на извършване на дейностите и в рамките на ограждението – след приключване на дейностите и почистването.

Съответствието на измерените концентрации с индикатора за чистота на въздуха се приема като доказателство за добра херметизация на огражденията и съответно - отсъствие на риск от експозиция по съседство с работната площадка по време на дейностите и отсъствие на риск при пребиваване в помещенията (работни, жилищни и обществени) - след приключване на дейностите.

Индикаторът за чистота на въздуха и необходимите за определяне на дейностите с инцидентна и с ниска интензивност експозиция контролни граници за концентрация на азбестови влакна, честота и времетраене на работата, не са утвърдени с Национално законодателство в България. Не са разработени и необходимите методични указания за оценка и хигиенен контрол на експозицията на азбестови влакна в рутинната практика в страната.

Опитът от приложението на Наредба № 9/2006 г. до сега показва сериозни нарушения на важни за предпазването на работниците от азбестова експозиция изисквания:

- Дейностите по премахване на изолационни и други материали, които могат да съдържат азбест, се извършват нерядко без предварително проучване за оценка на потенциалната азбестова експозиция. В такива случаи присъствието на азбеста може да остане неизвестно, не се прилагат необходимите мерки за прахообезопасяване и защита и това създава предпоставки за висока азбестова експозиция.

- Понятието „инцидентна и с ниска интензивност експозиция“ на азбест се интерпретира в много случаи непълно и неточно, което води до подценяване на експозицията на азбестови влакна и неспазване на изискванията за оценка на здравното състояние, водене и съхранение на регистър и здравно досие на работещите.
- Хигиенната оценка на фона от неорганични влакна във въздуха на помещения след приключване на дейности по премахване на азбестови материали се извършва в рутинната практика нерядко неправилно, по отношение на ГС за професионална експозиция на азбест.

6. Методи за оценка на материалите по потенциал за отделяне на влакна във въздуха.

Важна част от оценката на риска от контакт с азбестсъдържащи материали е оценката на потенциалната им възможност да освобождават влакна във въздуха. Получената информация е пряко свързана с азбестовата експозиция при работа. Потенциалът за отделяне на влакна зависи от плътността на вместицата матрица, т.е. от възможността и здраво да свърже азбестовите влакна в материала или изделието.

Лесен и бърз начин за различаване на нископлътни от високоплътни азбестови материали в лабораторни условия е прилагането на водно-абсорбционен тест [61, 63], който използва свойството на нископлътните материали да абсорбират по-голямо количество вода. Като високоплътни, с нисък потенциал за отделяне на влакна, се отчитат материали, които абсорбират вода по-малко от 30 % по маса (например етернитови изделия). При абсорбирана вода равна или повече от 30 %, азбестсъдържащият материал се счита за нископлътен (например азбестов картон или текстил).

7. Аналитични методи за идентификация и количествено определяне на азбест в материали и прах във въздуха

За идентификация и количествено определяне на азбест в материали и прах във въздуха са известни редица качествени и количествени микроскопски методи и варианти на рентгеновата дифрактометрия (XRD). Използват се също възможностите на инфрачервената спектрометрия (IR) като количествена аналитична техника.

Всички аналитични методи се влияят в по-голяма или по-малка степен от дисперсността на влакната и от присъстващите в пробата неазбестови частици. Тяхната приложимост е различна по отношение на размеровия интервал на влакната - за микроскопските методи и по отношение на процентното съдържание на азбеста, и минералния състав на изследваната проба – при физикохимичните методи.

Подходът за пробовземане и анализ се избира в зависимост от изследвания обект (въздух в работна или околна среда, почви, води, азбестсъдържащи материали и изделия, скални образци).

Изборът на метод е свързан със спецификите на аналитичния обект (веществен състав, размерови характеристики на частиците) и целта на анализа. От съществено значение е възможността да се осигури необходимата апаратурна база за рутинното му използване.

Измерването и оценката на експозицията на влакнести прахове във въздуха е трудна задача по няколко причини:

- Масата на влакнестите прахове и в частност – на азбеста е неинформативен параметър във връзка с оценка на здравния риск при инхалиране, който се свързва с присъствието на дълги тънки влакна в инхалирания прах.
- Много методи не могат да разграничат влакнестата форма на частиците от техните полиморфни невлакнести модификации.
- Идентификацията на азбестовите влакна изисква скъпа апаратура.

Физико-химични методи - IR и XRD са подходящи за количествено определяне на минералите, в % по маса. Пробите се анализират в прахообразно състояние, най-често в таблетки с KBr - по IR-метода [28, 34, 36] и в пресовани препарати – по XRD [94, 113, 120]. Разработени са варианти на двата метода за анализ и на подходящи мембранни филтри. Недостатък и на двата метода е неселективността за разделно определяне на влакнестата от невлакнестата разновидност на образуващите азбестова форма минерали. IR-методът има ограничена приложимост за определяне на амфиболови азбестови видове в присъствие на редица силикати, които имат IR-абсорбционни ивици в областите на аналитичните ивици на азбестовите минерали. По данни на Roedelsperger и др. [132] и Puleda, Marconi [130] най-ниската, постигната до сега долна граница на определяемото съдържание на азбест с XRD- и IR-методи, е 2-3 %. Използваните в санитарно-химичната практика в нашата страна варианти на тези методи осигуряват определяне на съдържанието на над 5 % амфиболов азбест [30, 35] и

над 2 % за хризотил [28, 30]. С въвеждане на предварителна химична обработка на проби от азбестоциментови материали, съдържащи хризотил и крокидолит е постигната долна граница, за определяемото съдържание на крокидолт, по-ниска от 1 % [33]. Преимущество на рентгеновия фазов метод е, че е приложим и за качествен минерален анализ.

IR-спектрометрията се прилага за количествено определяне на азбест в лабораторната практика на НЦХМЕХ от 80-те години на миналия век [33, 34, 35]. Разработена е и валидирана вътрешнолабораторна методика за определяне на хризотил по този метод [28].

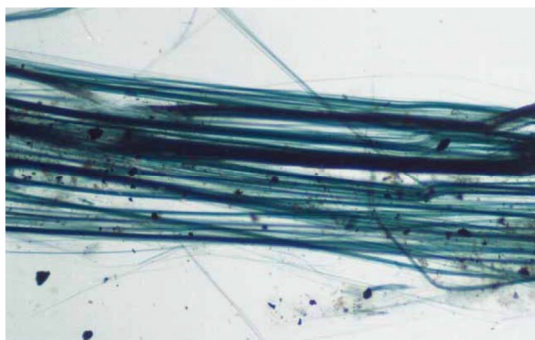
Микроскопски аналитични методи за качествено и количествено определяне на азбест в хигиенната практика

Трансмисионната (TEM) и сканираща (SEM) електронна микроскопия са подходящи за идентифициране вида и съдържанието, в mass % на азбеста [91, 92, 113] и за определяне на размерите и бройната концентрация на фино дисперсни азбестови влакна [87, 89]. Те се използват често в комбинация със светлинна микроскопия [75, 89, 90, 91, 96, 119, 137, 138]. TEM с електронна дифракция (SAED) дава възможност за паралелно определяне и на структурните параметри на кристала. Свързан с енергийно дисперсен рентгенов лъчев детектор (EDX), електронният микроскоп позволява определяне на елементния състав и идентифициране на минералния вид на частици с диаметър от порядъка на 0,2 μm чрез SEM и 0,01 μm чрез TEM. Високата разделителна способност и дълбочина на фокуса на електронните микроскопи осигуряват голяма сигурност и точност на анализите. При прилагане на SEM-метода пробите могат да се анализират директно на мембранни филтри, а при TEM – те се препарират по метода на въглеродната реплика. Вариантите на електронно-микроскопските методи са единствено подходящи за характеризирание на малки количества преимуществено субмикронни по размери азбестови замърсители в атмосферен въздух и води [64, 145, 149]. Подходящи са и при определяне замърсяването в биологични среди, геоложки образци, както и за определяне на фино дисперсни влакнести компоненти в праха от въздуха на работната среда. Основният им недостатък е високата цена, трудната достъпност в рутинната практика и времеемкостта на анализите.

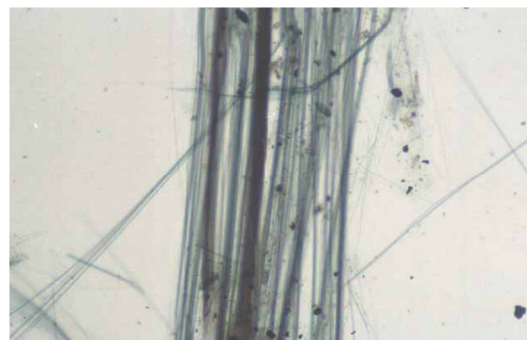
За идентифициране вида на азбеста в рутинната практика приложение намира фазовоконтрастната светлинна микроскопия (PCM) в съчетание с имерсионен метод за

изследване на фино зърнести кристални вещества (минерали) [48]. Методът е приложим при диаметри на влакната по-големи от 0,5-1 μm и е неподходящ за химически или високотемпературно (над 450°C) третирани влакна (Hidermanus, 1978) [81]. За повишаване достоверността на резултатите, методът се комбинира с други методи за качествен минерален анализ. Такъв е стандартизираният в нашата страна през 1988 г. оптико-химичен метод (БДС 16910-88) [5]. Чрез него с голяма степен на сигурност може да се идентифицира хризотил. По-сложен е въпросът с разделното определяне на амфиболовите азбестови разновидности (антофилит, тремолит, амозит и крокидолит). Стандартът е неспецифичен за разграничаване на крокидолит от амозит и на антофилит от тремолит и не включва определянето на актинолит азбест. Други природни и изкуствени частици, с иглеста или влакнеста морфология, пироксени, диатомити, изкуствени минерални влакна (ИМВ) и др., могат погрешно да бъдат идентифицирани като азбест, поради сходство на цвят и ореол и/или устойчивост на киселини.

Най-широко приложение в световната практика за идентифициране на азбестовите видове намират методите, базирани на **поляризационна микроскопия (PLM)** [69, 84, 92, 109, 121, 125, 128, 136]. За препариране на пробите се използват имерсионни течности с определени съответно за всеки азбестов вид показатели за пречупване на светлината (RI). Чрез този метод се наблюдават голям брой характеристични оптични свойства на частиците [1]. В режим на наблюдение само с поляризатор се определят морфология, релеф, цвят, плеохроизъм (фиг. 2а и 2б) и RI. При кръстосани полари се отчитат интерференционни цветове, ъгъл на косо потъмнение и двулом на частиците, а с включване на компенсатор (първи порядък червен) може да се определи и знакът на удължение (фиг. 3а и фиг. 3б) на кристала (за частици с повече от един RI). При въртене на масичката на 360°, кристалните влакна потъмняват и разсветляват 4 пъти, докато аморфните не се променят. Комплексното отчитане на изброените показатели позволява да се разграничат азбестовите влакна от други иглести минерали и фрагменти (невлакнести амфиболи, пироксени, влакнест талк, влакнест волостонит, сепиолит и др.) и от все по-широко навлизащите азбестови заместители - полиетиленови влакна и стърготини, растителни, целулозни, арамидни, ИМВ и др. [142].

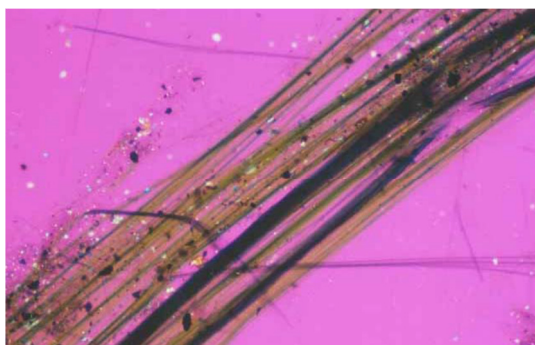


Фиг. 2а

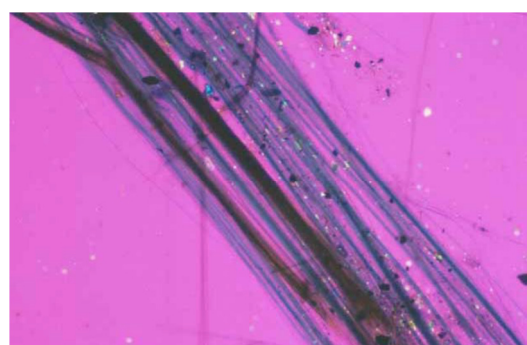


Фиг. 2б

Фиг. 2: Цвят и плеохроизъм на кроцидолитови влакна, разположени успоредно (2а) и перпендикулярно (2б) на посоката на трептене в поляризатора, в имерсионна течност с RI 1,700, при наблюдение само с поляризатор, по ISO 22262-1:2012, Приложение D, [92].



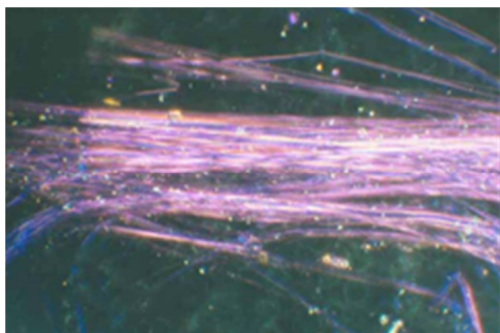
Фиг. 3а



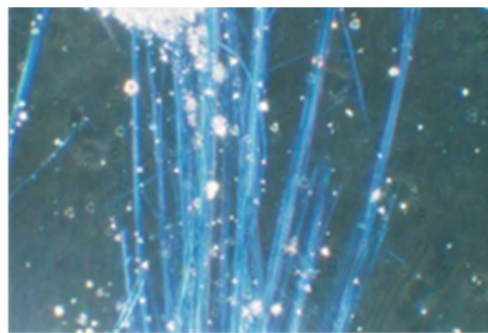
Фиг. 3б

Фиг. 3: Отрицателен знак на удължение на кроцидолитови влакна - жълти оцветявания при ориентация на влакната NE-SW (фиг. 3а) и сини оцветявания при ориентация на влакната NW-SE (фиг. 3б), в имерсионна течност с RI 1,700, при наблюдение в режим на кръстосани полари и компенсаторна пластина 550 nm, по ISO 22262-1:2012, Приложение D, [92].

Допълнителни възможности дава използването на **дисперсионен обектив** (с централен стоп) [84, 92, 96, 97, 136]. При наблюдение с този обектив, азбестовите влакна, поставени в имерсионна среда с близък RI, са видими на черен фон, с характерни цветове, когато са ориентирани успоредно или перпендикулярно на плоскостта на трептения в поляризатора (фиг. 4а и 4б). Тези оцветявания носят информация за величината на RI на изследваните влакна в сравнение с известния RI на имерсионната среда.



Фиг. 4а



Фиг. 4б

Фиг. 4. Дисперсионни оцветявания на хризотилови влакна в имерсионна течност с RI 1,550 - при наблюдение с дисперсионен обектив, разположени успоредно (4а) и перпендикулярно (4б) на посоката на трептене в поляризатора, по ISO 22262-1:2012, Приложение D, [92].

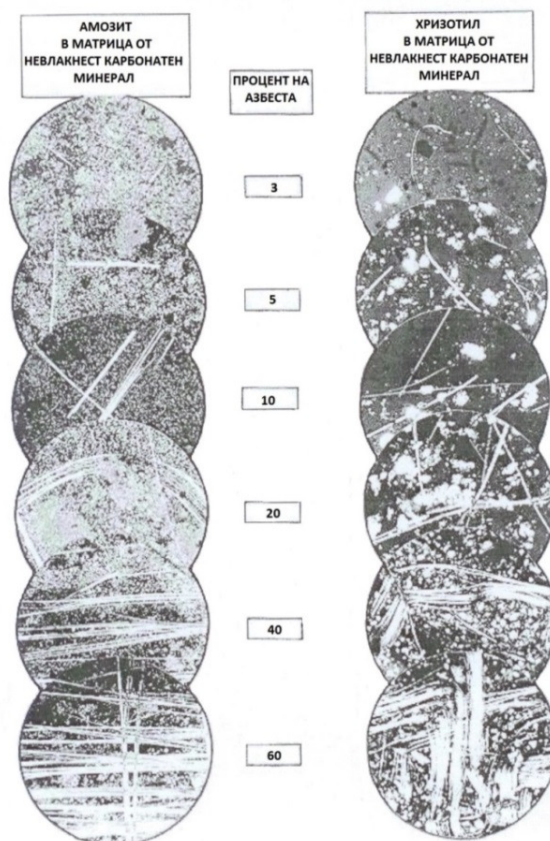
Изследваните влакна могат да се наблюдават и в режим на фазов контраст, където показват други характерни ефекти – цвят и ореол на сив фон [5, 92].

Методът на поляризационната микроскопия е приложим за идентифициране на азбестови влакна с диаметри над $0,3 \mu\text{m}$ в присъствие на други минерални видове. Методиката е неселективна при диаметри на частиците под $1 \mu\text{m}$ за разграничаване на тремолит от антофилит поради близките им двулум и показател на пречупване на светлината, или тремолит от актинолит, които са членове на поредица твърди разтвори с вариращо количество на желязо в състава, в резултат от което показателите им на пречупване на светлината варират в голям диапазон [25, 107].

Ниското съдържание на азбестови влакна (под 1 %) и свързването им с изометричните частици на основния компонент на материалите може да доведе до проблеми при тяхното откриване. В такива случаи се прибегва до предварителна обработка на пробите (термична и/или киселинна) с цел редуциране на матрицата и освобождаване на азбестовите влакна [92, 93, 121]. В тази връзка се налага и уточняване на промените на характеристичните оптични свойства на азбестовите влакна, настъпващи при конкретните условия на третиране [78, 98, 105]. Процедури за предварителна подготовка на проби от търговски или природни материали са включени в много от методите [74, 93, 136].

Известни са различни микроскопски аналитични процедури и методи за количествено определяне на съдържанието на азбест в mass %, базирани както на PLM, така и на електронна микроскопия. Най-евтини и достъпни са методите, базирани на

PLM. Прилагат се и процедури за ориентировъчна визуална оценка (CVES) на съдържанието на азбест, широко използвани с PLM, SEM и TEM. Оценката се извършва при сравнение с референтни препарати с известни съдържания на азбест или микроскопски снимки (фиг. 5) [121], от опитни микроскописти, които трябва да поддържат професионалната си подготовка с редовни участия във вътрешнолабораторни и междулабораторни сравнения [121, 128]. Методите за визуална оценка не са подходящи за определяне на съдържания на азбест под 1 % по маса.



Фиг. 5. Микроскопски снимки за сравнение при визуално определяне на процентното съдържание на азбест в материали, публикувано в NIOSH 9002 [121].

Друг подход за количествено определяне е **точковото преброяване** [128], което се използва само с PLM обикновено при увеличение 100x. При него в микроскопа се поставя специална мрежа, позволяваща да се броят влакнести частици, попадащи в рамките на определени точки на мрежата. Този подход дава възможност за по-ниски граници на откриване, отколкото при визуалната оценка. При преброяване на 200 точки, граница на откриване е 0,5 %, при 400 точки – 0,25 %, а при 1000 точки – 0,1 % азбест. Резултатите са надеждни, само ако пробата е хомогенна и с еднаква дебелина,

което се постига много трудно [95]. Независимо от това, той се използва в практиката за бърза оценка [144].

Усъвършенстван вариант на този подход с използване на PLM и SEM-техники препоръчва ISO -22262-2:2014 [93]. Въвеждат се правила за броене, които дават тежест на големите частици – основни носители на масата.

Значително по-висока точност на количествено микроскопско определяне се постига с оценка на обема на азбестовите влакна в препарати на мембранни филтри. Процедурата включва преброяване и измерване на проекционната площ на влакната, превръщане на двуизмерната форма в триизмерна, с използване на изведени за целта корекционни коефициенти и изчисление на масата на влакната на филтъра, с отчитане на специфичните маси на азбестовите видове [73, 103, 146]. Такава процедура е въведена в прилагания във Великобритания PLM-PCM метод за идентифициране и количествено определяне на азбест [135]. Препоръчва се и в ISO 22262-2:2014 [93].

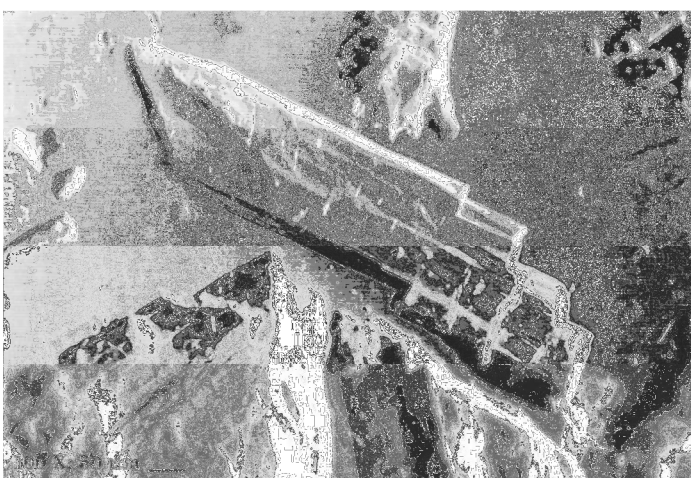
За коректно и точно количествено определяне на азбест в ниски концентрации (на ниво 0,1%) е необходимо отчитане на много фактори, като морфология, разграничаване на азбестови от неазбестови форми [148], хомогенност на пробите, свързване на влакната с вместващата матрица. Задачата се усложнява от морфологичните особености на азбестовите минерали. Съставът на скалите, температурата, налягането, и хидротермалните процеси водещи до серпентинизация могат да варират в различни части на едно и също находище. Поради тази причина серпентинът може да се прояви като хризотил, антигорит или лизардит. Морфологията на амфиболовите азбестови видове е сложна и се основава на преференциален растеж на дълги тънки фибрили по оста на амфиболовия кристал, които обикновено са свързани, чрез сравнително слаби връзки, в групи от влакна или снопове. Метаморфните условия на образуване в някои конкретни области могат да доведат до непрекъснатата редица от морфологични форми, като е възможно само някои от тях да бъдат азбестови. Амфиболите могат да образуват влакна (фиг. 6), иглести кристали (фиг. 7) или призматични кристали (фиг. 8), от които чрез отцепване да се генерират удължени цепителни фрагменти. Последните са част от кристали, докато азбестовите влакна са агрегати от множество фибрили. В крайна сметка не е възможно да се определи точното количество на азбеста по маса или по брой в материала, тъй като не съществува строга разграничителна линия между формирането на иглести кристали и азбестови влакна.



Фиг. 6. Единични влакна и снопове от влакна на тремолит, дефинирани като „азбестова форма на тремолит“, Jamestown, California [135].



Фиг. 7. Слоести и иглести кристали на тремолит, дефинирани като „иглест тремолит“, Ala di Stura, Italy, [135].



Фиг. 8. Цепителни фрагменти от призматичен тремолит, Shinness, Lairg, [135].

В някои методи и публикации [80, 84, 92, 153] като определящ показател при разграничаване на азбестовата от неазбестовата форма на съответния амфиболов минерал, с цел идентифициране и количествено определяне на азбеста са включени морфологичните белези на частиците (размерови съотношения и др.).

В някои от методите за определяне на азбест в материали чрез поляризационна микроскопия са разработени подробни процедури за подготовка на почвени проби и определяне на ниско азбестово съдържание (следи) [55, 67, 70, 72, 112].

ISO 22262-2:2014 [93] предлага рационален подход за определяне на азбестосъдържащите материали в зависимост от действащите гранични стойности за съдържание на азбест в $\text{mass } \%$. Въвежда се количествена обработка за редуциране на матрицата (опепеляване до 450°C – за органичната съставка; третиране с киселини – за киселинно разтворимите съставки; седиментация във водна среда – за отделяне на агрегатите и фрагментите; центрофугиране в тежки течности).

В зависимост от състава на крайния остатък и действащата гранична стойност определянето може да се извърши само чрез **гравиметрично измерване** (в случаите, в които остатъкът се състои от почти чист азбест или е толкова малък, че даже да се състои от 100 % азбест, масовата му фракция няма да превиши законодателно установената граница) или да се продължи с **визуална оценка** по PLM, SEM или TEM.

За много от материалите може да се установи визуално, че съдържанието на азбеста е по-високо от граничната стойност. В тези случаи по-прецизно количествено определяне не е необходимо, тъй като това няма да промени законовия статус на материала. Например при действащата в ЕС граница за азбестосъдържащи материали - 0,1 $\text{mass } \%$ азбест [46], откриването на един или повече видове азбест в даден продукт автоматично определя законовия му статус като азбестосъдържащ [92, 93], тъй като азбестът никога не е влаган умишлено в по-ниски от 0,1 $\text{mass } \%$ съдържания.

Доказано е, че визуалната оценка надценява масовата фракция на азбеста и поради това не е подходяща за демонстриране на превишаване на граничната стойност. В случай, че визуалната оценка е неподходяща може да се приложи **точкова бройна процедура** или **бройна процедура с изчисление на съдържанието на азбеста в $\text{mass } \%$** .

С оглед на характерните особености на микроскопските аналитични методи е специфицирана следната целева характеристика на тази група методи за идентифициране на азбестосъдържащи материали – при 0,1 $\text{mass } \%$ азбест в материалите да осигуряват коректни резултати в рамките на фактор 2 с P 90 % [135].

Методи за определяне на бройната концентрация на неорганични влакна във въздуха на работната среда.

Поради важността на проблема е проведена активна колаборация на Международното бюро по труда (ILO), Европейската комисия (ЕС), Международната организация по стандартизация (ISO), Европейския комитет по стандартизация (CEN), Международната група по изследване на безопасността на влакната (IFSG) и Национален институт по безопасност и здраве при работа на САЩ (NIOSH), вследствие на което е разработен референтен метод за измерване концентрацията на респирабилни влакна във въздуха, базиращ се на фазовоконтрастна светлинна микроскопия при пробовземане върху мембранен филтър, развит последователно в няколко модификации от AIA [58], NIOSH [118], WHO [150] и ISO [88].

Методът на WHO от 1997 е заложен в действащата Директива 2009/148/ЕО, кодификация на Директива 83/477/ЕИО, като най-подходящ за измерване на азбестовата експозиция в работна среда.

Българският стандартен метод е осъвременен спрямо референтния метод на WHO от 1997 г., валидиран и публикуван [49].

Специфични особености на метода са субективният характер на анализа, малката пропорция на действително анализираната част от пробата и случайното (поасоново) разпределение на влакната върху мембранный филтър. С голям обем сравнителни изпитвания на метода са уточнени вътрешнолабораторни граници на стандартното (средно квадратично) отклонение от 0,11 до 0,29 (0,45 – според ISO 16000-7:2007 г.) [86] и е оценен на около 0,2 допълнителният компонент на вариабилност, произтичащ от субективни междулабораторни различия [118]. Лабораториите, използващи този метод трябва да участват в интернационална тестова схема, за да се минимизират лабораторните вариации. Лабораторията на НЦХМЕХ участва успешно в референтна схема, координирана от Института по трудова медицина в Единбург – Англия, като образците бяха предоставени от Nofeg институт-Полша.

Със засилване на контрола при работа и въвеждане на все по-строги норми за концентрация на азбестови влакна във въздуха на работната среда, граничната стойност за азбестова експозиция [42] достигна долната граница на рутинния в страната аналитичен метод [150] – $0,1 \text{ f/cm}^3$. От друга страна в Закона за здравето се въвежда изискване за доказване отсъствие на риск от експозиция след приключване на дейностите с азбестови материали [24]. В световната практика това се постига чрез въвеждане на **индикатор за чистота на въздуха**, чиято стойност представлява по-

ниско гранично ниво за концентрация на влакна - $0,01 \text{ f/cm}^3$ [84]. Това налага понижаване на долната граница на използвания метод. **MDHS 39/4** предлага подход за съответно понижаване на границата на определяне чрез увеличаване както на обема на засмукания през мембранния филтър въздух при пробовземането, така и на анализираната площ от микроскопския препарат. Посочени са подходящи за целите на измерването постановки за пробовземане, включващи обем на взетата проба въздух, място на пробовземане и необходим брой проби в зависимост от обема на помещенията. Коментират се осигуряване качеството на резултатите чрез празни проби, изисквания към пробовземната и аналитична апаратура, хода на анализа чрез РСМ, а също и изчисляването и представянето на резултатите [108].

Методът се прилага в рутинната практика във Великобритания. Стандартизиран е и на международно ниво за определяне на концентрацията на азбестови влакна във въздух на закрито [86].

В отделения във въздуха азбестосъдържащ прах обичайно присъстват неазбестови влакнести и иглести частици (например влакнест гипс, талк, фрагменти от люспести минерали, ИМВ и др.), които не могат да бъдат разграничени по вид чрез РСМ. При необходимост за разделното им изследване се използват възможностите на PLM, UV-флуоресценция, електронна микроскопия – SEM и TEM с енергийно дисперсен рентгенов анализ (EDXA) и електронна дифракция (SAED) за определяне на характеристични за различните минерални видове кристалографски и оптични свойства, елементен състав и кристална структура. Тези техники са указани в MDHS 87 [110] като допълнителни към РСМ и се прилагат за идентифициране на различни видове влакна в проби на мембранни филтри. Решенията по разграничаването се вземат като се отчитат поне 2 свойства на влакната, а не по единични техни характеристики (например само морфология или UV-флуоресценция), без допълнителна информация за състава на пробите.

За разделно определяне на различни по вид влакна се използват различни подходи в зависимост от целта на анализа и необходимото ниво на идентификация:

- „позитивен“ – когато влакното се идентифицира и след това се включва в броенето (например чрез TEM с EDXA за минерални или UV-флуоресценция за параарамидни влакна);
- „негативен“ – когато различаващите се от оценявания тип влакна се изключват от броенето (например изключване на ИМВ броени чрез РСМ/PLM или изключване на параарамидни влакна броени чрез РСМ/UV-флуоресценция).

Всяка от изброените микроскопски техники има своите предимства и ограничения. Методът за идентифициране се избира в зависимост от вида и размерите на влакната, присъстващи в пробата и целта на изследването. При липса на предварителна информация се предприема стъпков подход и микроскопските методи се прилагат последователно до решаване на поставените задачи.

Разграничаването на влакната по вид чрез комбинацията от РСМ и РЛМ е най-евтино и лесно достъпно. Всяко броимо влакно ($l > 5 \mu\text{m}$, $d < 3 \mu\text{m}$ и отношение $l:d \geq 3:1$), открито и отчетено чрез РСМ, се анализира в режим на РЛМ [92, 109]. Влакната се идентифицират, като се отчитат характеристикните им оптични свойства. Повечето ИМВ, които много често придружават азбестовите влакна в праха във въздуха при премахване на азбестови изолационни обмазки, се различават лесно по някои морфологични белези и изотропност, свързана с аморфната им структура. Изключение правят някои керамични влакна, които имат частично кристална структура. Приложимостта на РЛМ-техниката е ограничена за разграничаване на природни и изкуствени влакна с диаметри $< 1 \mu\text{m}$ и за някои минерални видове, образуващи иглести кристали, с близки оптични свойства (например рутил). В такива случаи са подходящи електронномикроскопските методи.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предотвратяването на риска от професионална азбестова експозиция и замърсяване на околната среда при отстраняване, ремонт и поддръжка на вече вложени азбестови материали в строежи, инсталации, промишлено оборудване, транспортни средства и др. е между приоритетните насоки на действия за осигуряване здраве на работното място и чистота на околната среда, въпреки въведената преди 10 години забрана за търговия и употреба на азбест;

Действащите в ЕС и у нас законодателни документи формират основните насоки за предпазване от здравен риск, свързан с експозиция на азбест при съвременните условия, които включват следното:

- Подлежащите на разрушаване или ремонт материали трябва да се проучват за присъствие на азбест и определяне на вида на азбеста. За идентифициране на азбестсъдържащите материали се въвежда много ниска долна граница за количество на азбестовия компонент (0,1 mass %). Стандартният в България от 1989 г. метод за определяне на вида на азбеста в материали не осигурява съответствие с тези изисквания.
- Азбестът представлява здравен риск основно когато е диспергиран във въздуха. Степента на риска нараства с нарастване на бройната концентрация на респирабилни влакна във въздуха. За определяне на бройната концентрация на респирабилни влакна във въздуха с цел оценка и контрол на професионалната експозиция е утвърден в практиката на хигиенния контрол в света и у нас препоръчителният метод на WHO с граница на определяне $0,1 \text{ f/cm}^3$. За оценка на чистотата на въздуха по отношение на азбестови влакна се въвежда контролно ниво от $0,01 \text{ f/cm}^3$ ("индикатор за чистота"), поради което е необходимо адаптиране на вариант на метода, при който границата на определяне да се понижи до $0,01 \text{ f/cm}^3$. В нашата страна индикаторът за чистота не е регламентиран с нормативен документ.
- Не съществува ниво на експозиция, под което да се избягва канцерогенния риск, поради което експозицията трябва да се ограничава до минималните възможно достижими нива.

Минимизирането на професионалната експозиция на азбест в рамките на ГС изисква прилагане на адекватни превантивни мерки и стратегии за хигиенен контрол.

За осигуряване на ефективен хигиенен контрол е необходимо развитие на националната методология в областта на критериите, аналитичните методи и подходи за идентифициране и оценка на азбестовата експозиция.

ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Цел на дисертационния труд е въвеждане на нови подходи и развитие на използваните в страната методи за идентифициране на азбест и оценка на експозицията на азбестови влакна във въздуха при дейности по отстраняване и ремонт на азбестови материали във връзка с предпазването на работниците от професионални заболявания, причинени от азбест.

За постигането на тази цел е необходимо да се решат следните **задачи**:

1. Оценка на потенциалната експозиция на азбестови влакна при типични дейности по отстраняване и ремонт на азбестсъдържащи материали.
 - 1.1. Разработка на PLM-PCM-процедура за идентифициране на азбестовите материали и определяне на вида на азбеста.
 - 1.2. Определяне на вида и съдържанието на азбест в различни видове материали (строителни, изолационни, уплътнителни и др.), отпадъци и почви.
 - 1.3. Оценка на потенциала за отделяне на влакна на различни видове азбестови материали с водно-абсорбционен тест.
2. Оценка на условията на експозиция при типични дейности с азбестови материали чрез измерване на реалната концентрация на азбестови влакна във въздуха.

РАЗДЕЛ IV

ПОСТАНОВКИ, МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

1. Постановки и материали

1.1. Обхванати обекти и дейности

Изследваните в дисертационния труд материали са взети от обекти в страната във връзка с дейности, свързани с отстраняване или ремонт на промишлени тръбни изолации, строителни материали и водопроводи:

- На закрито - обект № 1 – в химическата промишленост, обекти №№ 2 и 5 – в енергетиката и обект № 6 – помещения в сгради;
- На открито - обект № 3 – подземни и обект № 4 - надземни водопроводи;

Изследвани са и почви и отпадъци в райони на предприятия:

- прекратили азбестовото си производство – обекти А и В;
- на които се извършва отстраняване на азбестови материали при реновиране и разрушаване на сгради и съоръжения – обекти С и D.

Всички обекти са обхванати с анализи за наличие, вид и съдържание на азбест в материалите.

1.2. Проби от материали и изисквания за количество, транспорт и съхранение

- 338 проби от изолационни строителни материали и отпадъци от над 20 обекта в страната, от които 28 бр. на обект № 1, 29 бр. на обект № 2 и по 2 бр. на обекти №№ 3 и 4 са изследвани за наличие и вид и съдържание на азбест, в mass %;
- 13 проби от търговски материали (уплътнителни плочи и листове, клингерит и др.), произвеждани в миналото с влагане на азбест.

Количеството на пробите е в зависимост от хомогенността на материала – от 1 до 10 g или едно до три парчета, всяко с размери 3-5 cm² от откритата повърхност на материала и цялата му дебелина, съгласно изискванията на MDHS 100 [111]. Взети са от специалисти в лаборатория „Прахов фактор“ или са предоставени от възложители.

- 47 проби от почви в районите на 4 големи предприятия в страната (А, В, С и D).

Пробовземането на средни проби от почви (в количество около 500 g и дълбочина от 0 до 75 cm) е извършено от възложителите на анализите.

Пробите от твърди материали се транспортират и съхраняват затворени в двойни полиетиленови опаковки с етикети, с информация за вида на пробата и мястото на пробовземане.

Разпределението на пробите от материали по видове обекти е представено на фиг. 9.



- 28 проби от азбестсъдържащи материали - 8 вида материали, различни по съдържание на азбест и плътност на вместващата матрица (слабо или добре споени влакна) – въже, одеяло, мрежа, универсален клингер, набивка – графитна, азбестосъдържаща противопожарна преграда, паронит– 1 mm, паронит - 2 mm и 2 проби от различни изолационни замазки, както и 18 проби от азбестсъдържащи материали, от четири обекта – 6 от обект № 1, 8 от обект № 2 и по 2 проби от обекти №№ 3 и 4 са изследвани за определяне на потенциала на материалите за отделяне на влакна във въздуха по HSA, 2013 г. [63].

Необходимото за анализ количество материал е 3-5 cm². Пробата се анализира без предварително нарушаване на целостта ѝ. За оценка на повторемостта на резултатите са проведени 6-кратни анализи на 3 вида визуално различни по хомогенност и трошливост материали, съдържащи слабо, добре или здраво свързани азбестови влакна.

- **Сертифицирани сравнителни материали (CCM) и изкуствени смеси.**

Използвани са при изпитването и прилагането на методиката за идентифициране на азбестови материали:

- **Стандарти** на Institute of Occupational Medicine (IOM), UK за шест азбестови разновидности (хризотил, крокидолит, амозит, антофилит, тремолит, актинолит) и една калибрационна смес, приготвена и сертифицирана от Research Triangle Institute (RTI), със съдържание на хризотил 0,1 mass %;
- **Изкуствени смеси** - девет изкуствени смеси от различни видове азбест с цимент, перлит или талк, с различни съотношения на двата компонента, и седем смеси на антофилит или хризотил с перлит, със съдържание 0,1 mass % и различни дисперсни характеристики на влакнестата съставка. Изкуствените смеси са подготвени по методиката на EPA [128] – хомогенизиране във водна среда на определени, претеглени с точност 0,001 g компоненти, филтриране през мембранен филтър при воден вакуум, изсушаване и механично отделяне на хомогенната смес от филтъра.

Стандартите и изкуствените смеси са анализирани многократно за валидиране на методиката и уточняване на аналитичните параметри за количествена оценка на ниски съдържания азбестови влакна, в проби на препарати с имерсионни среди.

При изследванията за оценка на потенциалната експозиция на азбест са приложени утвърдените в европейската практика подходи за проучване и принципни положения за уточняване на формиращите експозицията фактори [60, 63].

- За определяне на предполагаемите азбестсъдържащи материали и оценка на състоянието им е направен оглед на материалите на място на обекта:
- ✓ като предполагаеми азбестсъдържащи материали са определени материалите, в които са налични видими азбестоподобни влакна; продукти, подобни на азбестсъдържащи материали по вид и приложение; продукти, които към момента на инсталиране са произвеждани с влагане на азбест;
- ✓ състоянието на материалите е оценено по размера на повредите при оглед на място на обектите в четири степени (добро - при отсъствие на повреди; малки повреди - при наличие на няколко повърхностни драскотини или нарушени ръбове; средни повреди - при значително нарушение на материала и големи повреди - при наличие на видими азбестови отломки).
- За определяне наличието, вида, съдържанието на азбестови влакна и потенциала на материалите за отделяне на влакна са проведени лабораторни изпитвания на проби от материалите.
- Информация за характеристиките и продължителността на работата, предвидените мерки за технически и технологичен контрол на праха и

предпазване на работниците от експозиция е изисквана от изпълнителите на дейностите.

- За определяне на нивото на потенциалната експозиция са събрани и систематизирани публикувани в литературата и собствени данни от измервания на концентрацията във въздуха, при типични дейности с различни азбестсъдържащи материали и различно ниво на технически и технологичен контрол на прахообразуването и разпространението на праха.

За определяне на ситуации, в които експозицията е инцидентна и с ниска интензивност са използвани препоръчаните в ръководствата по приложение на Директива 2003/18/ЕС контролни граници за експозиция и продължителност на дейностите: пикови концентрации за 10-минутен период по-ниски от $0,6 \text{ f/cm}^3$; продължителност на работа на един работник по-кратка от 1 час; обща продължителност на работата на всички работещи по-кратка от 2 часа и дейността да се извършва еднократно в период, не по-кратък от 7 дни [59, 62, 141, 154].

За оценка на потенциалната експозиция при обхванатите дейности са извършени проучвания на обекти №№ 1, 2, 3 и 4.

1.3. Проби от въздуха (на мембранен филтър)

На обектите на закрито, при дейности по премахване на азбестови материали, са взети от въздуха и анализирани за оценка на техническите мерки за контрол на праха и предпазване от експозиция общо 691 проби от 83 работни площадки:

- 111 фонове проби, от които 15 проби от 15 площадки на обекти №№ 1 и 2;
- 317 проби по време на дейностите, от които 197 от 28 площадки – от обекти №№ 1 и 2 (50 персонални на работната площадка и 147 – стационарно на границата на ограждението, извън работната площадка);
- 263 проби след приключване на дейностите и почистване, от които 116 от 28 площадки на обекти №№ 1 и 2.

На обектите на открито, при ремонтни дейности, са взети от въздуха и анализирани общо 14 проби за определяне на професионалната експозиция на азбестови влакна:

- 4 проби с обхващане на цялата продължителност на дейностите с етернитовите тръби и
- 10 краткотрайни (10 минутни) проби, при различни операции.

Във връзка с качествено осигуряване на анализите са взети 2 вида празни проби:

- за проверка на чистота на всяка търговска партида филтри (по една на 25 броя филтри) и
- за установяване на замърсяването на филтрите по време на манипулиране, складиране и транспорт на работното място и в лабораторията (2 % от броя на филтрите във всяка пробовземна серия).

Приложени са препоръчителните в MDHS 39/4 и широко приети в европейската практика постановки за измерване на минерални влакна във въздуха (таблица 2) [108].

Таблица 2. Постановки за вземане на проби минерални влакна от въздуха (на мембранен филтър), в зависимост от целта на изследването.

№ по ред	Цел на пробовземане/гранична стойност	Специфични изисквания при вземане на пробите		
		Продължителност на пробовземането (min)	Необходим обем въздух, за 1 проба (dm ³)	Вид пробовземане. Позициониране на пробовземната апаратура.
1	2	3	4	5
1.	<p>Оценка на експозицията на работниците:</p> <p>а) ср. претеглена по време за 8 h концентрация. (ГС 0,1 f/cm³);</p> <p>б) максимална 10 минутна. (ГС 0,6 f/cm³ - независимо от ЛПС за дихателните органи);</p> <p>в) контролна 4 часова (ГС 0,1 f/cm³ независимо от ЛПС за защита на дихателните органи).</p>	<p>В зависимост от използвания дебит и концентрация на прах във въздуха от минимум 5 проби от по минимум 10 min до целосменно.</p> <p>10 min</p> <p>В зависимост от използвания дебит и конц. на прах във въздуха от 10 до 240 min</p>	<p>Варира 10 - 480</p> <p>10 – 40</p> <p>240</p>	<p>Персонално. Поробовземната глава се фиксира към дрехите, в дихателната зона на работника (колкото е възможно най-близо до устата и носа, но в рамките на 200 mm от тях). Помпата се поставя на колана или в джоба на работника.</p> <p>Извършва се по време на дейности, които могат да доведат до азбестова експозиция.</p>

Таблица 2 - продължение.

1	2	3	4	5
2.	Оценка на фоновото замърсяване (приемливо ниво / индикатор за чистота* < 0,01 f/cm ³).	В зависимост от използвания дебит	480	Стационарно. В помещения. Преди започване на дейности, които могат да доведат до азбестово замърсяване. Пробовземните глави се монтират на представителна височина за експозиция (1-2 m от пода) в близост до работни места или зони, през които преминават хора.
3.	Проверка на ефективността на огражденията (индикатор за чистота < 0,01 f/cm ³).	В зависимост от използвания дебит	480	Стационарно. Извън огражденията, по време на дейности по отстраняване на азбест, в близост до изходи, и места с нарушена херметичност.
4.	Оценка на защитата на дихателните пътища по отношение на фактора на предпазване на използваните ЛПС.	В зависимост от използвания дебит 2-3 проби по 10-15 min	10-60	Персонално, в дихателната зона на работника. Вътре в ограждението, по време на дейности по отстраняване на азбест (виж т. 1).
5.	Съответствие с индикатора за чистота (< 0,01 f/cm ³).	В зависимост от използвания дебит	480	Стационарно. Вътре в огражденията. След приключване на дейностите по отстраняване на азбест и почистване. Пробовземните глави се монтират на най-представителната височина за експозиция (1-2 m от пода) на площадката.
6.	Повторно осигуряване (индикатор за чистота < 0,01 f/cm ³).	В зависимост от използвания дебит	480	Стационарно. На площадките, след премахване на огражденията, използвани за ограничаване на азбестово замърсяване, на височина 1-2 m от пода.

*Индикаторът за чистота (< 0,01 f/cm³) е преходна индикация за чистотата на въздуха на определено място, във връзка с визуалните проверки след приключване на дейности, свързани с азбестово замърсяване, и не е приемлив като постоянно ниво в околната среда. [31, 108].

Броят на измерванията на закрито е съобразен с обема на изследваните помещения.

Необходимият общ обем филтриран въздух за всяко измерване на чистотата на въздуха (480 dm^3) се набира при вземане на една или повече проби последователно или паралелно (на разстояние в рамките на 1 m една от друга).

Пробите са взети на мембранни филтри с размер на порите $0,8 \mu\text{m}$ и диаметър на диска 25 mm , монтирани в пробовземни касети, снабдени със защитни цилиндри, при обемна скорост на засмукване на въздуха от 2 до $3 \text{ dm}^3/\text{min}$ (с точност $\pm 5 \%$), с открита и ориентирана към земята повърхност на филтъра.

За оценка на степента на персонална експозиция на азбест при премахване и ремонт на водопроводи е приложена действащата ГС по Наредба № 9/2006 г. ($0,1 \text{ f}/\text{cm}^3$).

За оценка на азбестовото замърсяване на въздуха извън работната площадка при премахване на азбестови изолации на закрито и фонът от неорганични влакна преди стартиране и след приключване на дейностите и почистването, и след демонтаж на огражденията е приложен индикатора за чистота $0,01 \text{ f}/\text{cm}^3$.

За оценка на пиковите концентрации на азбестови влакна при ремонт на азбестоциментови тръби по отношение на условието „инцидентна и с ниска интензивност експозиция“, резултатите от анализите на взетите по време на дейностите 10-минутни проби са сравнени с контролната граница за максимална експозиция, усреднена за период от 10 min - $0,6 \text{ f}/\text{cm}^3$.

С оглед присъствието и на изкуствени минерални влакна в много промишлени изолации са проведени лабораторни анализи за уточняване на наличието им като фонов замърсител на въздуха, съвместно с азбеста.

2. Използвани методи

- **Валидирана IR-спектрометрична методика, 2001 г.** – за количествено определяне на азбест по маса в материали [28]. Границите на определяне на метода са: $2 \text{ mass } \%$ за хризотил и $5 \text{ mass } \%$ за амфиболов азбест;
- **Фазовоконтрастен микроскопски метод (PCM)** – за определяне на бройната концентрация на влакна във въздуха при дейности по премахване и ремонт на азбестови материали и в комбинация с PLM - за разделно определяне на изкуствени минерални влакна [49, 150];
- **MDHS 87** – за определяне вида на минералните влакна в проби от въздуха, на мембранни филтри [110];

- **MDHS 100** - за проучване на материалите и вземане на проби за съдържание на азбест, както и за оценка и управление на рисковете от азбест в помещенията [111].
- **MDHS 39/4** – използвани са препоръчителните и широко приети в европейската практика постановки за вземане на проби минерални влакна от въздуха [108];
- **Статистически методи** – вариационен анализ за изчисление на средна стойност, средно квадратично отклонение и доверителни интервали на резултатите от анализите [23].

3. Апаратура, реактиви, консумативи и лабораторни принадлежности

Апаратура

- Микроскопските анализи са извършени на поляризационен микроскоп с приставка за фазов контраст, тип Imager A1, „Zeiss“, Германия;
- Измерванията на влакната са направени посредством окулярен микрометър на Walton-Becket, тип G-22, Великобритания;
- Тестов препарат HSE/NPL Mark II, Великобритания – за периодична проверка на минималния видим диаметър на влакната, за комбинацията микроскоп/микроскопист (необходимо е да са видими пета и частично шеста група линии);
- Обект микрометър 1/0,01 „Carl Zeiss“, Германия - за калибриране на окулярен микрометър на Walton-Becket;
- Дигитален рефрактометър, тип „Авве“, AR2008, „A. Kruss-Optronic“, Германия с обхват 1,3-1,7 n_D – за проверка на имерсионни течности;
- Стереомикроскоп „Carl Zeiss“, Германия – за откриване на влакнеста съставка и избор на имерсионна течност;
- Персонални пробовземни помпи с електронно стабилизирани дебити, тип Gillian, САЩ; SKC, Великобритания – от 1 до 5 dm³/min и Casella, Великобритания, от 1 до 3,5 dm³/min – за вземане на проби от въздуха на мембранен филтър;
- Еталонен дебитомер, тип Gilibrator, Gillan, САЩ, обхват от 1 до 30 dm³/min – за калибриране на дебита за пробовземане;
- Електронна везна, тип CP 225D, Sartorius, Германия с точност 0,00001 g – за определяне масата на пробите.

- IR-спектрометър, „Model 883“, Perkin Elmer, САЩ, с аналитична област от 4000 до 200 cm^{-1} – за определяне съдържанието на азбест в проби с високо азбестово съдържание;
- Муфелна пещ, Оптикоелектрон, България, с температурен интервал от 20 до 1000°C – за термична обработка на пробите.

Реактиви

- Имерсионни течности, Cargille, САЩ (1,550 за хризотил; 1,605 за антофилит и тремолит; 1,640 за актинолит; 1,680 за амозит и 1,700 за крокидолит);
- Ацетон, Алфахим ЕООД;
- Етилов алкохол, 96 %, Алфахим ЕООД;
- Солна киселина, 10 %-ен воден разтвор, puris. p.a., Sigma-Aldrich,;
- Оцетна киселина, 50 %-ен воден разтвор, Merck;
- Глицерин-триацетат (Триацетин), p.a., Fluka;
- Дестилирана вода.

Консумативи и лабораторни принадлежности

- Целулозно естерни мембранни филтри с размер на порите $0,8\text{ }\mu\text{m}$ и диаметър на диска 25 mm, SKC;
- Целулозно нитратни мембранни филтри с размер на порите $0,45\text{ }\mu\text{m}$ и диаметър на диска 25, 37 и 47 mm, Sartorius, Германия;
- Микроскопски предметни и покривни стъкла, Isolab GmbH;
- Пробовземни касети, снабдени със защитни цилиндри, SKC и Casella;
- устройство за филтруване на течни суспензии при воден вакуум, през мембранен филтър, Sartorius;
- стандартно лабораторно оборудване.

V. РЕЗУЛТАТИ

1. Процедура за идентифициране на азбестови материали и определяне на вида на азбеста по PLM-PCM метод.

Изходната проба се оценява визуално (под камина), за оценка на вида, хомогенността, цвета и текстурата на материала. Отделните слоеве (ако има такива) се изследват поотделно.

Пробата се наблюдава със стереомикроскоп с увеличени 10-40x, за откриване на влакнести съставки с морфологични белези на азбестови влакна (таблица 3) и избор на имерсионна течност с подходящ коефициент на пречупване на светлината (RI).

Таблица 3. Физичните свойства и външен вид на азбестовите влакна, при наблюдение под стереомикроскоп.

Физични свойства и външен вид на азбестовите влакна при наблюдение със стереомикроскоп						
Вид азбест	Хризотил	Амозит Антофилилт Тремолит			Актинолит	Крокидолит
RI свойства	1,550	1,680	1,605	1,605	1,640	1,700
1	2	3			4	5
Цвят	безцветен/бял	безцветен/бял до сиво кафяв			зеленикаво сив	тъмно син
Текстура	меки със снопове от вълнисти влакна	меки или груби, могат да се появят лесно видими снопове от паралелни влакна			меки или груби с паралелни снопове от влакна	
Външен вид	гъвкави влакна, които се залепват за пинсетите	прави влакна лесни за работа/манипулиране			прави влакна лесни за работа/манипулиране	
Блясък	копринен	стъкловиден			стъкловиден	метален (тъмен и силно отразяващ)
Издържливост на опън	висока	висока	средна	ниска	ниска	висока
Здравина	гъвкави	гъвкави			гъвкави	

При отсъствие на влакна по повърхността, материалът се разчупва или изпилява по върховете и ръбовете и се изследва за присъствие на влакна по новооткритите повърхности. При откриване на снопчета или свободни влакна:

- част от пробата се хомогенизира при внимателно раздробяване до прахообразно състояние, без да се нарушават влакнестите характеристики на частиците;
- от снопчетата и хомогенизираната проба се подготвят препарати за PLM-PCM-анализ за идентифициране вида на влакната:

За препариране се използват имерсионни течности с известни RI, върху микроскопски стъкла:

- Върху чисто предметно стъкло се накапва имерсионна течност с RI, близък до този на азбестовата разновидност, за чието идентифициране се провежда изследването (1,550 за хризотил; 1,605 за антофилит и тремолит; 1,640 за актинолит; 1,680 за амозит и 1,700 за крокидолит). В нея се поставя малко количество (на върха на шпатулата) хомогенизирана проба или отделни представителни снопчета от влакна (влакната трябва да са сухи и относително свободни от други частици).
- След диспергиране в имерсионната течност с помощта на стъклена пръчица, пробата се покрива с покривно стъкло.

Наблюдението на препаратите се извършва под поляризационен микроскоп (PLM) и във фазов контраст (PCM), при увеличение 400x, като размерите на влакната се определят с окулярен микрометър на Walton-Becket (WB).

За идентификация на влакнестия компонент се анализират открити влакна със отношения на дължината към диаметъра 20:1 до 100:1 или по-голямо, чрез отчитане на комплекс от морфологични и оптични свойства (таблица 4), в различни режими на работа на микроскопа, при сравнение със съответните свойства на азбестови стандарти:

- при наблюдение само с поляризатор се отчитат: морфология, цвят и плеохроизъм, релеф, бекева ивица;
- при кръстосани полари: морфология, анизотропност, двулом, интерференционни цветове, ъгъл на косо потъмнение;
- при кръстосани полари с включен компенсатор (първи порядък червен): морфология, знак на удължение;
- при наблюдение с дисперсионен обектив (с централен стоп): морфология, оценка на RI на влакната (>, = или <) спрямо този на течността, чрез отчитане на дисперсионни оцветявания.
- във фазов контраст: морфология, цвят и ореол на влакната.

Таблица 4. Характеристични свойства на различните видове азбестови влакна, използвани за идентифицирането им по PLM-PCM-метод.

Азбестов вид		Хризотил	Амозит	Антофилит	Тремолит	Актинолит	Крокидолит
RI на течността		1,550	1,680	1,605	1,605	1,640	1,700
Свойства							
Морфология		влакнеста	влакнеста	влакнеста	влакнеста	влакнеста	влакнеста
Плеохроизъм спрямо плоскостта на трептене на поляризатора	Влакната са паралелни	няма	няма	няма	няма	зелен	син
	Влакната са перпендикулярни	няма	няма	няма	няма	сив	сив
Двулом		нисък	умерен	умерен	умерен	умерен	нисък/аномален
Потъмнение/ Ъгъл на косо потъмнение		пълно; успоредно; неравномерно за извити влакна	пълно; успоредно	пълно; успоредно	пълно; успоредно или с малък ъгъл	пълно; успоредно или с малък ъгъл	пълно; успоредно
Знак на удължение		обикновено положителен	положителен	положителен	положителен	положителен	отрицателен
Дисперсионни оцветявания спрямо плоскостта на трептене на поляризатора*	Влакната са паралелни	пурпурни (лилави)	жълти	жълто-оранжеви	жълти	жълто-кафяви	сини
	Влакната са перпендикулярни	сини	пурпурно червени	синьо-червени	сини	синьо-пурпурни	сини
Оцветявания във фазов контраст спрямо плоскостта на трептене на поляризатора	Влакната са // -цвят -ореол	бледо син оранжев	сив жълт	тъмно сив оранжев	тъмно сив жълт	тъмно сив жълт	син червено-кафяв
	Влакната са ⊥ -цвят -ореол	бледо син оранжев	син оранжев	син оранжево-жълт	син оранжев	син оранжев	син червено-кафяв

*Незначителни вариации в състава могат да доведат до промяна на дисперсионните цветове на влакната.

При откриване на азбест, препаратите се анализират за оценка на съдържанието на азбест с преброяване или/и определяне на проекционната площ на азбестовите влакна върху определена площ от препарата (брой микроскопски полета на WB).

Оценката на количеството на азбеста в изпитваните материали се извършва при сравнение на резултатите със съответните данни, получени при анализ на изкуствени смеси със съдържание на същия вид азбест в количество 0,1 mass %:

- При регистриране на равен или по-голям брой и проекционна площ на откритите в препаратите от изпитвания материал влакна, в сравнение с влакната в препаратите от изкуствените смеси, се отчита съдържание на азбест в изпитвания материал над 0,1 mass % и анализът се прекратява.

Когато не се откриват снопчета или свободни влакна при стереомикроскопското изследване и азбестови влакна при PLM-PCM-анализа или съдържанието на азбестови влакна в изпитвания материал се очертава по-ниско от 0,1 mass %, се прилага количествена химична обработка на предварително раздробена до прахообразно състояние проба, за отстраняване на пречещите компоненти, освобождаване от матрицата и/или концентриране на влакната в пробата (третиране с киселини за 10 min на студено - 10 % HCl или 50 % CH₃COOH, опепеляване - 3 h при 450°C, промиване с етилов алкохол) в зависимост от състава на изпитвания материал. Количествата на изходната проба и на остатъка след обработката се определят тегловно с точност 0,0001 g.

- При количество на остатъка, по-малко от 0,1% от масата на изходната проба, изпитваният материал се регистрира като безазбестов и анализът се прекратява.
- При количество на остатъка, по-голямо от 0,1% от масата на изходната проба, част от обработената проба се препарира за PLM-PCM- анализ.

Препаратите от обработените проби се изследват чрез PLM-PCM-анализ за откриване на влакна или/и идентифициране на азбестови влакна при сравнение със съответните свойства на обработени по същия начин азбестови стандарти.

- При отсъствие на азбестови влакна изпитваният материал се регистрира като безазбестов и анализът се прекратява.
- Изпитваните материали, в които са открити азбестови влакна след химична обработка на пробата, се анализират в препарати от обработена проба на мембранни филтри с количествена PLM-PCM-техника, за оценка на съдържанието по маса на азбестовите влакна:
 - ✓ Под стереомикроскоп се отделят видимите азбестови влакна и снопове, претеглят се с точност 0, 00001 g, като се отчита тяхната маса (M₁) и масата на остатъка от пробата;
 - ✓ Определена по маса част от останалата след обработката и отделяне на азбестовите снопове проба се отлага количествено върху целулозно-естерен мембранен филтър с диаметър на порите 0,45 μm с определена площ, чрез филтрация из водна суспензия, при воден вакуум. От филтъра с пробата, след

изсушаване, се подготвят препарати за PLM-PCM-анализ по ацетон-триацетинова техника;

- ✓ Анализират се 100 видни полета (дефинирани по площ чрез използвания окуляр-микрометър на WB), с преброяване и измерване по диаметър и дължина на идентифицираните като азбест влакна и определяне обема на всяко влакно по формулата:

$$W_i = L_i \cdot (B_i)^2, \quad \text{където}$$

W_i е обемът на единичното влакно,

L_i е дължината на влакното,

B_i е проекционната ширина на влакното.

- Изчислява се общият обем (W) на измерените влакна:

$$W = \sum_1^i W_i$$

- В зависимост от вида на азбеста, W на влакната от изследваната площ се коригира с използване на корекционен коефициент (K), съответно 0,785 за хризотил и 0,48 за амфиболовите видове:

$$W_K = K \sum_1^i W_i$$

- Масата на влакната (M_2) се изчислява с отчитане на относителна маса (ρ) на азбестовите видове: 2,5 g/cm³ за хризотил и 3,0 g/cm³ за амфиболовите видове влакна;

$$M_2 = W_K \cdot \rho$$

- От получения резултат се изчислява, с отчитане на покритата с проба площ на мембрания филтър, масата (M_3) на азбеста в остатъка от обработената проба, без масата на отделените и идентифицирани като азбест влакна и снопове (M_1).
- От получената маса (M) на азбестовите влакна в пробата ($M = M_1 + M_3$) се изчислява съдържанието на азбеста, в mass % в изходната проба.

При резултат от анализа:

- по-високо от 0,1 mass % съдържание на азбест, изпитваният материал се регистрира като азбестов;
- по-ниско от 0,1 mass % съдържание на азбест, легалният статус на изпитвания материал се определя по ГГДИ при $P = 90 \%$, която се изчислява при приемане на поасоново разпределение на частиците на аналитичния мембранен филтър:
 - ✓ при ГГДИ $> 0,1 \text{ mass } \%$ изпитваният материал се регистрира като азбестов, а
 - ✓ при ГГДИ $< 0,1 \text{ mass } \%$ - като безазбестов.

Параметри на PLM-PCM-методиката за идентифициране на азбестови материали и определяне на вида на азбеста.

Директно определяне (без предварителна химична обработка на пробата).

При многократно изпитване на азбестови стандарти и изкуствени смеси са потвърдени характеристичните свойства на азбестовите видове от серпентиновата и амфиболовата групи (хризотил, крокидолит, амозит, актинолит-азбест, антофилит-азбест и тремолит-азбест).

Амфиболовите видове антофилит и тремолит показват много близки оптични свойства и оцветявания при наблюдение под поляризационен микроскоп и във фазов контраст в имерсионна среда с RI 1,605. Единствените разлики (таблица 4) са:

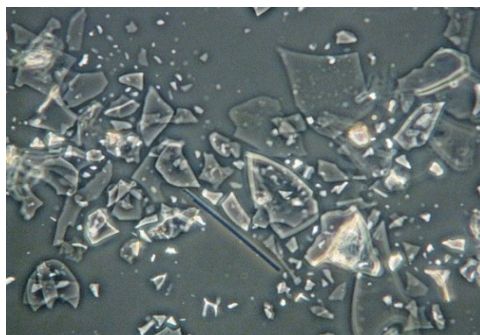
- ✓ малък ъгъл на потъмнение, който се наблюдава само при някои от тремолитовите влакна и в много от случаите е невъзможно да се отчете поради фините диаметри на влакната;
- ✓ слаби различия в ореолите на влакната, при наблюдение във фазов контраст, които могат да варират и поради пречения на матричния материал и вариации в състава на влакната;
- ✓ слаби вариации на жълто-оранжеви и синьо-червено-пурпурни цветове, които са видими само за големи снопове (наблюдението с дисперсионен обектив се извършва с увеличение 100x) и силно се влияят от пречения на матричния материал и промени в състава на влакната. Поради това, методът не е подходящ за разделното им определяне.

Методът показва ограничение за разделно определяне на фино дисперсни (с диаметър под 1 μm) актинолитови и тремолитови влакна в смес.

Резултатите от проведените изпитвания на изкуствени смеси със съдържание на 0,1 mass % азбест за определяне на необходимия брой аналитични препарати и микроскопски полета са показани на таблица 5 и фиг. 10.

Резултатите от статистическата обработка на данните от многократни анализи на изкуствени смеси със съдържание на азбест 0,1 mass % на препарати в имерсионни среди показват малък брой на влакната и ниска представителност на пробата при анализ на 400 и 600 полета. Като най-подходящ за рутинната практика се откроява анализът на 1000 полета от 5 микроскопски препарати. На база на получените резултати са уточнени минималните стойности на аналитичните параметри (брой 15 и проекционна площ 265) на влакната при съдържание на азбест в материалите 0,1 mass %, при повторяемост съответно ($S = 3,9$ влакна или $16 \mu\text{m}^2$ площ). При откриване на 15

азбестови влакна анализът може да се прекрати и изпитваният материал да се регистрира като азбестов преди обхващане на 1000 видни полета.



Фиг. 10. Антофилит 0,1% в изкуствена смес с перлит, при наблюдение в режим на фазов контраст.

Таблица 5. Резултати от анализи на изкуствени смеси със съдържание на азбест 0,1 mass % за определяне на необходимия за количествена оценка брой анализирани препарати и микроскопски полета.

препарати бр.	полета бр.	анализи бр.	Резултати от анализа (x) по брой влакна						Резултати от анализа (x) по площ (μm^2) на влакната					
			мин. бр.	макс. бр.	Хср.	S	ГГДИ _{P90%*}	ДГДИ _{P90%*}	мин.	макс.	Хср.	S	ГГДИ _{P90%*}	ДГДИ _{P90%*}
2	400	33	3	14	9	3	15	4	41	251	159	47	238	79
3	600	31	6	18	13	3,6	20	5	111	384	220	62	330	115
5	1000	31	16	29	22	4,7	29	15	255	459	372	59	472	265

*Доверителните интервали на резултатите са изчислени за статистическа сигурност P = 90 %, поради малките стойности на отчетените дискретни величини (около 0,1 % азбест) и приетото поасоново разпределение на влакната в препаратите. При по-високи стойности на P доверителният интервал става толкова широк, че не дава необходимата за целите на анализите информация.

При стойност на резултата (x) > 15 доверителният интервал е изчислен по следната формула: $\Gamma(\text{Д})\text{ГДИ} = x \pm u (P_{90\%}) \cdot S$. При по-малки стойности на отчетените дискретни величини (x < 15) ГГДИ и ДГДИ са изчислени по отделно по следните уравнения [21]:

$$\text{ГГДИ} = x + \frac{\chi^2(P_{90\%}, f)}{2} \quad \text{с } f = 2(x+1) \text{ брой степени свобода и}$$

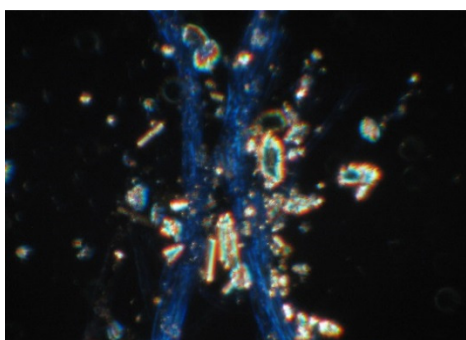
$$\text{ДГДИ} = x - \frac{x}{F(P; f_1; f_2)} \quad \text{с } f_1 = \infty \text{ и } f_2 = 2x \text{ брой степени свобода.}$$

Определяне с предварителна химична обработка.

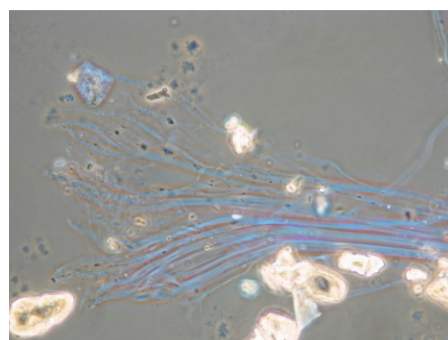
При обработка с киселини (HCl 10 % и CH₃COOH 50%) и наляване при различни температури са установени промени в оптичните свойства и оцветявания на различните по вид азбестови влакна (таблица 6 и фиг. 11 – 38) както следва:

Хризотил в препарати с имерсионна течност с RI 1,550:

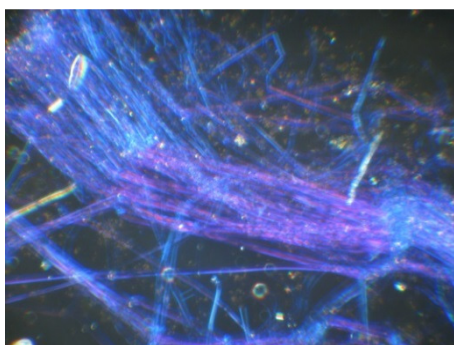
- При обработка на хризотил за 2-3 min със солна 10 % или оцетна 50 % киселини на студено не настъпват промени в свойствата на влакната с изключение на леко понижение на RI, което води до промяна в дисперсионните цветове (фиг. 11), но се запазват характеристичните сини цветове и оранжеви ореоли на влакната във фазов контраст (фиг. 12). Оцветяванията на хризотилите влакна преди обработката, при наблюдение с дисперсионен обектив са показани на фиг. 13, а в режим на фазов контраст на фиг. 14.



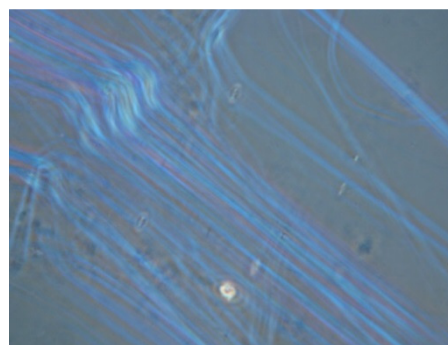
Фиг. 11. Дисперсионни оцветявания на хризотил след киселинна обработка.



Фиг. 12. Цвят и ореол на хризотил след киселинна обработка.



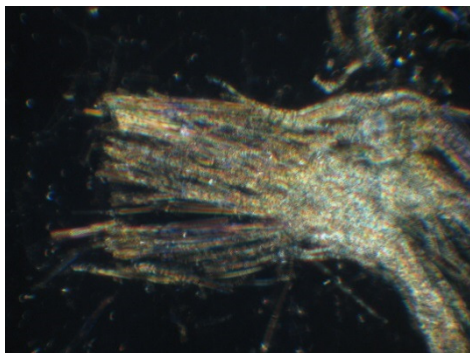
Фиг. 13. Дисперсионни оцветявания на хризотил без обработка.



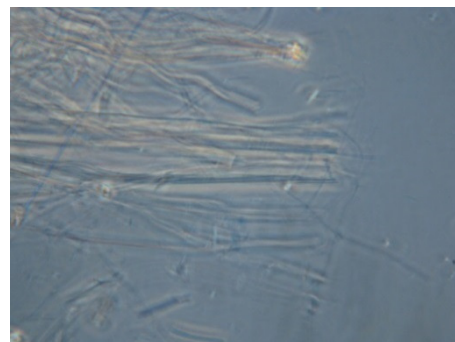
Фиг. 14. Цвят и ореол на хризотил без обработка.

- При наляване на хризотил при температура над 600°C настъпва визуална промяна в цвета на влакната от бял в кремав. Повишава се RI, в резултат на

което се повишава релефа и се променят дисперсионните цветове в жълто-златисти и оцветяванията във фазов контраст до синьо-сиви и черни с жълти ореоли (фиг. 15, 16).



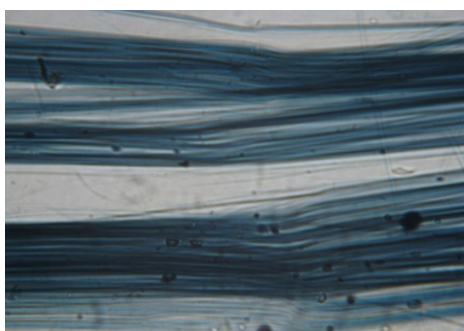
Фиг. 15. Дисперсионни цветове на хризотил след наляване при 650°C.



Фиг. 16. Цвят и ореол на хризотил след наляване при 650°C.

Крокидолит в препарати с имерсионна течност с RI 1,700:

- При киселинна обработка за 2-3 min със солна 10 % или оцетна 50% киселини, на студено, не се установиха промени в оптичните свойства и оцветявания на крокидолитовите влакна.
- При наляване за 3 часа до температура 300°C крокидолитът визуално променя цвета си от син в кафяв.
- ✓ При наблюдение само с поляризатор се установи промяна в цвета на влакната от син преди наляването (фиг. 17) до жълто-кафяв или кафяво-оранжев след него (фиг. 18).



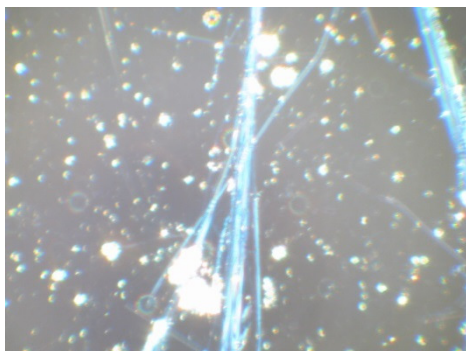
Фиг. 17. Крокидолит без обработка при наблюдение с поляризатор.



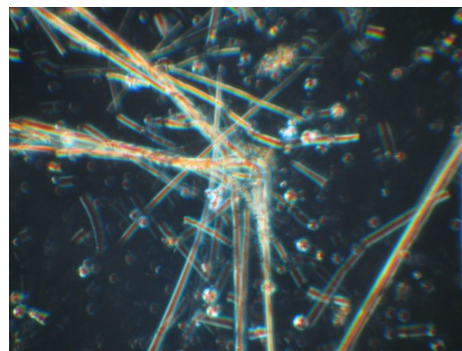
Фиг. 18. Крокидолит налянен при температура 300°C.

- ✓ При кръстосани полари влакната показват сиво-бели до златисто-кафяви интерференционни цветове. Дисперсионните му цветове частично се променят,

като някои от влакната от сини преди наляването (фиг. 19) преминават в златисто-кафяви (фиг. 20) след него.

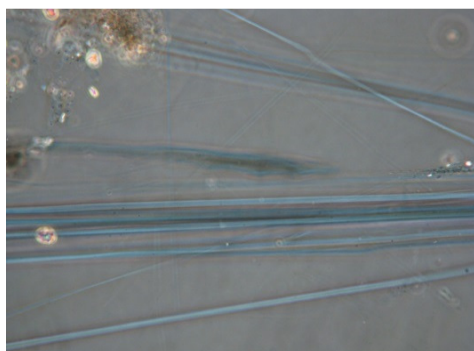


Фиг. 19. Дисперсионни цветове на крокидолита преди наляване.

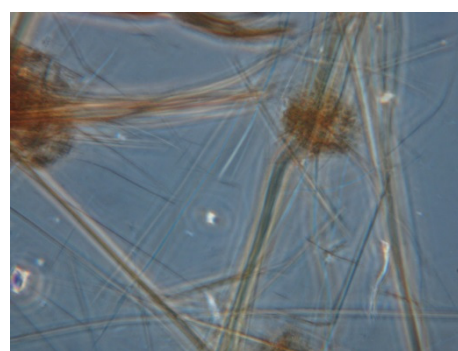


Фиг. 20. Дисперсионни цветове на крокидолит налянен при 300°C.

- ✓ При наляване на крокидолит за 3 часа при 200°C се установи промяна в знака на удължение на всички единични влакна и снопове, от отрицателен в положителен.
- ✓ След наляване за 3 часа при 300°C се установява промяна в цвета и ореола на част от крокидолитовите влакна при наблюдение във фазов контраст – от сини с оранжеви ореоли в черни със златисти ореоли (фиг. 21 и 22).



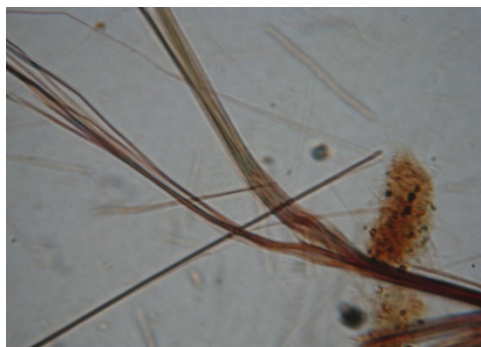
Фиг. 21. Крокидолит необработен, наблюдение във фазов контраст.



Фиг. 22. Крокидолит налянен при 300°C, наблюдение във фазов контраст.

- При наляване за 3 часа при температура 550°C настъпват значителни промени в оцветяванията на крокидолитовите влакна, при наблюдение във всички режими на работа и това заедно с променения знак на удължение прави

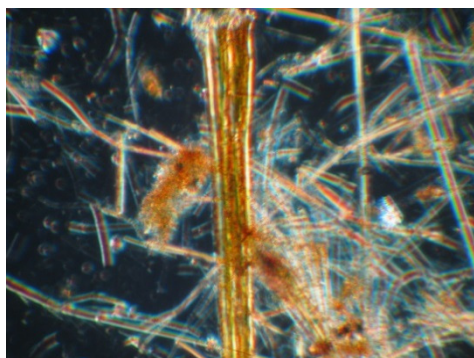
неразличим крокидолита (фиг. 23, 24, 25) от третиран при същите условия азозит (фиг. 26, 27, 28).



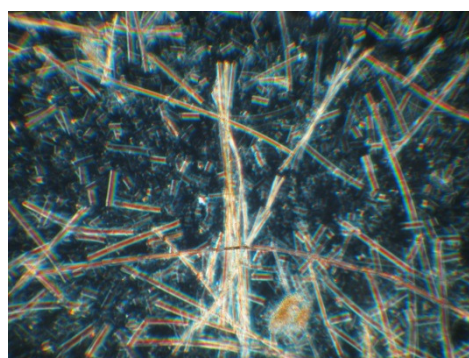
Фиг. 23. Крокидолит накален при 550°C, наблюдение с поляризатор.



Фиг. 26. Амосит накален при 550°C, наблюдение с поляризатор.



Фиг. 24. Крокидолит накален при 550°C, наблюдение с дисп. обектив.



Фиг. 27. Амосит накален при 550°C, наблюдение с дисперсионен обектив.



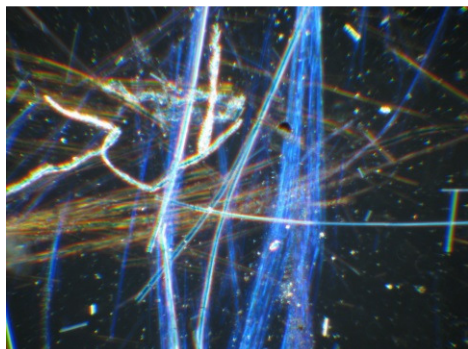
Фиг. 25. Крокидолит накален при 550°C, наблюдение във фазов контраст.



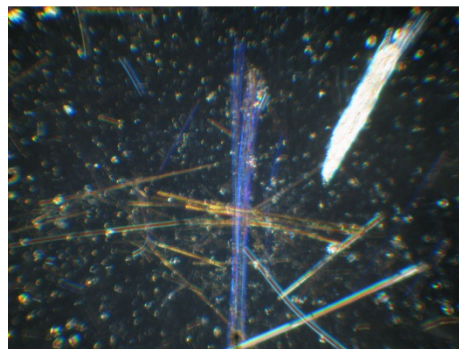
Фиг. 28. Амосит накален при 550°C, наблюдение във фазов контраст.

Амозит в препарати с имерсионна течност с RI 1,680:

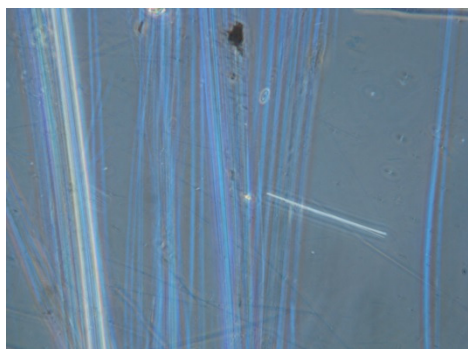
- При обработка на амозит за 2-3 min със солна 10 % или оцетна 50 % киселини, на студено не настъпват промени в свойствата на влакната.
- При наляване на амозит за 3 часа при температура 300°C настъпва визуална промяна в цвета на влакната от светлокафяв в тъмнокафяв, но оптичните му свойства остават непроменени (фиг. 29, 30, 31, 32).



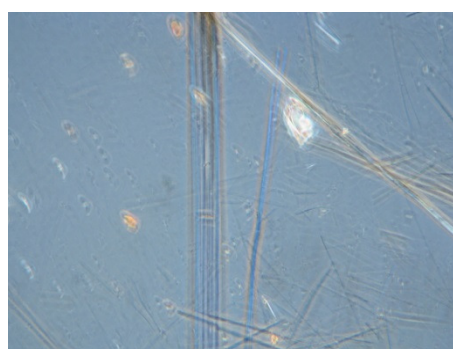
Фиг. 29. Дисперсионни цветове на необработен амозит.



Фиг. 30. Дисперсионни цветове на амозит накален при 300°C.



Фиг. 31. Необработен амозит в режим на фазов контраст.

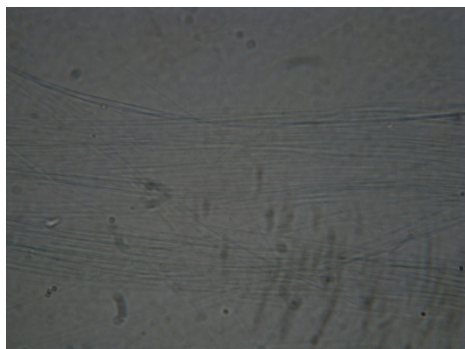


Фиг. 32. Амозит накален при 300°C в режим на фазов контраст.

Актинолит-азбест в препарати с имерсионна течност RI 1,640.

- При обработка на амозит за 2-3 min със солна 10 % или оцетна 50% киселини, на студено не настъпват промени в свойствата на влакната.
- След наляване за 3 часа при температура 450°C настъпва визуална промяна в цвета на влакна от сиво-зелен в кафяв.

- ✓ При наблюдение с поляризатор цвета на влакната, разположени успоредно на посоката на трептене на поляризатора, се променя от сиво-зелен (фиг. 33) в кафяв (фиг. 34).

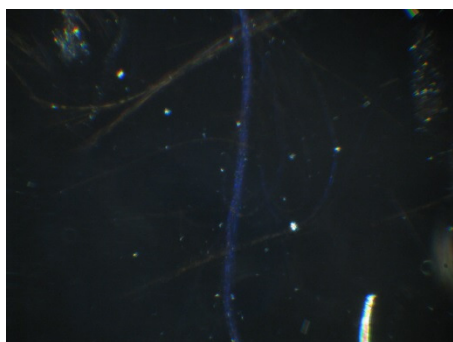


Фиг. 33. Необработен актинолит при наблюдение с поляризатор.

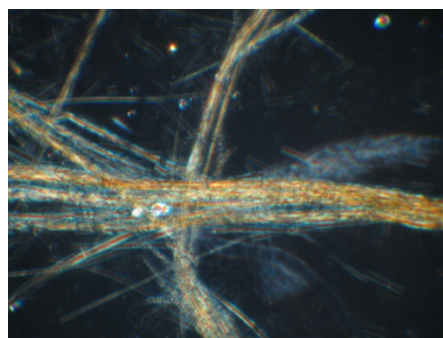


Фиг. 34. Накален при 450°C актинолит при наблюдение с поляризатор.

- ✓ Дисперсионните цветове на влакната, разположени перпендикулярно на посоката на трептене на поляризатора, се променят от сини (фиг. 35) в златисто-кафяви (фиг. 36).

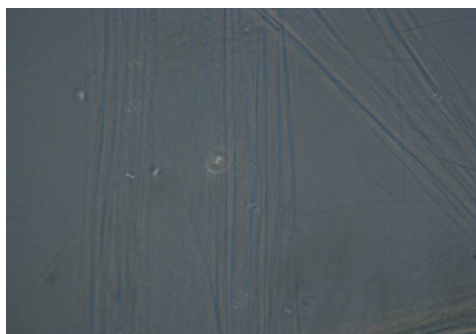


Фиг. 35. Дисперсионни цветове на необработен актинолит.

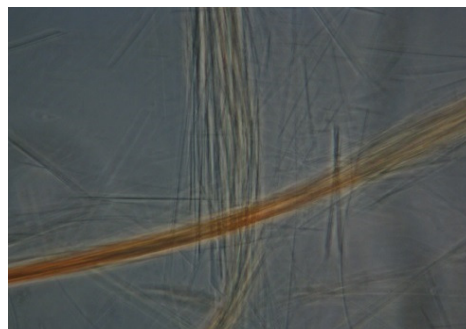


Фиг. 36. Дисперсионни цветове на накален при 450°C актинолит.

- ✓ При наблюдение във фазов контраст актинолитовите влакна се променят в сиво-черни до черни с бледожълти ореоли (фиг. 37, 38).



Фиг. 37. Необработен актинолит при наблюдение във фазов контраст.



Фиг. 38. Накален при 450°C актинолит при наблюдение с поляризатор.

Антофилит-азбест и тремолит-азбест в препарати с имерсионна течност RI 1,605.

След обработка на стандарти от антофилит-азбест и тремолит-азбест с киселини и при температура 450°C за 3 часа не настъпват промени в характеристикните оптични свойства наблюдавани под поляризационен микроскоп и в оцветяванията на влакната при наблюдение с дисперсионен обектив и във фазов контраст.

Таблица 6. Промени в оптичните свойства и оцветявания на азбестовите разновидности (ИОМ стандарти) при различни обработки.

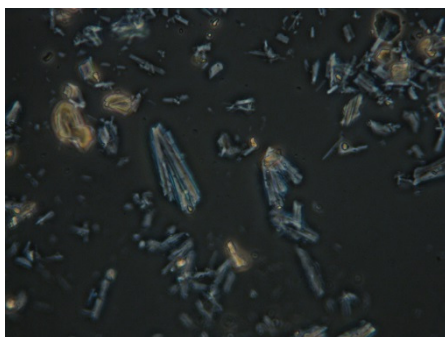
Вид на азбеста	Вид химична обработка на азбестови стандарти			
	Киселинна (HCl или CH ₃ COOH)	термична		
		t°C	Режим на работа*	Резултат
Хризотил	Леко понижение на RI – промяна в дисперсионните цветове	450	V, P, A, D, F	Без промяна
		650	V	Промяна в цвета от бял в кремав
			P	Леко повишаване на релефа
			A	Без промяна
			D	Жълто-златисти цветове
F	Синьо-сиви до черни с жълти ореоли			
Крокидолит	Без промяна	250, 300	V	Промяна в цвета от син в кафяв
			P	Жълто-кафяви до кафяво-оранжеви
			A	Сиво-бели до златисто-кафяви интерференционни цветове, промяна на знака на удължение от „-“ в „+“
			D	Част от влакната променят цветовете си в златисто-кафяви
			F	Черни със златисти ореоли
		170	A с K	Започва промяна на знака на удължение
		200	A с K	Промяна в знака на удължение за всички влакна
500	V, P, A, K, D, F	Настъпват значителни промени във всички режими и крокидолитът става неразличим от амозита		
Амозит	Без промяна	300	V	Промяна в цвета от светлокафяв в тъмнокафяв
			P, A, D, F	Няма промяна в оптичните свойства
		500	P, A, D, F	Настъпва значителна промяна във всички режими и амозита става неразличим от крокидолита
Актинолит-азбест	Без промяна	450	V	От сиво-зелени в кафяви
			P	От зелен в кафяво-зелен // на поляризатора
			D	Перп. на поляризатора са жълто-кафяви, рядко пурпурно сини
			F	Сиво-черни до черни с бледо жълти ореоли
Антофилит-азбест	Без промяна	450	V, P, A, D, F	Без промяна
Тремолит-азбест	Без промяна	450	V, P, A, D, F	Без промяна

*Режим на работа: V - визуална оценка; P - само с поляризатор; A - с включен анализатор; K – с компенсатор; D - с дисперсионен обектив; F - във фазов контраст.

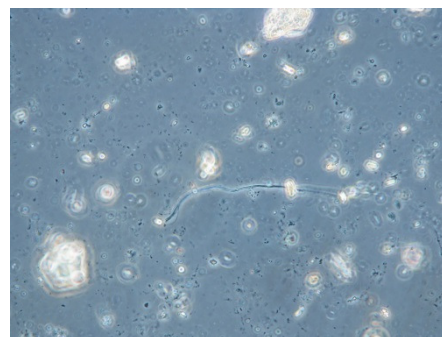
Резултатите от изпитанията на разработената PLM–PCM–методика за количествен анализ на мембранен филтър след киселинна обработка върху RTI-сертифицирана смес със съдържание на хризотил 0,1 mass % (таблица 7) потвърждават приложимостта на химичната обработка за количествено определяне на съдържанието на азбест в материали. При анализ на обработена проба на мембранен филтър се постига добра повторемост (11,7 % отн. ст. отклонение) и по-ниска от 0,1 mass % граница на определяне на азбеста, в зависимост от съдържанието, в mass %, на отстранените в условията на обработката неизбестови компоненти. На фиг. 39 е показана RTI-сертифицирана смес, изградена от частици и структури, в която преди обработка не са открити азбестови влакна. На фиг. 40 се вижда хризотил в RTI-сертифицирана смес, след количествена обработка за освобождаване и концентриране на влакната.

Таблица 7. Резултати от PLM–PCM- анализ на RTI-сертифицирана смес със съдържание на хризотил 0,1 mass %, след киселинна обработка за определяне съдържанието на азбест.

№ на проба	Определено количество хризотил (mass %)	Ср.аритметично (Хср.)	Средно квадратично отклонение (S)	Вариационен коефициент (S %)	ГДИ за 0,1 mass % азбест при P = 90 %	
					ГГДИ	ДГДИ
1	0,085	0,0936	0,012	11,7	0,126	0,074
2	0,089					
3	0,099					
4	0,086					
5	0,109					



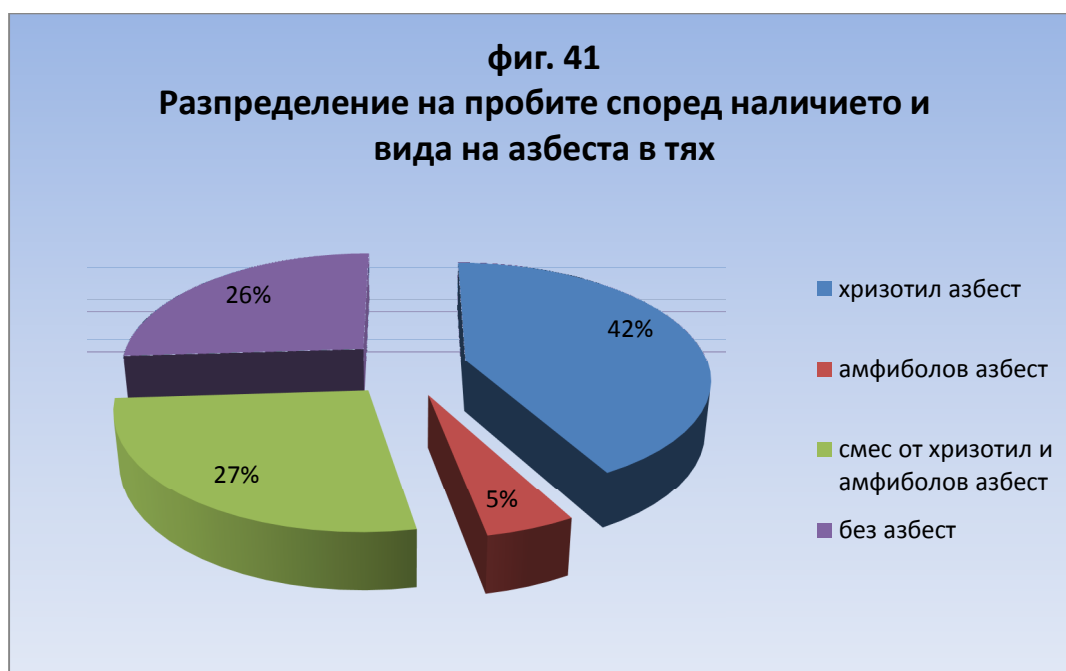
Фиг. 39. Необработена RTI-сертифицирана смес, PCM.



Фиг. 40. Хризотил в обработена RTI-сертифицирана смес, PCM.

2. Идентификация на азбест в материали – определяне наличие и вид на азбеста.

В резултат от извършените анализи за идентификация на азбест в материали, чрез PLM-PCM методиката, е установено наличие на азбест в 74 % (294 бр.) от изпитаните проби. Най-често се открива азбест от вида хризотил. Самостоятелно той е наличен в 165 проби, представляващи 42 % от общия брой изпитани образци. В други 5 % (20 бр.) е открит антофилит-тремолит азбест, а в 27 % (109 бр.) от пробите се съдържат смес от хризотил и амфиболови азбестови минерали (предимно антофилит-тремолит азбест, като само в една проба заедно с хризотила е идентифициран и крокидолит азбест). Разпределението е представено на кръгова диаграма (фиг. 41).



Хризотилови влакна присъстват в общо 93 % от азбестосъдържащите проби, съответно самостоятелно в 56 % от тях и като смес с амфиболов азбест в 37 %. Самостоятелно антофилит-тремолит азбест се открива само в около 7 % от съдържащите азбест проби (фиг. 42).



Най-често самостоятелно хризотил се открива в проби от фабрично изработени азбестоциментови материали, панели, етернитови плоскости и в някои замазки. Хризотил е открит и в 5 (38 %) от изследваните търговски материали. Самостоятелно или в комбинация с хризотил, антофилит-тремолит азбестът е наличен в проби от термоизолации на съоръжения (бойлери, тръбопроводи, котли и др.). Смес от хризотил и крокидолит азбест е идентифицирана само в една проба – отпадък от азбестоциментова етернизова тръба.

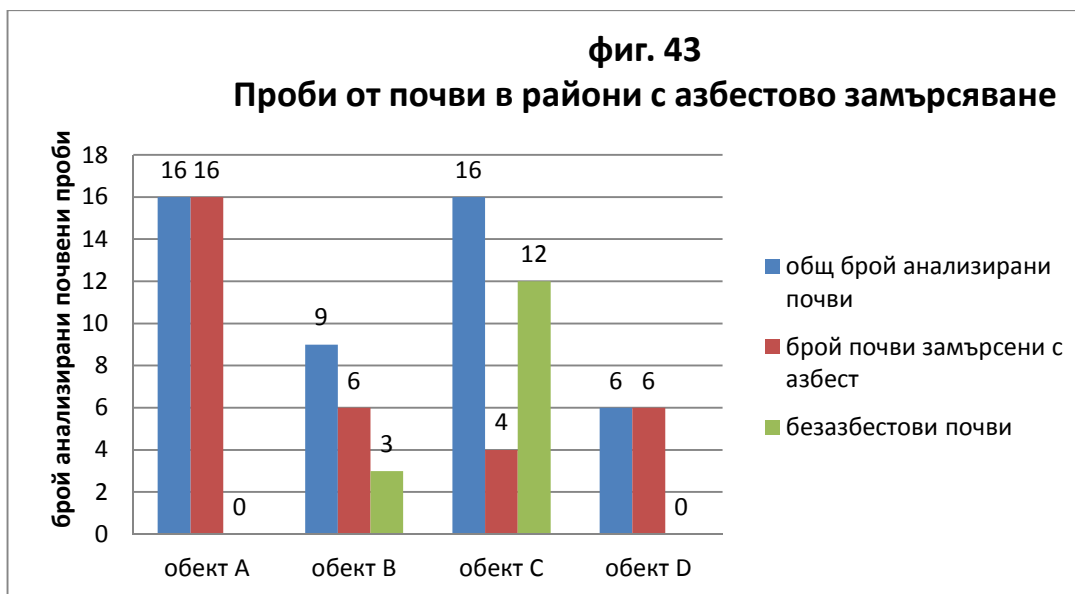
Съдържанието на азбест в материалите, в % по маса варира в широки граници, от под 1 до 95 %, в зависимост от вида на материала и технологията за производство. Най-големи вариации, за еднотипни материали, се наблюдават при приготвяните на самия обект смеси за замазки. Те включват един или няколко вида азбест в различни съотношения помежду им (от под 2 до 25 mass %). Свързващите матрични материали се различават и по отношение на здравина и плътност, което има пряко отношение към потенциала за отделяне на азбестови влакна във въздуха.

Интерес представляват резултатите от анализа на проби от замърсени с азбестови отпадъци почви в райони около заводи, производители на азбестоциментови изделия преди 2005 г. и в близост до предприятия, в които се извършват или вече са приключили дейностите по разрушаване и реновиране на сгради и съоръжения съдържащи азбест.

Резултатите от количественото определяне на азбест показва най-често концентрации между 1 и 13 mass % за почвените проби в районите на бивши азбестови производства (обекти А и В), като за една от пробите концентрацията достига до 43-45 %. В районите в близост до двете предприятия, в които се извършва отстраняване на азбестоциментови материали (обекти С и D), се отчита по-ниско азбестово замърсяване. За обект С само в 4 от общо 16 анализирани проби е открит азбест. Съдържанието му в тях варира от под 2 до 14 mass %. За обект D са установени много ниски азбестови концентрации – в интервала от под 2 % до под 0,1 mass %. Резултатите от анализите на почви са представени на таблица 8 и фиг. 43.

Таблица 8. Съдържание на азбест, в mass %, в проби от замърсени с азбестови отпадъци почви в райони на промишлени предприятия.

№ на проба	Вид и съдържание на азбест, в mass %			
	В района на предприятията произвеждали азбестови изделия		В района на предприятията извършващи дейности по отстраняване на азбест	
	Обект А	Обект В	Обект С	Обект D
1	хризотил 5-7	хризотил 8-10	хризотил около 0,1	хризотил около 0,1
2	хризотил 2-4	хризотил 5-7	хризотил 7	хризотил под 0,1
3	хризотил 7-9	хризотил 1-3	не се открива	хризотил над 0,1
4	хризотил 9-11	не се открива	не се открива	хризотил под 0,1
5	хризотил 6-8	хризотил 43-45	не се открива	хризотил над 0,1
6	хризотил 6-8	хризотил 6-8	не се открива	хризотил над 0,1
7	хризотил 4-6	не се открива	не се открива	-
8	хризотил 3-5	не се открива	не се открива	-
9	хризотил 3-5	хризотил и крокидолит 2-4 1-3	не се открива	-
10	хризотил 4-6	-	не се открива	-
11	хризотил 4-6	-	хризотил 12	-
12	хризотил 3-5	-	хризотил 14	-
13	хризотил 8-10	-	не се открива	-
14	хризотил 7-9	-	не се открива	-
15	хризотил 11-13	-	не се открива	-
16	хризотил 7-9	-	не се открива	-



3. Оценка на материалите по потенциал за отделяне на влакна посредством водно-абсорбционен тест

Резултатите от направените анализи са представени в таблица 9.

Таблица 9. Абсорбция на вода, като показател за оценка на азбестовите материали по плътност и респективно за емисионна способност на материалите по отношение на влакна.

№ по ред	Изследван азбестосъдържащ материал	Азбестови влакна в материала		Количество абсорбирана вода, в mass %
		Вид	Съдържание, в mass %	
1.	въже	хризотил	61,0	72
2.	одеяло	хризотил	31,0	65
3.	мрежа	хризотил	50,6	65
4.	клингер универсален	хризотил	35,3	11
5.	набивка - графитна, непропита	хризотил	29,3	32
6.	противопожарна преграда - етернитова	хризотил	12,2	7
7.	паронит I вид – 1 мм дебелини	хризотил	24,2	Под 1
8.	паронит I вид – 2 мм дебелина	хризотил	35,1	Под 1
9	азбестоциментова замазка (слабо споени влакна)	хризотил и антофилит-тремолит	2,8 25,0	54
10	азбестоциментова замазка (добре споени влакна)	хризотил и антофилит-тремолит	2,5 3,2	24

От таблица 9 ясно се вижда, че:

- Количеството на абсорбирана вода в проби 4, 6, 7 и 8 от високо плътни материали със здрава циментова или полимерна матрица е по-ниско от 30 mass %, в интервала от под 1 до 11% и определя ниска способност за отделяне на влакна във въздуха от тези материали.
- Материалите от азбестови влакна в текстилна матрица (въже, одеяло, мрежа, непропита графитна набивка), са ниско плътни (абсорбция на вода от 32 до 72 mass %) и съответно с висок потенциал за отделяне на влакна във въздуха.
- Азбестоциментовите замазки са различни по съдържание и здравина на спойката на азбестовите влакна с циментовата матрица и в повечето случаи са нехомогенни. Тези материали показват абсорбция на вода в широк интервал (от 24 до 50 отн. %) и съответно значими различия по отношение на потенциал за отделяне на влакна.

Данните от проведените многократни анализи (таблица 10) показват задоволителна за целите на изследването повторемост на резултатите (вариационен коефициент в интервала от 15 - 25 %).

Таблица 10. Изпитване на азбестоциментови материали чрез водно-абсорбцинен тест за установяване на повторемостта на резултатите.

№ на проба	Абсорб. вода, в mass %	Средно квадратично отклонение (S)	Вариационен коефициент (S %)	Доверителни интервали при P =95 %	
				Горна граница ГГДИ	Долна граница ДГДИ
1	2	3	4	5	6
Азбестоциментова замазка, слабо споени влакна					
1.	58	11,8	17,5	79,7 %	54,9 %
2.	55				
3.	75				
4.	81				
5.	77				
6.	56				

Таблица 10 - продължение.

1	2	3	4	5	6
Азбестоциментова замазка, добре споени влакна					
1.	16	5,0	24,5	25,6 %	15,1 %
2.	22				
3.	16				
4.	16				
5.	27				
6.	25				
Изолационна плоча, фабрична, здраво свързани влакна					
1.	9	1,4	15,3	10,6 %	7,7 %
2.	10				
3.	11				
4.	10				
5.	9				
6.	7				

4. Определяне на потенциалната експозиция на азбестови влакна във въздуха при дейности по отстраняване и ремонт на азбестсъдържащи материали

Резултатите от анализа на взетите проби от материали на обектите за премахване на азбестови замазки (таблица 11) показват съдържание на азбест от видовете хризотил и/или антофилит в 82 % от материалите на **обект 1** и в 93 % от пробите на **обект 2**. Процентното съдържание варира в широки граници, като за някои от материалите от обект 2 то достига 61 %. При изпитването на материалите по отношение на потенциал за отделяне на влакна е установена абсорбирана вода 24 % за обект 1 - проба 10 и 54 % за обект 2 - проба 9 (таблица 9).

Таблица 11. Данни от проучването на факторите на експозицията на азбестови влакна при дейности с азбестови материали.

Обект/ дейност	Изследване на материалите				Ситуация на обекта	Характеристики на работата (методи, времетраене на дейностите)	Данни за концентрацията на азбестови влакна при аналогични дейности (f/cm ³)
	Вид на азбеста/бр. проби	Съдържа- ние азбеста (mass %)	Потен- циал за отделя- не на влакна	Състояние на материалите			
1	2	3	4	5	6	7	8
Обект 1 Премахване на азбестоциментови замазки в химическата промишленост.	Хризотил / 11 Антофилит / 10 Хризотил и антофилит / 2 Безазбестови материали / 5	2 – 30 2 – 10 2 – 25 -	Нисък	Добро и на места - средни повреди (площадки №№ 2, 4, 11 и 15).	На закрито	Работа с ръчни инструменти, предварително омокряне на материалите, вакуумно почистване след премахване на азбестовите материали и опаковане в двойни полиетиленови опаковки; 3-4 часа дневна продължителност на работата в продължение на минимум 2-3 месеца един до два пъти годишно.	0,4 -2,4(CC)
Обект 2 Премахване на азбестоциментови замазки в енергетиката.	Хризотил / 15 Хризотил и антофилит / 12 Безазбестови материали / 2	2-61 2-22 -	Висок	Средни повреди на по- голямата част от площадките и големи повреди на площадки №№ 1, 2, 3 и 4.	На закрито	Работа с ръчни инструменти, предварително омокряне на материалите, вакуумно почистване след премахване на азбестовите материали и опаковане в двойни полиетиленови опаковки; 3-4 часа дневна продължителност на работата в продължение на минимум 1-2 месеца един до два пъти годишно.	0,4– 2,4 (CC)

Таблица 11 - продължение.

1	2	3	4	5	6	7	8
Обект 3 Ремонт на азбестоциментови водопроводи.	Хризотил / 2	18-20	Нисък	Добро	На открито в изкоп	Работа с флекс без оборудване за засмукване и събиране на отделящия се прах; продължителността на работа е 20-50 min, дейността се извършва инцидентно при аварии.	10-20 (СР)
Обект 4 Рязане и отстраняване на азбестоциментов водопровод.	Хризотил / 2	17-18	Нисък	Добро	На открито над земята	Работа с флекс без оборудване за засмукване и събиране на отделящия се прах; продължителността на работа е 20-50 min, дейността се извършва инцидентно при аварии.	10-20 (СР)

При оглед на място на състоянието на материалите (таблица 11) по отношение степента им на повреда е установено:

- Добро състояние на по-голяма част от материалите от обект 1. При някои от тях се наблюдават малки драскотини и пукнатини или нарушени ръбове. Изключение правят материалите на площадки №№ 4, 11 и 15, за които са регистрирани средни повреди, а на площадки № 2 по пода са открити отломки от замазката.
- Повредите на обект 2 са значително по-големи. По съоръженията, намиращи се на площадки №№ 1 и 4, се виждат разкъсани материали, изградени от относително свободни влакна (въжета, изолационни вати и платна). По пода на площадки №№ 2 и 3 има множество парчета, отчупени от замазките на съоръженията. Значителни нарушения на материалите (средни повреди) се откриват и на площадки №№ 6 и 9.

По предоставената от изпълнителите на дейностите информация премахването на азбестови материали на обекти №№ 1 и 2 се състои в предварително омокряне на материалите, отстраняването им с ръчни инструменти (лостове, длета, куки и др.) при възможно най-малко раздробяване, мокро или вакуумно почистване и двойно опаковане на азбестовите отпадъци за депониране на сметища. Данните за характеристиките на работата на двата обекта са представени на таблица 11.

На таблица 12 са изведени и систематизирани литературни и собствени данни за концентрацията на азбестови влакна във въздуха при различни техники и други условия на работа с различни азбестосъдържащи материали.

Таблица 12. Данни за типични нива на експозиция при работа с азбестови материали.

Дейности/техники/, мерки да контрол на праха	Типична експозиция в f/cm^3 : стойности по време на работа (СР) или/и среднопретеглени стойности за раб. смяна (СС)**	Източник*
1	2	3
Отстраняване на обшивки и обмазки		
с ръчни инструменти, след омокряне, с използване на мокрител	≤ 1 (СР)	1
	0,5 (СС)	5
	0,4-2,4 (СС)	2

Таблица 12 - продължение.

1	2	3
с високооборотни инструменти със захранване, след омокряне, вкл. използване на мокрител	≤ 2 (CP)	3
	≤ 10 (CP)	1
	0,5 (CC)	6
	до100 (CP)	1
на сухо, с ръчни инструменти	26 (CC)	6
	6,5 (CC)	2
почистване след отстраняване	1,5 (CC)	2
Отстраняване на пръскани покрития		
с ръчни инструменти след омокряне, с използване на мокрител	≤ 1 (CP)	1
с високооборотни инструменти със захранване, след омокряне, вкл. използване на мокрител	≤ 10 (CP)	1
	14 (CP)	4
	до1000 (CP)	1
на сухо	358 (CP)	4
Отстраняване на азбестов картон		
при омокряне, вкл. с прилагане на мокрител чрез шпрейване, ограждане на работната площадка и местна вентилация	≤3 (CP)	1
	0,4 (CP)	4
на сухо, без вентилация, с нарушение на целостта на материала (начупване, рязане)	5-20 (CP)	1
Рязане на азбестов картон		
над височината на главата на работещия	2-5 (CP)	1
ръчно или с резачка, без вентилация	5-20 (CP)	1
Работа с азбестоциментови материали		
машинно рязане на плоскости с местна смукателна вентилация или/и при омокряне	≤ 1 (CP)	1, 3
рязане с абразивни методи	10-20 (CP)	1
рязане с ръчни инструменти	≤ 1 (CP)	1
отстраняване на плоскости без нарушение на целостта и /или подреждане на отстранени плоскости	≤ 0,5 (CP)	1
отстраняване на покриви, след омокряне	0,005-0,08 (CP)	5
	0,015 (CC)	5
отстраняване на сухи стени	0,1-3,2 (CP)	5
	0,8 (CC)	5
отстраняване на таванни плочи от сграда	0,005-0,33 (CP)	5
	0,043 (CC)	5
отстраняване на тръби в затворени помещения	0,005-1,5 (CP)	5

Таблица 12 - продължение.

1	2	3
почистване на вертикални азбестоциментови облицовки с мокро обтриване	0,2 (CC)	5
	1-2 (CP)	1
почистване на азбестоциментови облицовки на сухо	5-8 (CP)	1
Работа с други видове азбестосъдържащи материали		
отстраняване на азбестотекстилни материали	≤ 2 (CP)	3
отстраняване на азбестови уплътнения	0,3 (CP)	3
оголване на покрити с азбест кабели	≤ 2 (CP)	3
отстраняване на подови плочки и маджунки	0,08-0,09 (CP)	5
	0,02 (CC)	5

*1. A practical guide on best practice to prevent or minimize asbestos risks in work that involves or may involve asbestos, SLIC (Senior Labour Inspectors Committee), 2006; 2. Собствени данни; 3. Guidelines for the Management of Asbestos, OSHS, New Zealand, 1995; 4. A comparison of the risks from different materials containing asbestos, HSC/06/55, 2006; 5. Potential for Human exposure, Inst. of Toxicology, University of California; 6. Wet removal of asbestos, HSE, IR/L/MF/95/08.

**При отсъствие на данни за среднопретеглената за периода на работната смяна експозиция (CC), стойността ѝ може да се изчисли приблизително от налични данни за експозицията по време на работа (CP), както следва: $CC = CP \times t / 480$, където „t” е продължителността на работата с азбестовия материал в рамките на работната смяна, в минути; Напр. при 30 min. продължителност на отстраняване на азбестово уплътнение, събиране, опаковане на отпадъците и почистване и стойност на измерената по време на работа експозиция (CP) - 0,3 f/cm³, стойността на CC се очертава около 0,02 f/cm³.

При отчитане на установените конкретни нива на факторите, влияещи на прахообразуването на изследваните обекти (таблица № 11) и наличните данни от измервания при аналогични дейности и техники на работа (таблица 12), се очаква средносменната концентрация на азбестови влакна при премахване на азбестови замазки да превишава многократно ГС – над 10 пъти –на обект 2 и над 2 пъти – на обект 1.

За контрол на праха и предпазване на работниците от азбестова експозиция са приложени следните мерки: омокряне на материалите; изграждане на полиетиленови ограждения на работните площадки, смукателна вентилация в оградената зона (на обект 1); използване на ЛПС за дихателните органи (полумаски за еднократна употреба със защитен фактор 50x; прахозащитни работни гащеризони с качулка, ръкавици и др.).

Анализът на взетите проби от материали на обекти №№ 3 и 4 показва наличие на хризотил във водопроводите, в съдържание 18-20 % за обект 3 и 17-18 % за обект 4, нисък потенциал за отделяне на влакна (абсорбция на вода около 7 %) и характерните

за азбестоциментовите материали висока плътност и здравина на тръбите на двата обекта.

- По предоставената от изпълнителите на дейностите информация ремонтните дейности включват механична обработка на тръбите (рязане с флекс) за отстраняване на течове, износени участъци на подземната и надземна водопроводна мрежа, подготовка на нови тръби за монтаж на връзки и др. Продължителността по време на операциите е кратка (20-50 min). Обектите са на открито, но при ремонт на подземни водопроводи – в изкоп. Работи се без прилагане на технически средства за отвеждане и събиране на отделящия се прах.
- При аналогични дейности и техники на работа, нивата на концентрацията на праха по време на работа се очертават в интервала 10-20 f/cm^3 на двата изследвани обекта (таблица 12).

При отчитане на установените конкретни нива на влияещите на прахообразуването фактори на двата обекта (таблица 11) и съответните данни за концентрацията на праха при аналогични дейности на подобни обекти (таблица 12) се очертава много високо прахообразуване на азбестови влакна и значително превишение на ГС за експозиция до 10 и повече пъти, въпреки кратката продължителност на тези дейности (1-2 часа).

5. Измерване на реалната концентрация на азбестови влакна във въздуха при типични дейности с азбестови материали

5.1. Данните от измервания на концентрацията на азбестовите влакна във въздуха при дейности по премахване на азбестови материали на закрито на обекти 1 и 2 са представени на таблица 13:

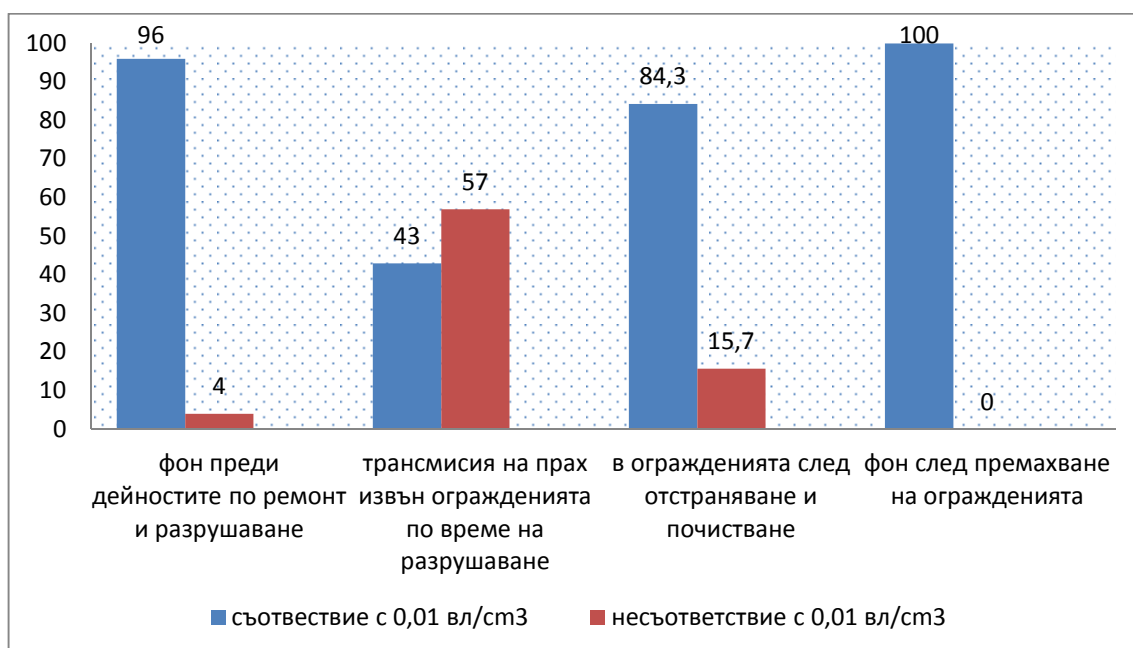
- Персоналните измервания на азбестовия прах в оградената зона по време на дейности по разрушаване на азбестови замазки дават данни за концентрации на влакната от 0,17 до 2,42 f/cm^3 .

Данните от контролните измервания на фоновата концентрация на азбестови влакна във въздуха на работните площадки са илюстрирани и на фиг. 44 и 45.

Фиг. 44. Данни от измерване на азбестовото замърсяване (максимални и минимални стойности на концентрация) при дейности по отстраняване на азбестови материали в промишлени предприятия в България в периода 2005-2013 г.



Фиг. 45: Съотношение в % на площадките, при които е постигнато съответствие/несъответствие с приемливото ниво на чистота ($0,01 \text{ f/cm}^3$) по време на различни етапи, свързани с дейностите по отстраняване на азбест.



- Измерените фонове нива на азбест във въздуха преди започване на дейности, свързани с ремонти и отстраняване на азбест показват концентрации $< 0,01 \text{ f/cm}^3$ за 96 % от случаите. Само за 2 проби от общо 61 са регистрирани нива от $0,011 \text{ f/cm}^3$.
- Данните от измерванията извън огражденията на работните площадки по време на дейностите показват трансмисия на азбестов прах във външното пространство в 57 % от изследваните случаи (концентрации на по-високи от $0,01 \text{ f/cm}^3$, достигащи на места до $0,09 \text{ f/cm}^3$).
- Резултатите от измерванията на чистотата на въздуха в огражденията, след отстраняване на азбеста и почистване, показват достигане на необходимото ниво от $0,01 \text{ f/cm}^3$ на всички изследвани площадки.
- След премахване на огражденията се установява съответствие с индикатора за чистота на въздуха на всички изследвани площадки.

Таблица 13. Данни за измерените концентрации на азбестови влакна във въздуха при дейности по премахване на азбестсъдържащи материали на обекти №№ 1 и 2 на закрито.

№ на ограждение (площадка)	Концентрация на азбестови влакна в огражденията при отстраняване на азбестови м-ли (f/cm^3)		Респирабилни влакна във въздуха извън огражденията, по време на дейности по отстраняване на азбестови материали (f/cm^3)				Респирабилни влакна във въздуха в огражденията, след приключване на дейностите по отстраняване и почистване (f/cm^3)				Фонов нива след отстраняване на огражденията (f/cm^3)
	Из-мерена	ГГДИ Р=95 % ГС ($0,1 f/cm^3$)	Съответствие с индикатора за чистота		Несъответствие с индикатора за чистота		Съответствие с индикатора за чистота		Несъответствие с индикатора за чистота		
			Брой проби	Концентрация $<0,01 f/cm^3$	Брой проби	Концентрация $\geq 0,01 f/cm^3$	Брой проби	Концентрация $<0,01 f/cm^3$	Брой проби	Концентрация $\geq 0,01 f/cm^3$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ОБЕКТ 1											
1.			4	0,005-0,009	-	-	3	0,003-0,006	-	-	0,001
2.	0,67	1.11	1	0.007	6	0.01-0.04	5	0,004-0,009	-	-	0,002
3.			5	0.003-0.008	1	0.01	4	0,003-0,007	-	-	0,003
4.			4	0.003-0.009	1	0.02	4	0,003-0,006	-	-	
5.	0,17	0.31	7	0.002-0.005	-	-	4	0,001-0,004	-	-	
6.			6	0.004-0.007	-	-	4	0,002-0,009	-	-	0,004
7.			6	0.002-0.007	-	-	4	0,001-0,007	-	-	0,002
8.			4	0.002-0.006	1	0.01	3	0,002-0,004	-	-	
9.	0,21	0.35	5	0.002-0.007	1	0.02	3	0,001-0,006	-	-	0,002
10.			4	0.002-0.004	-	-	2	0,002	-	-	
11.			3	0.004-0.007	1	0.02	3	0,004-0,006	-	-	0,003
12.			4	0.006-0.009	-	-	3	0,003-0,007	-	-	
13.			4	0.003-0.008	-	-	3	0,002-0,007	-	-	
14.			5	0.002-0.009	1	0.01	4	0,003-0,009	-	-	0,004
15.	0,42	0.69	3	0.005-0.009	2	0.01-0.02	4	0,002-0,008	-	-	0,002
16.			5	0.003-0.008	-	-	4	0,004-0,009	1	0,013	0,003
17.			1	0.003	1	0.01	1	0,006	-	-	
18.			2	0.003-0.006	-	-	1	0,008	-	-	

Таблица 13 - продължение.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ОБЕКТ 2											
1.	2,42	3.94	1	0,008	8	0,010-0,090	9	0,001-0,003	-	-	
2.	0,35	0.66	8	0,002-0,007	2	0,050	8	0,004-0,009	-	-	0,004
3.	1,06	1.73	2	0,003-0,004	1	0,060	4	0,002-0,008	1	0,012	0,003
4.	-	-	1	0,004	3	0,010-0,070	3	0,003-0,004	-	-	
5.	1,08	1.82	-	-	3	0,011-0,020	3	0,003-0,006	-	-	0,002
6.	-	-	2	0,007-0,008	2	0,010-0,090	5	0,003-0,007	-	-	0,003
7.	-	-	4	0,004-0,009	2	0,010-0,020	5	0,002-0,006	-	-	
8.	1,37	2.24	1	0,009	4	0,010-0,023	5	0,002-0,005	-	-	0,001
9.	-	-	3	0,004-0,009	4	0,016-0,059	7	0,002-0,004	-	-	
10.	1,26	2.10	7	0,004-0,009	1	0,012	7	0,002-0,005	-	-	

С оглед наличието и на изкуствени минерални влакна в много промишлени изолации са проведени изследвания за идентифициране и оценка на съдържанието им като фонов замърсител на въздуха, съвместно с азбеста, по PLM-PCM-метода.

Резултатите от извършените изследвания са представени на таблица 14. Констатирано е наличие на аморфни ИМВ във всички изследвани (9 бр.) проби, при съдържание над 35 % по брой на влакната: 50-80 % в 7 проби и 36-42 % в 2 проби.

Таблица 14. Данни от разделно определяне на азбестови и неазбестови влакна от въздуха във фонов проби след приключване на дейностите по отстраняване на азбест и премахване на огражденията.

№ по ред	Обем на пробата (V) dm ³	Регистрирани влакна в 200 видни полета (бр.)			ГГДИ _{95%} (за броя на всички влакна)	Конц. за всички влакна (C) f/cm ³
		Азбестови влакна	Неазбестови влакна	Всички влакна		
1.	726	7	29	36	63	0,01200
2.	732	8	18	26	47	0,00859
3.	723	9	22	31	55	0,01037
4.	744	7	12	19	36	0,00618
5.	516	5	7	12	25	0,00532
6.	492	9	5	14	28	0,00688
7.	480	7	5	12	25	0,00605
8.	480	9	9	18	35	0,00908
9.	519	3	10	13	27	0,00606

Горните доверителни граници на откритите при единично определяне влакна са изчислени за P = 95 % по предложеното в MDHS 39/4 [108] уравнение:

$$0,866 \text{ ГГДИ}_{p95\%}^2 - (2x+3,36) \text{ ГГДИ}_{p95\%} + x^2 = 0$$

5.2. **Резултатите от извършените контролни измервания на концентрациите на азбестовите влакна при дейности по ремонт на етернитови водопроводи** (таблица 15) показват, че при операциите по рязане на спукани етернитови тръби, с бързооборотни инструменти (например флекс), в изкоп (обект 3), се отделят големи количества азбестсъдържащ прах:

- Измерената пикова концентрация на респирабилни азбестови влакна, за 10 min, е от порядъка на 4,1 - 6,3 f/cm³ в дихателната зона на работещия в изкопа и от 1,9 до 6,5 f/cm³ - на нивото на дихателната зона на работещия извън изкопа по време на рязане. Тези стойности са значително по-високи от контролната граница за максимална експозиция при ситуации на инцидентна и с ниска интензивност експозиция (0,6 f/cm³).
- Средносменните стойности на концентрацията в изкопа превишават граничната стойност на нива от 1,6 до 5 ГС, а над изкопа се поддържат на нива 0,7 ГС с изключение на 1 проба, за която е регистрирано двукратно превишаване на граничната стойност.
- Резултатите от контролните измервания на обект 4 (отстраняване на надземни азбестоциментови водопроводи) показват нива на концентрацията за 4-часов период на работа от 0,006 до 0,012 f/cm³, значително по-ниски от контролната граница за максимална концентрация за инцидентна и ниско интензивна експозиция (0,1 f/cm³).

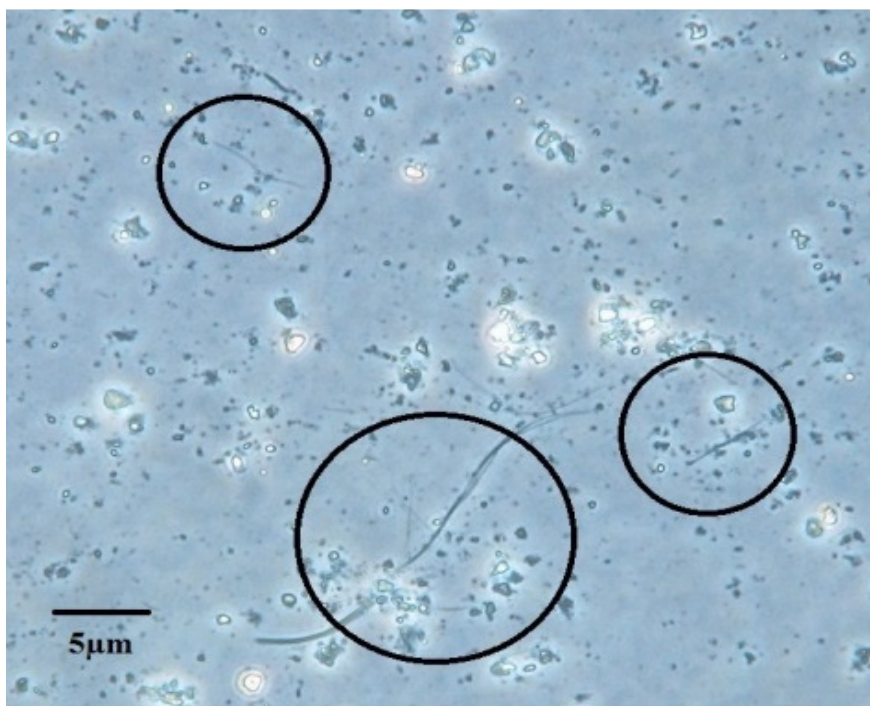
Таблица 15. Данни от измерванията на респирабилни азбестови влакна във въздуха при дейности по ремонт на етернитови водопроводи на обекти 3 и 4.

Място на пробовземане, дейност, професия, № на проба	Време на пробовземане (min)	Дебит на пробовземане (dm ³)	Измерена концентрация (С) (f/cm ³)	Ср. сменна концентрация (С _{ср.см.}) (f/cm ³)
1	2	3	4	5
ОБЕКТ 3				
Рязане на подземен водопровод ф 250 с флекс,				
• в изкоп (резач)	47	2	4,45	0,5
Демонтиране на отрязаните тръби				
• над изкопа (прикачвач)	47	2	0,65	0,06

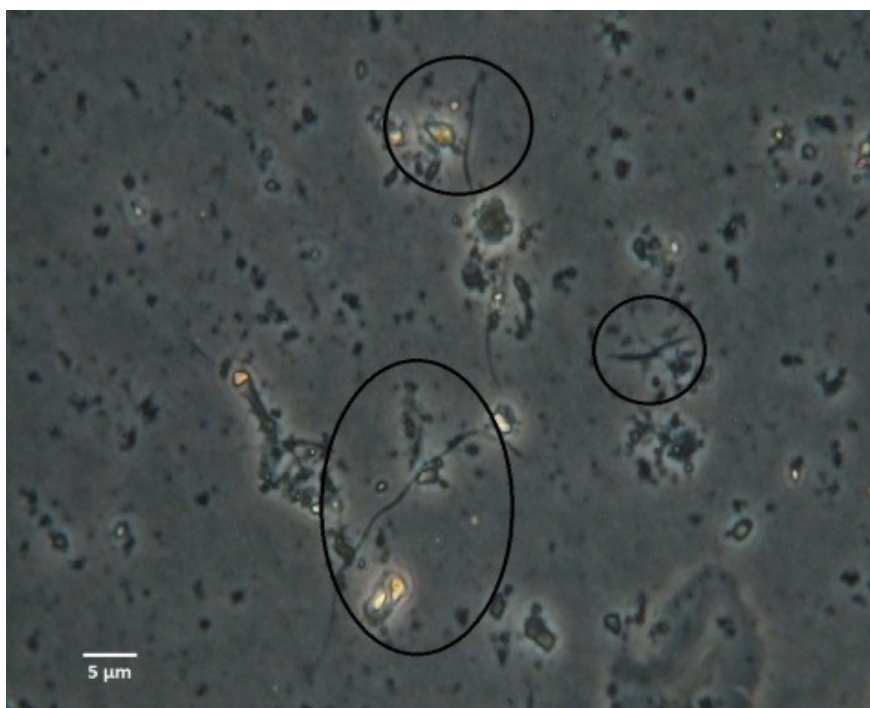
Таблица 15 - продължение.

1	2	3	4	5
Рязане на подземен, напорен захранващ водопровод ф 250				
• в изкопа (майстор)				
проба 1	10	2	5,6	
проба 2	10	2	5,8	
проба 3	10	2	6,3	
проба 4	10	2	6,3	0,19
• над изкопа (помощник)				
проба 5	10	2	1,9	0,06
Рязане на подземен водопровод ф 200				
• в изкопа (майстор)				
проба 1	10	2	5,5	
проба 2	10	2	5,7	0,18
• над изкопа (помощник)				
проба 3			6,5	0,2
Рязане на подземен водопровод ф 80				
• в изкопа (майстор)				
проба 1	10	2	4,1	
проба 2	10	2	5,9	0,16
• над изкопа (помощник)				
проба 3	10	2	2,1	0,07
ОБЕКТ 4				
Рязане на надземен магистрален водопровод				
• майстор (резач)	232	2	0,012	0,005
Демонтиране на отрязаните тръби				
• помощник (прикачвач)	234	2	0,006	0,003

На фигури №№ 46 и 47 са показани респирабилни азбестови влакна от въздуха при рязане на етернитови водопроводи.

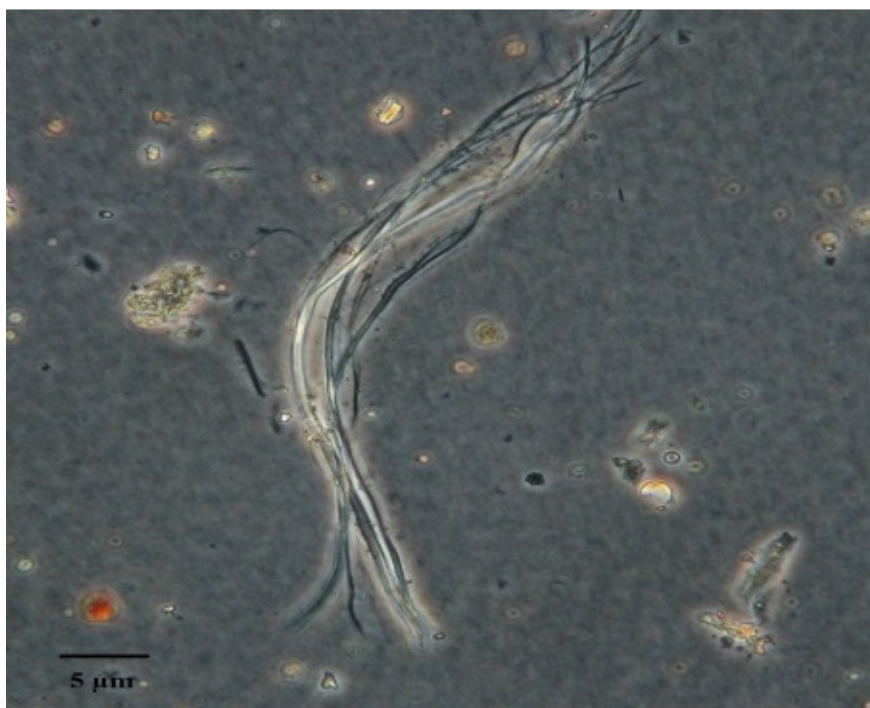


Фиг. 46. Респирабилни азбестови влакна от въздуха при рязане на етернитови водопроводи, РСМ.

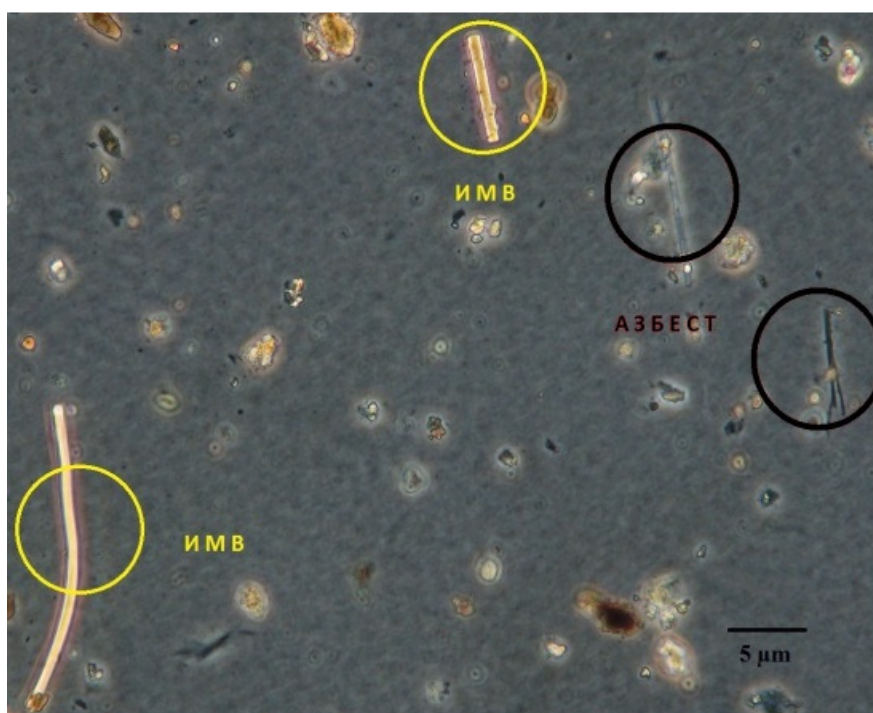


Фиг. 47. Респирабилни азбестови влакна от въздуха при рязане на етернитови водопроводи, РСМ.

На фигури №№ 48 и 49 са показани снимки на респирабилни азбестови влакна и снопове от въздуха, при дейности по отстраняване на азбестови изолации.



Фиг. 48. Азбестов сноп в проба от въздуха, при дейности по отстраняване на азбестови изолации.



Фиг. 49. Азбестови и изкуствени минерални влакна (ИМВ) в проба от въздуха, при дейности по отстраняване на азбестови изолации.

ОБСЪЖДАНЕ

Идентифицирането и количественото определяне на азбестови влакна в материали е сложна аналитична задача, особено при ниски съдържания на влакната, поради разнообразния и многокомпонентен веществен състав, размерови характеристики на частиците на обекта на анализ, а също близки оптични свойства на някои от разновидностите и промени на характеристиките на влакната в условия на продължителна употреба при високи температури и др.

Разработената PLM-PCM-процедура допълва прилагания в досегашната практика стандартен оптико-химичен PCM-метод с използване на възможностите на PLM-техниката за идентифициране на азбестови влакна при ниски съдържания и разделно определяне на амфиболовите разновидности по комплекс от оптични параметри. От друга страна, комбинацията от PLM- и PCM-техниките осигурява определяне на ниски съдържания азбестови влакна от порядъка под 0,1 mass %, разделно от изометричните разновидности на азбестобразуващите минерали, недостижимо с възможностите на до сега използваните за целта в хигиенната практика IR и XRD.

За разграничаване на азбеста от обичайно наличните в пробите други минерални влакна и удължени фрагменти с размерови характеристики $l > 5\mu\text{m}$, $d < 3\mu\text{m}$ и $l/d > 3$ при минимален разход на време, в процедурата на анализа са въведени като първи характеристични параметри за азбестовите влакна използваните и от други автори размерово отношение $l:d > 20:1$ и характерни морфологични белези (влакна показващи кривини, снопове от паралелни влакна често с разцепени краища и др.).

Значителни затруднения при идентифицирането и количественото определяне на азбеста създават придружаващите азбеста органични и неорганични съставки на материалите. Свързващите матрични материали могат да обхващат и маскират влакната. Фините частици могат да полепнат по тях и също да влияят на цвета и оптичните им характеристики. Тези затруднения се преодоляват с въведената химична обработка (термично или киселинно третиране), в зависимост от състава на пробата, с която се постига отстраняване на пречещите съставки, освобождаване и концентриране на наличните азбестови влакна. Обработките се извършват при определени с лабораторни изпитания условия и прилагане на утвърдена в практиката на санитарно-химичния анализ на праха в страната количествена аналитична техника, включително подготовка на обработените проби за микроскопски анализ с течна филтрация на мембранни филтри. При различни условия на обработката са установени, с подробни

изследвания на азбестови стандарти, редица промени в оптичните свойства на различните видове азбестови влакна, които трябва да се отчитат при определянето на влакната. Установените за условията на термично третиране промени на характеристичните оптични свойства са информативни и при идентифициране на азбестови влакна в материали, изложени на нагряване при различни температури в условия на експлоатация.

При проведените изпитания се установи достатъчна за целите на анализа прецизност на определяне на ниски съдържания азбест (вариационен коефициент под 22 отн. %, съответно 21,3 % - при директно определяне по брой и 15,9 % - по площ на азбестовите влакна и 11,7 % - при анализ на препарати на мембранни филтри, след химическа обработка на пробите). В съответствие със специфицираната характеристика за тази група количествени аналитични методи, при 0,1 mass % методиката осигурява коректни резултати с $P = 90\%$ в рамките на фактор 2 (1,9 и 1,8 – при директно определяне на азбест съответно по брой и площ на влакната с анализ на 1000 микроскопски полета от 5 препарата и 1,7 – при анализ на мембранни филтри, след химическа обработка на пробите). Резултатите от изпитанията показват ограничение на методиката за разделно идентифициране на антофилит и тремолит поради близките им коефициенти на пречупване на светлината и сходство в оптичните свойства. С оглед на това е коректно резултатът за идентифицираните в такива случаи азбестови влакна да се записва като антофилит-тремолит-азбест. Така представени резултатите са достатъчно информативни за хигиенната характеристика на праха във въздуха, тъй като двата вида азбестови влакна са сходни и по характер на специфично въздействие. При необходимост от разделно определяне могат да се използват електронно микроскопски техники (TEM, SEM)

Използването на PLM и PCM ограничава и долната размерова граница на идентифицирането на азбестовите влакна и количествената им оценка. Оптичните свойства изотропност, анизотропност и ъгъл на косо потъмнение могат да се наблюдават само при по-дебелите от 1 μm влакна. За минимизиране на риска от занижение на резултатите за ниски съдържания на азбест, при анализа се отчитат и потънките от 1 μm видими морфологично подобни на азбеста влакна. Това от своя страна носи риск от позитивна грешка. Рискът от негативни грешки не може да се избегне напълно например за проби, съдържащи изключително фини влакна в големи количества. Прецизиране на количествената оценка на азбестовите влакна в такива

случаи е възможно с допълнителен анализ с електронно микроскопски методи (ТЕМ, SEM).

Разработената методика е приложима на апаратурната база на специализираните лаборатории за санитарно-химичен контрол на праха, но поради субективния ѝ характер, спецификите на препаративните техники и особеностите на обекта на определяне е необходима насочена и продължителна подготовка на аналитиците под ръководството на квалифициран минералог.

Резултатите от направената в рамките на настоящия дисертационен труд лабораторна проверка на водно-абсорбционния тест за оценка на материалите по фактора потенциал за отделяне на влакна показват задоволителна за целите на изследването прецизност на анализа ($S \% < 25$ отн. %). От изследваните в тази връзка различни групи материали се установява еднозначно при необработените за свързване или изолиране на влакната текстилни материали (въже, одеяло, мрежа и др.) висока над 60 % абсорбция на вода и ниска под 30 % абсорбция при фабрично изработените азбестоцимантови или азбестополимерни изделия (етернит, клингерит, паронит и др.). Способността за отделяне на влакна от такива материали може да се установява и визуално и тестването им не е необходимо. При азбестоциментовите замазки, които се подготвят на самия обект, без спазване на строго определени пропорции и обичайно недобро хомогенизиране, тестът показва абсорбция на вода в широк интервал от под 30 до над 50 отн. %, което откроява необходимост от изследването им по отношение фактора потенциал за отделяне на влакна във всеки конкретен случай. Методът е тегловен, лесно изпълним и може да се прилага в лаборатории със стандартно оборудване за химичен анализ.

Резултатите от проучването на факторите на прахообразуване при обхванатите с настоящата разработка дейности по премахване на азбестови материали на закрито показват много високо прахообразуване на азбестови влакна, превишаващи многократно ГС - над 10 пъти на обект 2 и над 2 пъти на обект 1, независимо от намалената продължителност на работната смяна, което създава условия за много висока, от степен 4, азбестова експозиция. Прилагането на подходящи технически мерки за прахообезопасяване, носенето на ефективни защитни средства за дихателните органи и редовното провеждане на контролни измервания за оценка на ефективността на осигурения прахов контрол са задължителни условия за свеждане на професионалната експозицията при тези дейности в рамките на ГС.

Анализът на резултатите от контролните измервания по време на работа показва различно ниво на ефективност на мерките за ограничаване на прахообразуването на влакна на двата обекта. С омокряне на материалите и въвеждане на смукателна вентилация на обект 1 е постигнато приемливо ниво на контрол на праха - концентрациите на азбестовите влакна се свеждат в рамките под 1 f/cm^3 , в съгласие с публикуваните в литературата данни за добра работна практика при тези дейности. На обект 2 концентрациите на влакната са по-високи от 1 f/cm^3 и в някои случаи достигат до 4 f/cm^3 , което свидетелства за ниско ниво на прахообезопасяване на операциите – недостатъчна ефективност на омокрянето на материалите и належаща необходимост от осигуряване на смукателна вентилация с контролиран обмен на въздуха в работното пространство и филтрация на изходящия въздух. Изведените при контролните измервания данни са информативни и по отношение на ефективността на личните предпазни средства за дихателните органи. Материята на използваните ЛПС дава възможност за намаляване на експозицията в дихателната зона на работниците до ГС, но само за обект 1 и само при спазване на всички изисквания за осигуряване на ефективност и на първо място – добро прилепване към лицето на работника, осигуряващо херметичност. При специфичните условия и обичайна 3,5 – 4 часова продължителност на работната смяна, средствата от вида полумаски не могат да осигурят надеждна защита на работниците от азбестова експозиция. Като добра практика при тези дейности в други страни се използват ЛПС с висок фактор не по-малко от 100x и подходяща конструкция (напр. с подаване на чист въздух в дихателната зона).

При контролните измервания са установени данни за трансмисия на азбестов прах през огражденията по време на работа в интервала от 0,01 до $0,09 \text{ f/cm}^3$ при 57 % от площадките на двата обекта, свидетелстващо за недостатъчна херметизация на огражденията и условия за експозиция по съседство с тези площадки. Това заостря вниманието на работодателите към необходимостта от коригиращи действия при подготовката на огражденията, вкл. проверка за херметичност преди започване на дейностите.

Фонът от азбестови влакна след приключване на дейностите по премахване на азбестови материали и почистване се установява в съответствие с индикатора за чистота на всички обхванати в изследването работни площадки на двата обекта.

Резултатите от проучването на факторите на прахообразуване при обхванатите с разработката кратки дейности по ремонт и подмяна на азбестови тръбопроводи

очертават условия за умерена до висока (от степен 2-3) потенциална азбестова експозиция на ремонтчиците.

Резултатите от контролните измервания определят значимо различна по степен професионална експозиция при работа на надземни тръбопроводи (ниска – степен 1) и при ремонти на водопроводи в изкоп (много висока – степен 4). Работата с неподходящи за минимизиране на прахообразуването на фин прах високооборотни режещи инструменти (флекс) откроява работниците в аварийните групи на „В и К“ като рисков контингент в аспект на азбестова експозиция. В тази връзка стои на вниманието на задължените по приложението на Наредба № 9 лица належащата необходимост да се прекрати досегашната практика на изключване на кратките ремонтни дейности на азбестови водопроводи в изкоп от нормативните изисквания за оценка на здравето състояние, водене и съхранение на регистър и здравно досие на работниците.

Взаимстваната от добрата Европейска практика по оценка на потенциалната азбестова експозиция схема за проучване на факторите на прахообразуване и съставената в тази връзка в дисертационния труд база литературни и собствени данни за експозиция при различни дейности и техники на работа с различни материали са приложими в дейността на службите по трудова медицина (СТМ) по осигуряване на безопасни условия на труд.

Използваните при контролните измервания утвърдени със световни стандарти конкретни за изследваните дейности постановки за пробовземане и условия на РСМ-анализ за достигане на граница на определяне на фонови замърсявания $0,01 \text{ f/cm}^3$, са приложими на базата на специализираните лаборатории за анализ на праховия фактор на работната среда.

Схемата за проучване на материалите и постановките за контролните измервания за оценка на експозицията са включени в разработено за рутинната хигиенна практика, методично указание за оценка на експозицията на азбестови влакна при премахване и ремонт на азбестови материали (Приложение 1).

Приетите в европейската практика и приложени в дисертационния труд при оценката на реалната азбестова запрашеност на въздуха индикатор за чистота на въздуха по отношение на азбестови влакна и контролни граници за инцидентна и с ниска интензивност експозиция са необходими за осъществяване на хигиенен контрол на азбестовата запрашеност по изискванията на действащото законодателство и трябва да се официализират в страната във връзка с неговото приложение.

Резултатите от извършените изпитания за определяне на азбест с прилагане на разработената PLM-PCM-методика на стотици разнообразни материали дават данни за съдържание на азбест в 74 % от тях (изолации на промишлени съоръжения, инсталации, строежи, търговски материали, отпадъци, почви и др.). Това сигнализира за актуалност на азбестовия проблем в страната към настоящия момент и в перспектива десетилетия напред. В тази връзка оценката и контрола на професионалната азбестова експозиция и опазването на околната среда от азбестово замърсяване при премахване, ремонт, поддръжка и депониране на тези материали се открояват като необходими насоки на действие в областта на хигиената на работната и околната среда.

Успоредно с това стои необходимостта от ефективно управление на азбестовите материали (създаване и водене на регистър на наличните азбестови материали, оценка и текущо наблюдение на тяхното състояние, прахообезопасяване или премахване при необходимост и др.). Разработените и изпитани в дисертационния труд аналитични методи и схема за проучване на азбестови материали могат да се използват при изработването и прилагането на съответни програми за управление на азбестови материали.

ИЗВОДИ

От проведеното изследване на условията на експозиция на азбестови влакна при типични дейности с азбестови материали и съгласно получените резултати могат да се направят следните изводи:

1. Разработена и валидирана е PLM-PCM-процедура за идентифициране на азбестови материали и определяне вида на азбеста.
2. С прилагане на разработената аналитична процедура са идентифицирани разнообразни азбестсъдържащи материали, налични в голям обем в сгради и инсталации, търговски продукти и замърсени с азбестови отпадъци почви, което очертава актуална значимост на азбестовия проблем в България към настоящия момент.
3. Определена е прецизността на водно-абсорбционния тест за оценка на материалите по потенциал за отделяне на влакна.
4. Съставена е база литературни и собствени данни за концентрация на азбестови влакна във въздуха при различни техники и други условия на работа, с различни азбестсъдържащи материали за сравнение при оценка на потенциалната експозиция и на мерките за контрол на праха.
5. Определена е степента на потенциалната азбестова експозиция при премахване на азбестсъдържащи изолационни замазки (много висока – степен 4) и ремонти на азбестоциментови водопроводи (ниска - степен 1 за надземни водопроводи и много висока – степен 4 при работа в изкоп).
6. Ефективността на осигурения технически и технологичен контрол на праха при премахване на азбестови изолационни замазки и надеждността на използваните лични предпазни средства за дихателните органи на работниците са недостатъчни. Фонът от влакнести частици във въздуха вследствие на тези дейности е представен от азбестови и изкуствени минерални влакна и се установява в съответствие с приетия индикатор за чистота.
7. Нивото на азбестовата експозиция при кратките ремонтни дейности на азбестоциментови водопроводи в изкоп не отговаря на условието „експозиция с нисък интензитет“. Досегашната практика на изключване на тези дейности от важни за предпазване на работниците от азбестова експозиция нормативни изисквания трябва да се прекрати.

8. Събраните данни при измерванията на азбестовите влакна във въздуха на изследваните обекти допълват базата данни за професионална азбестова експозиция в страната.
9. Подготвено е методично указание за оценка на експозицията на азбестовите влакна в практиката.
10. Въведените в европейската практика критерий за доказване отсъствието на риск от азбестова експозиция (индикатор за чистота на въздуха) и контролни граници за „инцидентна и с ниска интензивност“ експозиция трябва да се утвърдят с национално законодателство.

ПРИНОСИ

Резултатите от изследването дават основание да се формулират следните научно-приложни приноси в областта на оценката и хигиенния контрол на азбестовия прах:

1. Разработена и валидирана е PLM-PCM-процедура за идентифициране на азбестови материали и определяне вида на азбеста. Методиката е приложима на базата на специализираните лаборатории за хигиенен контрол на праха и съответства на нуждите на хигиенната практика по изпълнението на законодателството в областта на безопасност и здраве при работа.
2. Предлагат се за въвеждане в практиката на оценка на експозицията на азбестови влакна при премахване и ремонт на азбестови материали:
 - Схема за проучване на факторите на експозицията;
 - Водно-абсорбционен тест за оценка на материалите по потенциал за отделяне на влакна;
 - База систематизирани данни за концентрацията на азбестови влакна във въздуха при различни техники и други условия на работа с различни азбестсъдържащи материали;
 - Постановки за пробовземане и РСМ-анализ на фонове нива на азбестово замърсяване около $0,01 \text{ f/cm}^3$ при контролни измервания в реални условия.
3. Предлагат се за утвърждаване с национално законодателство приетия в европейската практика критерий за доказване отсъствието на риск от азбестова експозиция (индикатор за чистота на въздуха) и контролните граници за „инцидентна и с ниска интензивност“ експозиция.
4. Подготвено е методично указание за оценка на експозицията на азбестови влакна при премахване и ремонт на азбестови материали.
5. Данните от проведените изпитания на материали за наличие и вида на азбест са използвани при разработване на Национален азбестов профил на България, ангажимент на страната по международно споразумение, прието на Петата министерска конференция по околна среда и здраве, 2010 г.
6. Събраните данни от измервания на азбестовите влакна във въздуха на изследваните обекти допълват банката данни за професионална азбестова експозиция в страната.

Приложение

Методично указание за оценка на експозицията на азбестови влакна при премахване и ремонт на азбестови материали

С прекратяването на производството и употребата на азбестови материали в България от 2005 г. усилията за предотвратяване на здравния риск от професионална азбестова експозиция се съсредоточават върху контингента на работещите в контакт с вложени в миналото строителни азбестови материали при дейности по премахване, ремонти и поддръжка на сгради, конструкции и инсталации. Спецификата на тези дейности (работа с разнообразни по вид и съдържание на азбест материали, с различен потенциал за отделяне на влакна, много от които неразличими визуално от несъдържащите азбест материали, както и различни характеристики на работа и условия на обектите) обуславя азбестова експозиция в много широк интервал – от незначителна до десетократно по-висока от граничната стойност (ГС). Действащата Наредба № 9/2006 г. на МТСП и МЗ за предпазване на работниците от здравни рискове, свързани с професионална експозиция на азбест се отнася за тези дейности.

Определянето на степента на потенциалната експозиция на азбестови влакна е регламентирано с чл. 6 на Наредбата като най-важна стъпка за минимизиране на риска от азбестова експозиция при разрушаване и отстраняване на азбестови материали, в пряка връзка с определянето на технологичните и технически мерки за контрол на азбестовия прах и средствата за персонална защита от експозиция.

За изключване на конкретни кратки дейности по чл. 17, от изискванията на Наредбата за водене на регистър на експозицията и медицински контрол на работниците е необходимо съответствие с определени критерии за инцидентна и с нисък интензитет експозиция.

За осигуряване спазването на ГС за азбестова експозиция се изискват с чл. 20 на Наредбата редовни измервания на съдържанието на азбестови влакна във въздуха в процеса на извършване на дейностите.

За доказване на отсъствието на риск от експозиция след приключване на дейностите по изискването на чл.73 от Закона за здравето са необходими контролни измервания на фоновото замърсяване на въздуха.

Настоящите указания се отнасят за определяне на експозицията на азбестови влакна при премахване и ремонт на азбестови материали и обхващат:

- Принципните положения, подходите и методите за определяне на степента на потенциалната експозиция на азбестови влакна;
- Критериите за определяне на инцидентна експозиция с нисък интензитет;
- Методите за пробовземане и определяне на концентрацията на азбестови влакна във въздуха.

Указанията са предназначени за задължените по Наредба № 9/2006 г. работодатели и СТМ на специализирани фирми за премахване и ремонт на строежи, енергоремонт, поддръжка и ремонт на промишлени съоразения и инсталации, ВиК, електроинсталации, авторемонт и др; специализираните лаборатории за контролни измервания на прах във въздуха на работната среда и контролните органи на РЗИ и ОИТ.

Определяне на степента на потенциалната експозиция

Принципни положения

- Определянето на степента на потенциалната експозиция се извършва на етапа на планиране на дейностите, преди започването на работата;
- Нивото на експозицията се формира от комплекс от фактори:
 - Тип на матрицата, в която е наличен азбестът и здравина на връзката на азбестовите влакна с матрицата (плътност на материала);
 - Минерален вид и количество на азбеста;
 - Състояние на азбестовия материал (запазена или нарушена в различна степен цялост);
 - Характеристики на работата (работни методи, предвидени мерки за прахообезопасяване и лични предпазни средства);
 - Продължителност на експозицията по време;
 - Условия на обекта (на открито или на закрито).

Необходимата информация се набира с проучване на наличната документация и оглед на място на обектите и материалите, с които ще се работи или/и с лабораторни изпитания на проби от материалите. Характеристиките на работата се определят от изпълнителя на дейностите.

Като мярка за определяне на степента на потенциалната експозиция на ангажираните с дейностите работници се прилага ГС за средносменна професионална експозиция ($0,1 \text{ f/cm}^3$). Прилага се пет степенна скала (**степен 4**: много висока -

превишение на ГС – голяма честота на контакта с агента при много висока концентрация, работа с високо прахообразуващи материали; **степен 3: висока** - нивото на експозиция е между 0,5 ГС и ГС – обичаен контакт с агента във висока концентрация или рядко с монго висока концентрация, работа с високо прахообразуващи материали; **степен 2 умерена:** ниво на експозицията между 0,1 ГС и 0,5 ГС – непостоянен контакт с агента при умерена концентрация или рядко при висока концентрация; работа с материали с ниско прахообразуване; **степен 1 ниска:** непостоянна експозиция с ниво под 0,1 ГС и непостоянен контакт с агента и **степен 0 незначима:** не се открива експозиция.

Методи и процедури за проучване на материалите

Основните задачи на проучването на материалите са:

- Определяне и запис на местоположението, размерите и типа на азбестовите материали и материалите, за които се предполага, че съдържат азбест;
- Инспектиране и запис на информацията за достъпа, състоянието и обработката на повърхността на азбестовите материали и материалите, за които се предполага, че съдържат азбест;
- Идентифициране на азбеста в материалите, за които се предполага, че съдържат азбест с вземане и лабораторен анализ на представителни проби.

За събиране на необходимите данни се провежда инспекция на място, преглед на наличната документация за обекта (архитектурни и строителни планове на сградите и съоръженията, планове касаещи основни промени и реконструкции и др.) и събиране на информация от обитателите.

- При инспекцията се обхващат всички достъпни места на обекта, външни страни и прилежаща на сградите външна територия. Специално внимание се отделя на сервизни помещения, големи подови и таванни кухни, покривни и подпокривни изолации, улуци, водосточни тръби, подови настилки, противопожарни прегради, лъчисти нагреватели, топлоизолации на инсталираното оборудване, отломки от материали получени при предишни дейности.
- При проучването се регистрират и характеризират наличните материали, които представляват интерес за съдържание на азбест:

- азбестови материали, специфицирани в документацията на обекта или идентифицирани с анализ на продукта и
- материали, за които се предполага, че съдържат азбест.

В групата на предполагаемите азбестови материали се включват:

- материалите, в които са налични видими азбестоподобни влакна (напр. тръбна топлоизолация);
- Продукти, подобни на съдържащи азбест материали по вид и приложение;
- Продукти, които към момента на инсталирането са произвеждани с влагане на азбест (напр. изолационен картон).

Когато в документацията на обекта са специфицирани безазбестови материали или вероятността за съдържание или добавка на азбест в наличните продукти е незначима (напр. тапети, гипсокартон) и при ново строителство - след 2000 г. се предполага, че вложените материали не съдържат азбест.

- Азбестовите материали и материалите, за които се предполага, че съдържат азбест се класифицират по тип на продукта, в зависимост от здравината на връзката на влакната с придружаващите съставки в три групи:
 1. Армирани с азбест композити, в които азбестовите влакна са здраво свързани в матрицата на придружаващата съставка - пластмаси, гуми, каучуци, цимент и др;
 2. Азбестов изолационен картон, азбестотекстилни уплътнения, тъкани, прежди, шнурове и др. с ниска плътност;
 3. Термоизолационни обмазки, азбестови покрития, нанесени със спрей, азбестова вата, дюшеци и др. със свободни азбестови влакна.
- Състоянието на регистрираните материали се оценява по размера на повредите на четири нива:
 1. Добро състояние (при отсъствие на повреди);
 2. Малки повреди (при наличие на няколко повърхностни драскотини или нарушени ръбове);
 3. Средни повреди (при значително нарушение на материала);
 4. Големи повреди (при наличие на видими азбестови отломки).
- От материалите, за които се предполага, че съдържат азбест, се вземат проби за идентификация на азбест:
 - Оптималната проба обхваща 3-5 cm² от повърхността на материала и цялата му дебелина;

- За осигуряване на представителност за хомогенните материали (картони, плоскости, циментови тръби, текстилни материали, хоросани, накладки, уплътнения, битумни материали, торкретирани продукти) са достатъчни 1 до 2 проби. Пробите се вземат с ядков пробовземач, остър нож или скалпел от ръбове, върхове или други подходящи места на продуктите;
- Теплоизолациите на тръби, бойлери и др. са нехомогенни по състав, дебелина и др., с видими белези вследствие кърпежи и други ремонти. За осигуряване на представителност на резултатите от изпитването на тези материали се вземат проби от всички различия, с обхващане на цялата дебелина на материала;
- Взетите проби се опаковат и етикетират поотделно, в двойни полиетиленови пликове. Със същите надписи се означават и точките на пробовземане.

Внимание! Вземането на проби от материалите е рискова в аспект на азбестова експозиция дейност в обхвата на изискванията на Наредба № 9/2006 г. на МТСП и МЗ. За защита на здравето на ангажирания персонал и обитателите обекта трябва да се вземат всички необходими мерки за предотвратяване на азбестовото замърсяване и минимизиране на експозицията:

- осигуряване на ангажирания персонал със защитно облекло с качулка за еднократна употреба, ботуши, очила, ръкавици и лични предпазни средства за дихателните органи;
- обозначаване на помещенията, в които се работи, с предупредителни знаци и ограничаване на достъпа на обитателите;
- покриване на повърхностите, върху които е възможно попадане на парчета от материалите, с полиетиленови листове;
- омокряне на материалите на определените за вземане на проби места;
- използване на ръчни инструменти за пробовземане с подходящи режещи елементи, които не отделят фин прах;
- обезопасяване на местата, откъдето са взети пробите, с почистване (мокро или вакуумно) и облепване на повърхностите с подходящи лепенки или запълване на отворите с инертен материал.

При необходимост от уточняване на значими за прахообразуването на азбест параметри на материалите се извършват следните лабораторни анализи:

- За идентифициране на азбестовите влакна и минералният им вид проби от материалите се анализират по метода на поляризационна микроскопия, в съчетание с фазово-контрастна микроскопия (PLM-PCM);

- За количествено определяне на по-високи от 1-2 mass % съдържания на азбест в материалите се извършват рентгено-дифрактометричен (XRD) или ИЧ-спектروметричен анализ (IR), а за ниски концентрации азбестови влакна, около регламентираната долна граница за азбестосъдържащи материали (0,1 mass %) се прилага PLM-PCM количествена методика за анализ на пробата на мембранен филтър.
- За определяне на плътността на азбестосъдържащите материали се прилага гравиметричният тест за абсорбция на вода.

Определяне на потенциалната експозиция

За определяне на нивото на потенциалната експозиция в практиката се използват в съчетание събраните при проучването на факторите на експозицията данни и връзките помежду им, както и налични бази данни за експозицията при аналогични дейности с подобни материали (таблица 1).

Таблица 1. Данни за типични нива на експозиция при работа с азбестови материали.

Дейности/техники/, мерки да контрол на праха	Типична експозиция в f/cm^3 : стойности по време на работа (CP) или/и среднопретеглени стойности за раб. смяна (CC)**	Източник*
1	2	3
Отстраняване на обшивки и обмазки		
с ръчни инструменти, след омокряне, с използване на мокрител	≤ 1 (CP)	1
	0,5 (CC)	5
	0,4-2,4 (CC)	2
с високооборотни инструменти със захранване, след омокряне, вкл. използване на мокрител	≤ 2 (CP)	3
	≤ 10 (CP)	1
	0,5 (CC)	6
	до100 (CP)	1
на сухо, с ръчни инструменти	26 (CC)	6
	6,5 (CC)	2
почистване след отстраняване	1,5 (CC)	2
Отстраняване на пръскани покрития		
с ръчни инструменти след омокряне, с използване на мокрител	≤ 1 (CP)	1
с високооборотни инструменти със захранване, след омокряне, вкл. използване на мокрител	≤ 10 (CP)	1
	14 (CP)	4
	до1000 (CP)	1
на сухо	358 (CP)	4

Таблица 1 – продължение.

1	2	3
Отстраняване на азбестов картон		
при омокряне, вкл. с прилагане на мокрител чрез шпрейване, ограждане на работната площадка и местна вентилация	≤ 3 (CP)	1
	0,4 (CP)	4
на сухо, без вентилация, с нарушение на целостта на материала (начупване, рязане)	5-20 (CP)	1
Рязане на азбестов картон		
над височината на главата на работещия	2-5 (CP)	1
ръчно или с резачка, без вентилация	5-20 (CP)	1
Работа с азбестоциментови материали		
машинно рязане на плоскости с местна смукателна вентилация или/и при омокряне	≤ 1 (CP)	1, 3
рязане с абразивни методи	10-20 (CP)	1
рязане с ръчни инструменти	≤ 1 (CP)	1
отстраняване на плоскости без нарушение на целостта и /или поддръждане на отстранени плоскости	$\leq 0,5$ (CP)	1
отстраняване на покриви, след омокряне	0,005-0,08 (CP)	5
	0,015 (CC)	5
отстраняване на сухи стени	0,1-3,2 (CP)	5
	0,8 (CC)	5
отстраняване на таванни плочи от сграда	0,005-0,33 (CP)	5
	0,043 (CC)	5
отстраняване на тръби в затворени помещения	0,005-1,5 (CP)	5
почистване на вертикални азбестоциментови облицовки с мокро обтриване	0,2 (CC)	5
	1-2 (CP)	1
почистване на азбестоциментови облицовки на сухо	5-8 (CP)	1
Работа с други видове азбестосъдържащи материали		
отстраняване на азбестотекстилни материали	≤ 2 (CP)	3
отстраняване на азбестови уплътнения	0,3 (CP)	3
оголване на покрити с азбест кабели	≤ 2 (CP)	3
отстраняване на подови плочки и маджунци	0,08-0,09 (CP)	5
	0,02 (CC)	5

*1. A practical guide on best practice to prevent or minimize asbestos risks in work that involves or may involve asbestos, SLIC (Senior Labour Inspectors Committee), 2006; 2. Собствени данни; 3. Guidelines for the Management of Asbestos, OSHS, New Zealand, 1995; 4. A comparison of the risks from different materials containing asbestos, HSC/06/55, 2006; 5. Potential for Human exposure, Inst. of Toxicology, University of California; 6. Wet removal of asbestos, HSE, IR/L/MF/95/08; 7. Оценка на азбестовата експозиция при ремонт на азбестоциментови водопроводи, Безопасност и трудова медицина, 5/2006.

**При отсъствие на данни за среднопретеглената за периода на работната смяна експозиция (CC), стойността ѝ може да се изчисли приблизително от налични данни за експозицията по време на работа (CP), както следва: $CC = CP \times t / 480$, където „t” е продължителността на работата с азбестовия материал в рамките на работната смяна, в минути; Напр. при 30 min. продължителност на отстраняване на

азбестово уплътнение, събиране, опаковане на отпадъците и почистване и стойност на измерената по време на работа експозиция (CP) - $0,3 \text{ f/cm}^3$, стойността на CC се очертава около $0,02 \text{ f/cm}^3$.

Потенциалът за отделяне на азбестови влакна зависи от здравината на връзката им с матрицата, респ. от плътността на материала. В материали с ниска плътност влакната са свободни или слабо свързани и лесно преминават във въздуха. За това способстват и нарушенията на целостта на материалите, особено при работа с тях.

Пример 1: При разрушаване на азбестови замазки (10-12 mass % азбест), в лошо състояние, на сухо, професионалната експозиция на влакнест прах може да достигне, по данни от измервания, много високи нива - до 26 f/cm^3 . Прилагането на противопрахови мерки (омокряне на материалите, осигуряване на смукателна вентилация в оградената работна площадка и др.) понижава средносменната експозиция до $0,4 - 2,4 \text{ f/cm}^3$, но за свеждането ѝ в съответствие със строгата гранична стойност ($0,1 \text{ f/cm}^3$) е наложително осигуряване на работниците с лични предпазни средства с висок фактор на защита на дихателните органи.

Пример 2: При демонтаж на азбестсъдържащи материали с висока плътност (азбестоциментови плоскости), в добро състояние, без нарушение на целостта, с прилагане на омокряне и добра работна практика, се постига съответствие с граничната стойност за професионална азбестова експозиция. При тези дейности се регистрира отделяне на азбестови влакна до концентрации $0,5 \text{ f/cm}^3$ във въздуха само при кратки операции по отстраняване на крепежни елементи.

Определяне на инцидентна експозиция с нисък интензитет

Инцидентна и с нисък интензитет е експозицията, която може да настъпи в определени кратки интервали на работата, не е настъпвала преди това, не се очаква да се повтаря в бъдеще и съответства на граничната средносменна стойност ($0,1 \text{ f/cm}^3$) и на следните контролните граници за концентрация на влакната при работа:

- Контролна граница за максимална експозиция на азбестови влакна, усреднена за период от 10 min – $0,6 \text{ f/cm}^3$, независимо от използваните лични предпазни средства за защита на дихателните органи;
- Контролна граница за максимална експозиция на азбестови влакна, усреднена за период от 4 часа - $0,1 \text{ f/cm}^3$, независимо от използваните лични предпазни средства за защита на дихателните органи.

Контролните граници за експозиция се отнасят за всички видове азбестови влакна.

На оценка в този аспект подлежи експозицията при кратки дейности с нетрошливи материали в добро състояние, когато се извършват с прилагане на подходящи технически и технологични методи и добри работни практики за минимизиране на концентрацията на влакната във въздуха от надлежно обучен персонал:

- Дейности по поддръжка, които включват до 1 час работа на 1 работник в седемдневен период с азбестоциментови материали, азбестов картон, азбестови уплътнения, азбестови платна в добро състояние и общата продължителност на работата, включително почистването за всички работници, е по-кратка от 2 часа;
- Демонтаж, без повреждане, на материали с ненарушена цялост от азбестоцимент, покривни кечета, битумни покрития и др., в които азбестовите влакна са здраво свързани в матрица;
- Капсуловане (покриване с продукт, който прониква в материала и го заздравява) или запечатване (полагане на подходящо повърхностно покритие за изолиране на материала от външния въздух) на азбестсъдържащи материали, които са в добро състояние и
- Контролни измервания на азбестови влакна във въздуха или вземане и анализ на проби от материали за идентифициране на азбест.

При определянето на инцидентна и с нисък интензитет експозиция в практиката трябва да се провеждат измервания на нивото на експозиция или да се използват за сравнение с контролните граници налични данни от предишни измервания при аналогични дейности и характеристики на работата.

Методи за контролни измервания на азбестовия прах във въздуха

За контролни измервания на нивото на азбестово замърсяване на въздуха, вследствие дейности с азбестови материали се прилага референтният РСМ метод на СЗО. Методът включва пробовземане от въздуха на мембранен филтър и микроскопски анализ на препарати от мембранный филтър чрез наблюдение във фазов контраст. При анализа се определя бройната концентрация на респирабилните азбестови влакна, утвърдена като хигиенно-нормативен параметър за азбестово замърсяване на въздуха.

- При премахване на азбестови материали се извършват персонални измервания на концентрацията на влакната в оградената работна площадка по време на работа и от измерените концентрации се оценява ефективността на личните предпазни средства по защитния им фактор, при сравнение с ГС;

- При премахване на азбестови материали се извършват стационарни измервания на концентрацията на влакната и проверка за съответствие с общоприетия в световната практиката индикатор за чистота на въздуха – $0,01 \text{ f/cm}^3$:
 - около работната площадка извън огражденията, по време на извършване на дейностите, за оценка на тяхната херметичност;
 - в ограденото пространство, след приключване на дейностите и почистването на работната площадка, за доказване отсъствието на риск от азбестова експозиция вследствие на дейностите.
- За проверка на съответствието с контролните граници за инцидентна експозиция с нисък интензитет при кратки дейности с нетрошливи материали се провеждат измервания на концентрацията на влакната по време на работа с персонални, 10-минутни проби.

Х. БИБЛИОГРАФИЯ

1. Атанасов, Г., В. Вергилов, С. Стойнов. Практическо ръководство по петрография. ДИ „Наука и изкуство“, С., 1962.
2. Баракова, В. Прахова експозиция на работниците при ремонт на изолации и пещи в ТЕЦ. Канд. дис., С., НИХПЗ-МА, 1987.
3. БДС 16608-87 – ПДК за вредни вещества във въздуха на работната среда, С., 1987.
4. БДС 16909-89. Вещества вредни във въздуха на работната среда. Определяне бройната концентрация на азбестови влакна в смесен азбестосъдържащ прах, Т 58, Комитет по качеството към Министерския съвет, С., 1987.
5. БДС 16910- 88, Вещества вредни. Определяне вида на азбеста в суровини и материали, Т58, Комитет по качеството към Министерския съвет, С., 1989.
6. Бетехтин, А. Минералогия, „Государственное издательство геологической литературы“, М., 1950.
7. Божинов, К., М. Желяскова-Панайотова. Азбест и азбестови находища в България. III Азбестови находища, Годишник на СУ, ГГФ, кн. I – Геология, 1979.
8. Бурилков, Т., М. Добрева, Ст. Иванова-Джубрилова. Минералните прахове в работната среда, С., 1983.
9. Бурилков, Т. Проучвания върху биологичното действие на азбестовите материали, Докторска дисертация, С., 1983.
10. Годовиков, А., Минералогия, Недра, М., 1983.
11. Димитрова, С., Р. Луканова. Азбестовият прах в работната среда при ремонт на изолации в ТЕЦ, Безопасност и трудова медицина, 4/2006, стр. 41-44.
12. Директива 83/477/ЕИО на Съвета от 19 септември 1983 г. относно защитата на работниците от рискове, свързани с експозиция на азбест по време на работа (втора специална директива по смисъла на член 8 от Директива 80/1107 / ЕИО).
13. Директива 83/478/ЕИО на Съвета от 19 септември 1983 г. относно пето изменение (азбест) на Директива 76/769/ЕИО за сближаване на законовите, подзаконовите и административните разпоредби на държавите-членки относно ограниченията за пускането на пазара и употребата на някои опасни вещества и препарати.
14. Директива 85/610/ЕИО на Съвета от 20 декември 1985 г. за изменение за седми път (азбест) на Директива 76/769/ЕИО за сближаване на законовите, подзаконовите и административните разпоредби на държавите-членки относно ограниченията за пускането на пазара и употребата на някои опасни вещества и препарати.
15. Директива 87/217 / ЕИО на Съвета от 19 март 1987 г. относно предотвратяването и намаляването на замърсяването на околната среда с азбест Съвета, Официален вестник L 85 на 28 март 1987 г., стр. 40-45.

16. Директива 91/659/ЕИО на Комисията от 3 декември 1991 г. относно адаптиране към техническия прогрес на приложение I към Директива 76/769/ЕИО на Съвета за сближаване на законовите, подзаконовите и административни разпоредби на държавите-членки относно ограниченията за пускането на пазара и употребата на някои опасни вещества и препарати(азбест).
17. Директива 91/382/ЕИО на Съвета от 25 юни 1991 г. за изменение на Директива 83/477/ЕИО за защита на работниците от рискове, свързани с излагане на въздействието на азбест по време на работа (втора специална директива по смисъла на член 8 от Директива 80/1107/ЕИО).
18. Директива 99/77/ЕО на Комисията от 26 юли 1999 г. относно шесто адаптиране към техническия прогрес на приложение I към Директива 76/769/ЕИО на Съвета за сближаване на законовите, подзаконовите и административните разпоредби на държавите-членки относно ограниченията за пускането на пазара и употребата на някои опасни вещества и препарати (азбест).
19. Директива 2003/18/ЕС на Европейския парламент и Съвета от 27 март 2003 г. изменяща и допълваща Директива на Съвета 83/477/ЕЕС относно защитата на работниците от рисковете, свързани с излагането на въздействието на азбест по време на работа.
20. Директива 2009/148/ЕО на Европейския парламент и Съвета от 30 ноември 2009 г. относно защитата на работещите от рискове, свързани с експозиция на азбест при работа - Кодификация на Директива 83/477/ЕИО, изменена с директиви 91/382/ЕИО и 2003/18/ЕО.
21. Добрева, М., Р. Луканова. Здравни аспекти на производството и употребата на строителни материали, съдържащи азбест, Строителни материали и изделия, издание на Министерството во строителството, архитектурата и благоустройството, С., стр. 19-22, 1990.
22. Добрева, М., Т. Бурилков. Здравни увреждания от азбест и тяхното предотвратяване, Профиздат, С., 1979.
23. Дьорфел, К. Статистика в аналитичната химия, Наука и изкуство, С., 1987.
24. Закон за здравето, обн. ДВ бр. 70/10.08.2004 г., чл. 73, изм. ДВ бр. 59/2006г., в сила от 21.07.2006 г., изм. ДВ бр. 98/2010 г., в сила от 01.01.2011.
25. Костов, И. Минералогия, Техника, С., 1993.
26. Конвенция 162 на МОТ за охрана на труда при използване на азбест, приета на 72-рата сесия на Генералната конференция на МОТ, Женева, 24.06.1986.
27. Луканова, Р. Индустриално значение и приложение на азбеста и превантивна стратегия за предотвратяване на здравния риск в България, „Безопасност и трудова медицина“, кн.1, стр. 15-17, 2001.
28. Луканова, Р., Е Мавродиева. ИЧ-спектрофотометрична методика за определяне на съдържанието на хризотил, Сборник методи за хигиенни изследвания на НЦХМЕХ, т. III, раздел „Прахове“, стр. 29-31, С., 2001.

29. Луканова, Р., Л. Михайлова, Ст. Николова. Каталог на азбестосъдържащи суровини и материали, използвани у нас. Служебен бюлетин на НИХПЗ-МА, С., бр. 2, 1987.
30. Луканова, Р., С. Петров, С. Николова. Методи за идентификация и определяне на масата на азбеста в промишлени прахове, Симпозиум по въпросите за борба с праха и праховите заболявания, Сб. мат., стр. 10, Видин, 26-27.09.1981.
31. Луканова, Р. Нова нормативна уредба за предотвратяване на здравния риск при употреба на азбест. Безопасност и трудова медицина, кн. 6, стр. 21-27, 2004.
32. Луканова, Р. Оценка на азбестовия прах в работната среда при някои приложения на азбестови изделия за термоизолация, Сборник доклади от конференции на СД „ХИГСТЕСТ“, С., стр. 136-139, 1996.
33. Луканова, Р., С. Петров. Разделно количествено определяне на крокидолит и хризотил при хигиенната оценка на азбестоциментови материали и производствени прахове, Служебен бюлетин, МЗ, НЦХМЕХ, Год. IX, бр. 1-2, 1992.
34. Луканова, Р. Сравнителна оценка инфрачервоната спектроскопия и некоторых других косвенных методов количественного определения азбеста в промышленной пыли, „Измерение и нормирования аэрозолей фиброгенного действия“, изд. СЭВ, М., стр. 119-124, 1982.
35. Луканова, Р., С. Петров. Сравнение на рентгеновата дифрактометрия и ИЧ-спектроскопията при количествено определяне на масата на амфиболови азбестови валакна в праха от въздуха на работната среда, Служебен бюлетин, МЗ, НЦХМЕХ, Год. IX, бр. 1-2, 1992.
36. Методи количественного определени азбеста, Гигиена труда и профессиональные заболевания, Выпуск 3, изд. СЭВ, Москва, стр. 40-43, 1987.
37. Наредба № 13/1992 г. на МЗ за пределно допустимите концентрации на вредни вещества във въздуха на работната среда, ДВ бр. 81/1992.
38. Наредба № 12/1993 г. на МЗ за санитарните правила при внос, производство и употреба на азбест и азбестосъдържащи материали и изделия ДВ бр.83/1993., изм. и доп. с Наредба, ДВ бр. 98/1993.
39. Наредба № 1/2003 г. на МТПС и МЗ за защита на работещите от рискове, свързани с експозиция на азбест при работа, ДВ бр. 32/2003.
40. Наредба № 5/2003 г. на МОСВ за предотвратяване и намаляване на замърсяването на околната среда с азбест, ДВ бр. 39/2003.
41. Наредба № 13/2003 г. на МТПС и МЗ за защита на работещите от рискове, свързани с експозиция на химични агенти при работа, ДВ бр. 8/2003.
42. Наредба № 9/2006 г. на МТПС и МЗ за защита на работещите от рискове, свързани с експозиция на азбест при работа, ДВ бр. 71/2006.
43. Оценка на здравния риск при използване на азбестови минерали в строителството. Отчет, НИХПЗ – МА, 1990.

44. Петрова, Е. Проблем ли са праховите професионални белодробни болести у нас. Безопасност и трудова медицина, кн. 4, стр. 30-35, 2005.
45. Постановление № 130/01.07.2002 г. на МС за приемане на Наредба за опасните химични вещества, препарати и продукти, подлежащи на забрана или ограничения при търговия и употреба, ДВ бр. 69/17.07.2002.
46. Регламент /ЕО/ №1272/2008 относно класификацията, етикетирането и опаковането на вещества и смеси за отмяна на директиви 67/548/ ЕИО и 1999/45/ЕО и за изменение на Регламент ЕО №1907/2006.
47. Регламент (ЕО) 1907/2006 на Европейския Парламент и на Съвета от 18 декември 2006 г. относно регистрацията, оценката, разрешаването и ограничаването на химикали (REACH), установяващ Европейска Агенция по Химикали, изменящ Директива 1999/45/ЕО и отменящ Регламент (ЕЕО) 793/93 на Съвета и Регламент (ЕО) 1488/94 на Комисията, а също и Директива на Съвета 76/769/ЕЕО и Директиви на Комисията 91/155/ЕЕО, 93/67/ЕЕО, 93/105/ЕО и 2000/21/ЕО.
48. Сахаров, М. С., Ю. А. Черкасов. Иммерсионный метод минералогических исследований, ИМУ, М., 1970.
49. Чернева, П. Методика за определяне бройната концентрация на влакна от въздуха чрез фазово-контрастна светлинна микроскопия (мембранно филтърен метод). Сборник методи на НЦХМЕХ, т. II, раздел „Прахове“, стр. 14-19, 2000.
50. Чернева-Жалова, П. Организация на мониторинга на азбестовия прах в Република България. Съществуващи проблеми, Безопасност и трудова медицина, 4 и 6/2000.
51. Чернева, П. Статичен мониторинг за изследване на замърсяването на въздуха с влакнести частици, Безопасност и трудова медицина, 3/2008.
52. Чернева, П., Р. Луканова, С. Евстатиева, С. Димитрова, Е. Мавродиева, Ю. Радева, Г. Стойчев, Т. Милева. Изследване на азбестовата експозиция при авторемонтни дейности. Отчет по тема, НЦХМЕХ, 1999.
53. Чернева, П., Р. Луканова, С. Димитрова, Е. Мавродиева, С. Евстатиева. Изследване на азбестовата експозиция при авторемонтни дейности, VII Национален конгрес по хигиена, С., 2-4 ноември 2000.
54. Чернева, П. Управление на риска от инхалиране на азбеста – основни принципи, Безопасност и трудова медицина, 5/2007.
55. Addison, J., LST Davies, A. Robertson, RJ Willey. The release of dispersed asbestos fibres from soils, Research Report TM/88/14, IOM, 1988.
56. Air Quality Guidelines for Europe, 2nd edition, WHO, 2000.
http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf?ua=1
57. AIA (1985) Report on dust measurement records to Asbestos International Association, London, 1985.
58. AIA (1988) RTM 1: Reference Method for Determination of Airborne Asbestos Fibre Concentrations at Workplaces by Light Microscopy (Membrane Filter Method), London, Asbestos International Association, Health and Safety Publ. RTM № 1, 1988.

59. Approved Code of practice and guidance, 2006, ISBN 978 0 716 6206 7.
60. A practical guide on best practice to prevent or minimise asbestos risks in work that involves (or may involve) asbestos , SLIC, EU, 2006.
61. Asbestos cement - water absorption test, HSE.
<http://www.hse.gov.uk/asbestos/essentials/water-absorption.htm>
62. Asbestos essentials: Task manual HSG 210 2000 HSE Books, 2012, ISBN 0 7176 1887 0.
63. Asbestos containing materials (ACMs) in Workplaces; Practical Guidelines on ACM Management and Abatement, Health and Safety Authority, 2013.
64. Asbestos fibre determination in water samples: preparation techniques – improved analytical method, Protection Agency EPA, 89/2:600/s 4-83-044, 1983.
65. Asbestos volume 1: final report of the advisory committee, Health and Safety Commission (1979), London, the Majesty`s Stationary Office, 1979.
66. Boulanger, G., P. Andujar, J.C. Paireon, M.A. Billon-Galland, C. Dion, P. Dumortier, P. Brochard, A. Sobaszek, P. Bartsch, C. Paris and M. C. Jaurand. Quantification of short and long asbestos fibers to assess asbestos exposure: a review of fiber size toxicity, 2014.
<http://www.ehjournal.net/content/13/1/59>
67. BS 5309: part 4: 1976. Methods for Sampling Chemical Products. Part 4. Sampling of Solids. British Standards Institution, London, UK, 1996.
68. Bullock, W.H. and Ignacio, J.S. A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures (3rd edition), American Industrial Hygiene Association, Fairfax, VA, 2006.
69. Burdett, G. Identification of Asbestos in Bulk Materials by Polarised Light Microscopy (PLM). Final report January 1996 (minor revision 7/1997), Health and Safety Laboratory, Broad Lane, Sheffield S3 7HQ, UK, 1997.
70. Cahill, E. Asbestos Analysis of Soil and Rock. EMSL Analytical Inc.
<https://www.aiha.org/aihce07/handouts/po127cahill.pdf>
71. Current situation with asbestos in the West Balkan Countries, Balkan Conference of asbestos, Ohrid-18-20, June 2010.
72. Davies, L.S.T., G. Z. Wetherill, C. McIntosh, C. McGonagle, J. Addison, Development and validation of an analytical method to determine the amount of asbestos in soils and loose aggregates. HSE Contract research report № 83/1996.
73. Deer, W. A., Howie, R. A., and Zussman, J. An Introduction to the Rock Forming Minerals, Longmans, London, 1966.
74. Development of a Method for the Determination of Low Contents of Fibres in Bulk Material. European Community Contract No MAT1-CT93-0003. Final report. National Institute of Occupational Health, Copenhagen, Denmark, 1997.
75. Environmental Protection Agency (EPA), US. 40CFR Part 763 Appendix A to Subpart E – Interim transmission electron microscopy analytical methods. Fed. Reg. 52(210), 41857-41894. 1987. <http://www.epa.gov/asbestos/pubs/2003pt763.pdf>

76. Fubini, B. and Arean, C.O. Chemical Aspects of the Toxicity of Inhaled Mineral Dusts. *Chem. Soc. Rev.* 28: 373–381, 1999.
77. Fubini, B., I. Fenoglio. Toxic Potential of Mineral Dusts, *Elements*, vol. 3, pp. 407–414, 2007.
<https://www.uvm.edu/~gdrusche/Classes/HCOL%20195/Elements%20article%20on%20toxicity%20of%20mineral%20dusts%202007.pdf>
78. Getman, M., J. S. Webber. Heated Asbestos: Analytical Challenges Posed by Heating of Crocidolite and Other Fibrous Amphiboles, *The Microscope* 03/2008; 56:29-36.
https://www.researchgate.net/publication/200463430_Heated_Asbestos_Analytical_Challenges_Posited_by_Heating_of_Crocidolite_and_Other_Fibrous_Amphiboles
79. Gulumian, M. An Update on the Detoxification Processes for Silica Particles and Asbestos Fibers: Successes and Limitations. *J. Toxicol. Environ. Health Part B* 8: 453–483, 2005.
80. Harper, M., Lee, E.G., Doorn, S.S., O. Hammond. Differentiating Non-Asbestiform Amphibole and Amphibole Asbestos by Size Characteristics. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, 5 (12):761-770, 2008.
81. Heidermanns, G. Methoden zur Identification und Quantitative Analyse von Asbest bei Anwendung der Technischen Richtkonzentrationen für Asbest, № 2, 1978.
82. Hashimoto, S., Honda, S., Awaji, H. and Fukuda, K. Detoxification of Asbestos and Asbestos-Containing Cement Board. *Adv. Mater. Res.* 11: 85–88, 2006.
83. Hashimoto, S., Takeda, H., Okuda, A., Kambayashi, A., Honda, S., Iwamoto, Y. and Fukuda, K. Detoxification of Industrial Asbestos Waste by Lowtemperature Heating in a Vacuum. *J. Ceram. Soc. Jpn.* 116: 242–246, 2008.
84. HSE 248, Asbestos: The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, First edition, published 2006.
85. HSE 264, Asbestos: The survey guide, Appendix 2: ACMs in buildings, HSE, 2012.
86. ISO 16000-7:2007: Indoor air -- Part 7: Sampling strategy for determination of airborne asbestos fibre concentrations, 2007.
87. ISO 4226:2007: Air quality – General aspects. Methods of measurement, 2007.
88. ISO 8672:2014: Air quality - Determination of the number concentration of airborne inorganic fibres by phase contrast optical microscopy - Membrane filter method, 2014.
89. ISO 10312:1995: Ambient air - Determination of asbestos fibres - direct-transfer transmission electron microscopy method. International Organization for Standardization, Geneva, 1995.
90. ISO 13794:1999: Ambient air - Determination of asbestos fibres - Indirect-transfer transmission electron microscopy method, 1999.
91. ISO 19466:2002: Ambient air: Determination of numerical concentration of inorganic fibrous particles - scanning electron microscopy method. International Organization for Standardization, Geneva, 2002.

92. ISO 22262-1:2012: Air quality - Bulk materials – Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, First edition 01.07.2012.
93. ISO 22262-2:2014: Air quality - Bulk materials – Part 2: Quantitative determination of asbestos by gravimetric and microscopical methods, 2014.
94. ISO 22262-3:2016: Air quality - Bulk materials - Part 3: Quantitative determination of asbestos by X-ray diffraction method, 2016.
95. Jankovic, J.T., J.L. Clere, W. Sanderson, and L. Piacitelli. Estimating Quantities of Asbestos in Building Materials. National Asbestos Council Journal, Fall, 1988.
96. Japanese Industrial Standard Organization. Determination of airborne fibrous particles-Part 1: Optical microscopy method and scanning electron microscopy method. JIS K 3850-1, 2006.
97. Japan Standard Association. Determination of asbestos in building material products. JIS A 1481. Japan Standard Association, Akasaka, 2008.
98. Jeyaratnam, M. and N. G. West. A study of heat-degraded chrysotile, amosite and crocidolite by X-ray diffraction, *The Annals of Occupational Hygiene*, 38 (2), April, 1994. https://www.researchgate.net/publication/31124540_A_study_of_heat-degraded_chrysotile_amosite_and_crocidolite_by_X-ray_diffraction
99. Kamp, DW, SA Weitzman. The molecular basis of asbestos induced lung injury. *Thorax* 54: 638-652, 1999.
100. Kane, AB. Mechanisms of mineral fibre carcinogenesis. In: Kane AB, Boffetta P, Saracci R, Wilburn JD (eds) *Mechanisms of Fibre Carcinogenesis*, International Agency for Research on Cancer Scientific Publication 140, pp. 11-35, 1996.
101. Kelse, J. W. and Thompson, C. S., Asbestos, and its Diseases *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.*, 1989, 50, 613.
102. Kusiorowski, R., Zaremba, T., Piotrowski, J. and Adamek, J. Thermal Decomposition of Different Types of Asbestos. *J. Therm. Anal. Calorim.* 109: 693–704, 2012.
103. Larsen, E. S., and Berman, H. *The Microscopic Determination of Nonopaque Minerals*. United States Department of Interior, Geological Survey Bulletin 848, US Government Printing Office, Washington, DC, USA, 1934.
104. Lee, J., C. Yoon, S. Ham, P. Tsai. Optimal Treatment Condition for Changing Characteristics of Naturally Occurring Asbestos, *Aerosol and Air Quality Research*, 15: 2332–2345, 2015. http://aaqr.org/VOL15_No6_November2015/15_AAQR-15-02-SIIAC-0108_2332-2345.pdf
105. Malcolm Moffat. *Asbestos Bulk Analysis Images with Techniques & Curios*, 2013. <https://www.asbestosimages.co.uk/pages/mccrone-vs-phase.htm>
106. *Managing and working with asbestos. Control of Asbestos Regulations 2012, Approved Code of Practice and guidance*, HSE, L143 (Second edition) Published 2013.
107. McKenzie and C. Guilford. *Atlas of rock-forming minerals in thin section*, Longman, 1980.

108. MDHS 39/4 - Asbestos fibres in air: Sampling and evaluation by Phase Contrast Microscopy (PCM) under the Control of Asbestos at Work Regulations, 1995.
109. MDHS-77. Asbestos in bulk materials. Sampling and identification by polarized light microscopy (PLM), 1994.
110. MDHS 87 – Fibres in air. Guidance on the discrimination between fibre types in samples of airborne dust on filters using microscopy, HSE, 1998.
111. MDHS 100 – Surveying, sampling and assessment of asbestos-containing materials, HSE, 2001.
112. Method 435 Determination of Asbestos Content of Serpentine Aggregate, California Environmental Protection Agency, June 6, 1991.
http://www.arb.ca.gov/testmeth/vol3/m_435.pdf
113. Miller, J. L. Identification of selected silicate minerals and their asbestiform varieties by electron optical and X-Ray techniques, Norelco Repotr, vol. 25, N3, 1978.
114. Mimi, H. Hassim and Markku Hurme. Occupational chemical exposure and risk estimation in process development and design. Process Safety and Environmental Protection, volume 88, number 4, pages 225-235, 2010.
115. Moon, J.H. Efficient Method for Change of Asbestos Characteristics in Asbestos-containing Materials. School of Public Health, Seoul National University, Seoul, 2014.
116. Mulhausen, J.R. and Damiano, J. A. Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures (2nd edition), American Industrial Hygiene Association, Fairfax, VA, 1998.
117. Nam, S-N., S. Jeong, H. Lim. Thermochemical Destruction of Asbestos-containing Roofing Slate and the Feasibility of Using Recycled Waste Sulfuric Acid. J. Hazard. Mater. 265: 151–157, 2014.
118. NIOSH 7400. Asbestos and other fibers by PCM. NIOSH Manual of Analytical Methods 7400 (NMAM) 4th ed. DHHS (NIOSH), 2003.
119. NIOSH 7402. Asbestos by TEM: NIOSH Manual of Analytical Methods 7402 (NMAM) 4th ed. DHHS (NIOSH), 2003.
120. NIOSH 9000. Asbestos, chrysotile by XRD. NIOSH Manual of Analytical Methods 9000 (NMAM) 4th ed. DHHS (NIOSH), 2003.
121. NIOSH 9002. Asbestos (bulk) by PLM, Issue 2, 1994.
122. National Occupational Health and Safety Commission. Guidance note on the membrane filter method for estimating airborne asbestos fibres. 2-nd ed. NOHSC, 2005.
http://www.safeworkaustralia.gov.au/AboutSafeWorkAustralia/WhatWeDo/Publications/Documents/236/GuidanceNote_MembraneFilterMethodForEstimatingAirborneAsbestosFibres_2ndEdition_NOHSC3003-2005_PDF.pdf
123. Nicholson, W. J. Control of sprayed asbestos surfaces in school buildings: A feasibility study. Final Report. Contract I-ES-2113. National Institute of Environmental Health Sciences, Research Triangle Park. N. C., 1978.

124. Occupational Safety and Health Administration (OSHA), US. Asbestos in air. ID-160. Available from: <http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/inorganic/id160/id160.html>
125. OSHA ID-191, Polarized light microscopy of asbestos – Non-mandatory 1915.1001 App K, Occupational Safety and Health, 1994.
126. Occupational Asbestos Exposure, NIOSH. <http://www.asbestos.com/occupations/>
127. Perkins, L. R. and M. E. Beard. “Estimating Asbestos Content of Bulk Materials”, National Asbestos Council Journal, Vol. 9, № 1, 1991, pp. 27-31.
128. Perkins, R.L. and B.W. Harvey, U.S. Environmental Protection Agency. Test Method for the Determination of Asbestos in Bulk Building Materials. EPA/600/R-93/116, June 1993.
129. Popov, Georgi, Bruce K. Lyon, Bruce Hollcroft. Risk Assessment: A Practical Guide to Assessing Operational Risks, Pub. by J. Wiley and Sons, New Jersey, pp. 251, 2016. <https://books.google.bg/books?id=zqjLCgAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=bg#v=onepage&q&f=false>
130. Puledda, S., A. Marconi. Application of X-ray Diffraction analysis of Asbestos Contaminants in some commercial products and in airborne particulate. Proc. 2-nd Int. Symp. On Occup. Health and Safety in Mining and Tunnelling, Prague, Czechoslovakia, Sept., Vol. 1986, 327-333.
131. Robert, L., Virta. Asbestos: Geology, Mineralogy, Mining, and Uses, Open-File Report 02-149, U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey.
132. Roedelsperger, K., J. Sieben et H.-J. Woitowitz. Rechnergestuetzte, IR-spectrographische Defferentialanalyse von chrysotile-, amosit und krokzyd olithaitiden Feinstaubproben von Baustellenarbeitsplaetzen. Arbeitsmedizinisches Kolloquium “Epidemiologische Ansaetze im Bereich der Arbeitsmedizin. Berlin”, 13-16 May, 1981, 403-416.
133. Roedelsperger, K., H. Jahn, B. Bruckel, J. Manke, R. Paur and H. Woitowitz. Asbestos Dust Exposure During Brake Repair, Am. J. Ind. Met. 10: 63-72, 1986.
134. Safe use of Chrysotile Asbestos. A Manual on Preventive and Control Measures, The Asbestos Institute (AI), Québec Asbestos Mining Association (QAMA), September 1993 (Updated, January 1998) in Cooperation with Instituto Mexicano de Fibro-Industries A.C. (IMFI), Chrysotile Institute, Revised 2011. http://www.chrysotile.com/data/Safety_use_Chryso-A_VF.pdf
135. Schneider, T., Davies L. S., Burdett G., Tempelman J., Puledda S., Jorgensen O., Buchanan D., Pauletti L. Development of a method for the determination of low contents of asbestos fibres in bulk material, Analyst, June 1998, Vol. 123 (1393–1400).
136. Standards Australia International. Method for the qualitative identification of asbestos in bulk samples. AS4964-2004. Standards Australia International Ltd. Sydney, 2004.
137. Standard practice for sampling and counting airborne fibers, including asbestos fibers, in the workplace, by phase contrast microscopy (withand option of transmission electron microscopy). ASTM D7201-06. American Society for Testing and Materials, 2006.

138. Standard test method for airborne asbestos concentration in ambient and indoor atmospheres as determined by transmission electron microscopy direct transfer (TEM). ASTM D6281-09. American Society for Testing and Materials, 2009.
139. Stanton, M.F., Layard M, Tegeris A. Relation of particle dimension to carcinogenicity in amphibole asbestoses and other fibrous minerals., J Natl Cancer Inst 1981, 67:965-975.
140. Stayner, L., Kuempel E, Gilbert S, Hein M, Dement J: An epidemiological study of the role of chrysotile asbestos fibre dimensions in determining respiratory disease risk in exposed workers. Occup Environ Med 2008, 65:613-619.
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18096653>
141. The Control of asbestos Regulation , Statutory Instrument № 2739, 2006.
http://www.legislation.gov.uk/ukxi/2006/2739/pdfs/ukxi_20062739_en.pdf
142. Technical Report on synthetic mineral fibres and Guidance note on the Membrane filter method for the Estimation of Airborne synthetic mineral fibres, NOHSC, Australia, 1989.
143. Tcheneva-Jalova, P., R. Lukanova, M. Demirova. Asbestos in Bulgaria, Proceedings of the Asbestos simposium for the countries of Central and Eastern Europe, Budapest, Hungary, 4-6 December 1997.
144. Title 40, Code of Federal Regulations, Part 763. Appendix A to Subpart F. Interim Method of the Determination of Asbestos in Bulk Insulation Samples, April 15, 1988.
145. Toft, P. et al. Asbestos in drinking-water. Ottawa, Ontario, Canada, Department of National Health and Welfare, Health Protection Branch (CRC critical reviews in environmental control), 1984.
146. Tröger, W. E., Optische Bestimmung der Gesteinbildenden Minerale, E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart, 1982.
147. Vangelova K., S. Dimitrova, R. Lukanova. Bulgarian experience in prevention of Asbestos related diseases. XX World Congress on Safety and Health at Work, Frankfurt, Germany, 24-27.08.2014.
148. Van Orden, D.R., R.J. Lee, K.A. Allison, J. Addison. Width Distributions of Asbestos and Non-Asbestos Amphibole Minerals, Indoor Built Environ,18, 6:531–540, 2009.
149. WHO Asbestos in Drinking-water. Background document of WHO Guidelines for Drinking-water Quality, Geneva, 1996.
http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/asbestos.pdf
150. WHO Determination of airborne fibre number concentration. A recommended method by phase contrast optical microscopy (membrane filter method), Geneva, 1997.
151. WHO Media center, Fact sheets Asbestos: elimination of asbestos- related diseases, Fact sheet N343, July 2014.
152. Wylie, A. G., Discriminating Amphibole Cleavage Fragments from Asbestos: Rationale and Methodology Proceedings VII Pneumoconiosis Conference (Pittsburgh, Pennsylvania, USA, 23–26 August 1988), DHHS (NIOSH), Cincinnati, OH, USA, Publication No 90-108, part II, November 1990, pp. 1065–1069.

153. Wylie, A. G., *The Habit of Asbestiform Amphiboles: Implications for the Analysis of Bulk Samples*, *Advances in Environmental Measurement Methods for Asbestos*, ASTM STP 1342, M.E. Beard, H. L. Rooks, Eds., American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 1999.

154. *Work with materials containing asbestos. Control of asbestos regulations*, 2006.

155. *Work with asbestos insulation, asbestos coating and asbestos insulating board (Third edition)*, *Approved code of practice*, HSE Books, 18, 1998.

СПИСЪК НА ПУБЛИКАЦИИТЕ

по темата на дисертацията

1. С. Димитрова, Р. Луканова. Оценка на азбестовата експозиция при ремонт на азбестоциментови водопроводи, *Безопасност и трудова медицина*, 5/2006, 28-30.
2. С. Димитрова, Е. Мавродиева, Р. Луканова, Насоки по приложението на законодателството за минимизиране на риска от професионална експозиция на азбест. I. Проучване на материалите за съдържание на азбест, *Безопасност и трудова медицина*, 3/2013, 46-51.
3. С. Димитрова, Е. Мавродиева, Р. Луканова, Насоки по приложението на законодателството за минимизиране на риска от професионална експозиция на азбест. II. Оценка на риска от експозиция на азбест, *Безопасност и трудова медицина*, 4/2013, 25-28.
4. С. Димитрова, Е. Мавродиева, Р. Луканова, Насоки по приложението на законодателството за минимизиране на риска от професионална експозиция на азбест. III. Определяне на дейностите, свързани с ниска експозиция на азбест, *Безопасност и трудова медицина*, 5/2013, 16-20.
5. П. Чернева, С. Димитрова, Методика за микроскопско определяне на дисперсното разпределение на размерите на частиците в праха от въздуха на работната среда, *Сборник методи за хигиенни изследвания*, том III, НЦХМЕХ, Раздел „Прахове“, 2001, 33-40.
6. С. Димитрова, Р. Луканова, PLM-PCM-метод за идентифициране на азбестосъдържащи материали, *Българско списание за обществено здраве*, НЦОЗА, том 8, кн. 1, 2016, 18-29.
7. С. Димитрова, Р. Луканова, Методично указание за оценка на експозицията на азбестови влакна при премахване и ремонт на азбестови материали, *Здраве и безопасност при работа*, НЦОЗА и CIS център на МОТ, том 2, кн. 1, 2016, стр. 66-73.
8. Вангелова К., С. Димитрова, Ир. Димитрова. Национален азбестов профил на България, НЦОЗА, 2015, ISBN 978-954-8404-30-3 (български език); ISBN 978-954-8404-31-0 (английски език), в електронен вид на български език на: <http://ncphp.government.bg/pechat/129-обществено-здраве-и-здравен-риск.html>

XII. УЧАСТИЕ В НАУЧНИ ПРОЯВИ

ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИЯТА

1. Dimitrova S., Mavrodieva E., Lukanova R., Determination and Evaluation of Asbestos Materials in Buildings, p. 276-280, Ecology-Interdisciplinary Science and Practice. International Conference, Sofia, 25-26.10.2012.
2. Vangelova K., Dimitrova S., Lukanova R. Bulgarian experience in prevention of asbestos-related diseases. XX World Congress on safety and health at work. Forum of prevention. Frankfurt, Germany 23-20.08.2014.
3. Димитрова С., Мавродиева Е., Оценка на азбестовото замърсяване в райони на бивши производства и азбестсъдържащи съоръжения в страната. Симпозиум по токсикология и годишна среща на българското дружество по токсикология, София, 12.11.2016.