

## КОМПЬЮТЕРНАЯ ТОМОГРАФИЯ В ОЦЕНКЕ ДИНАМИКИ РАЗВИТИЯ ПНЕВМОКОНИОЗА

Ковалева А.С.<sup>1</sup>, Серова Н.С.<sup>2</sup>, Бухтияров И.В.<sup>1,2</sup>, Егорова Е.М.<sup>3</sup>, Семенова М.С.<sup>3</sup>

**Цель исследования.** Определить роль компьютерной томографии в диагностике развития пневмокониоза.

**Материалы и методы.** В клинике ФГБНУ «Научно-исследовательского института медицины труда» (г. Москва) и Оренбургской областной клинической больницы №2 (г. Оренбург) было обследовано 109 человек с установленным диагнозом пневмокониоза: силикоза и пневмокониоза от смешанной пыли. Пациентам проведено комплексное клинико-лабораторное исследование, исследование функции внешнего дыхания, бронхоскопия и лучевое обследование.

**Результаты.** Выявлялась дыхательная недостаточность различной степени выраженности. Сопутствующий туберкулез легких был выявлен в 11%. По данным мультиспиральной компьютерной томографии (МСКТ) органов грудной клетки определялась диссеминация и интерстициальные изменения. Очаги располагались хаотично, периферическими. На момент первичного исследования слияние очагов было в 67,5%, при исследовании в динамике – в 100%. Интерстициальные изменения характеризовались утолщением внутрималькового и междолькового интерстиция во всех отделах легких. У 19 пациентов определялись фиброзные конгломераты в верхних долях или прикорневых зонах, которые имели неоднородную структуру за счет наличия обызвествлений, некроза и иногда полостей деструкции, которые в дальнейшем замещались фиброзом. Эмфизема легких выявлялась у 84,4%. 57 пациентов наблюдались в динамике в течение 3-19 лет. У 44 пациентов имела место отрицательная динамика. Связи со стажем работы в условиях воздействия аэрозоля и профессией выявлено не было. Большое влияние оказывала дисперсность пыли и концентрация двуокиси кремния в ней. Прогрессирование процесса характеризовалось увеличением количества очагов, их размеров, слияния и формирования участков фиброза, увеличением толщины междолькового интерстиция.

**Выводы.** Пневмокониоз характеризуется неуклонным прогрессированием даже в постконтактном периоде. Нарастание фиброзных изменений приводит к эмфиземе легких и дыхательной недостаточности. Дисперсность пыли влияет на характер прогрессирования и КТ-картину.

**Ключевые слова:** пневмокониоз, динамическое наблюдение, компьютерная томография.

**Контактный автор:** Ковалева Алина Сергеевна, e-mail: kovaleva.rad@gmail.com,

Для цитирования: Ковалева А.С., Серова Н.С., Бухтияров И.В., Егорова Е.М., Семенова М.С. Компьютерная томография в оценке динамики развития пневмокониоза. REJR 2018; 8(4):95-102. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-4-95-102.

Статья получена: 17.09.18

Статья принята: 10.10.18

## COMPUTED TOMOGRAPHY IN THE DYNAMICS OF PNEUMOCONIOSIS

Kovaleva A.S.<sup>1</sup>, Serova N.S.<sup>2</sup>, Bukhtiyarov I.V.<sup>1,2</sup>, Egorova E.M.<sup>3</sup>, Semyonova M.S.<sup>3</sup>

**Purpose.** To determine the role of MSCT in the development of pneumoconiosis.

**Materials and methods.** A total of 109 patients with the pneumoconiosis: silicosis and pneumoconiosis from mixed dust were examined at the Clinical IRIOH (Moscow) and the Orenburg Regional Clinical Hospital №2 (Orenburg). Patients underwent complex clinical and laboratory research, external respiration function examination, bronchoscopy and radiation examination.

**Results.** Concomitant pulmonary tuberculosis was detected in 11%. Dissemination and interstitial changes were determined. Foci were located chaotically, perilymphatically. At the time of the initial study, the fusion of foci was 67.5%, with a dynamic study - in 100%. Interstitial changes were characterized by thickening of intra-lobular and interlobular interstitium. 19 patients had fibrous conglomerates, which were heterogeneous due to the presence of calcifications, necrosis and sometimes destruction cavities, which were later replaced by fibrotic changes. 57 patients were observed in dynamics during 3-19 years. 44 patients had a negative dynamics. There was no connection with the experience in the conditions of the impact of aerosol and profession. A great influence was exerted by the dispersion of dust and the concentration of silicon dioxide in it. Progression was characterized by an increase in the number of foci, their size, fusion and formation of fibrosis areas, an increase in the thickness of interstitium.

**Conclusions.** Pneumoconiosis has progression even in the post-contact period. The growth of fibrotic changes led to emphysema of the lungs and respiratory failure. The dust dispersion affects the character of the progression.

Keywords: pneumoconiosis, dynamic observation, computed tomography.

Corresponding author: Kovaleva A.S, e-mail: kovaleva.rad@gmail.com.

For citation: Kovaleva A.S., Serova N.S., Bukhtiyarov I.V., Egorova E.M., Semyonova M.S. Computed tomography in the dynamics of pneumoconiosis. REJR 2018; 8(4):95-102. DOI:10.21569/2222-7415-2018-8-4-95-102.

Received: 17.09.18

Accepted: 10.10.18

**П**рофессиональные заболевания, вызванные воздействием промышленных аэрозолей, продолжают занимать третье место в структуре профессиональных заболеваний и составляют 15,84% (2016 г.) [1, 5].

«Промышленная пыль» – термин общего характера, служащий для обозначения рассеянных в воздухе частиц твердого вещества, образовавшихся при различных производственных процессах на промышленных предприятиях и в сельском хозяйстве [1 -3].

Промышленные пыли представляют собой аэрозоли (от греч. *aer* – воздух, и лат. *solutio* – раствор) – сложные аэродисперсные системы, которые состоят из дисперсной среды (воздух, газ или смесь газов) и дисперсной фазы (твердые или жидкие частицы).

По повреждающему действию производственные аэрозоли можно разделить на:

- аэрозоли преимущественно фиброгенного действия (АПФД),
- аэрозоли, оказывающие преимущественно общетоксическое, раздражающее, канцерогенное, мутагенное действие, а также влияющие на репродуктивную функцию (производственные яды),
- аэрозоли биологически высокоактивных веществ: витаминов, гормонов, антибио-

тиков, веществ белковой природы.

На основании изучения фиброгенных свойств различных видов пыли выделяют три класса опасности и соответствующие предельно допустимые концентрации (ПДК) [1 - 4]:

- Первый класс – высокофиброгенные пыли, их ПДК 1-2 мг/м<sup>3</sup>. К ним относятся «чистая» двуокись кремния и аэрозоли, содержащие свыше 10% свободной двуокиси кремния или более 10% асбеста. При воздействии аэрозолей первого класса опасности развивается резко выраженный прогрессирующий пневмокониоз узелкового типа (пыль кремнезема) или выраженный диффузный и сетчатый пневмосклероз с поражением плевры (пыль асбеста).
- Второй класс – средне- или умеренно фиброгенные пыли, с ПДК 4-6 мг/м<sup>3</sup> – включает в себя аэрозоли, содержащие от 2% до 10% свободной двуокиси кремния, кремнемедистый сплав, тальк, стекловолокно, глину, апатит, цемент и другие. Аэрозоли второго класса опасности вызывают медленное развитие пневмокониоза с умеренным диффузным пневмосклерозом, с образованием клеточно-пылевых очажков и небольшим развитием коллагеновых волокон или клеточно-пылевых узелков – гранулем.

1 - Izmerov Research Institute of Occupational Health. Moscow, Russia.  
2 - I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University). Moscow, Russia.  
3 - Orenburg Regional Clinical Hospital №2. Orenburg, Russia.

- Третий класс – слабо фиброгенные пыли, с ПДК 8-10 мг/м<sup>3</sup>. К ним относятся каменный уголь, асбестобакелит (волокнит), асбесторезина, магнезит, алмазы природные и синтетические, двуокись титана, тантал и его окислы, эльбор и другие.

Одно из ведущих мест среди профессиональных заболеваний органов дыхания занимает пневмокониоз, который составляет 47,73% из числа профессиональных заболеваний органов дыхания (табл. №1, рис. 1) [1, 3, 5].

Пневмокониозы развиваются под воздействием промышленного аэрозоля, контакт с которым имеет значительная часть людей, работающих в различных отраслях промышленности: горнодобывающей, металлургической, машиностроительной, химической, в строительстве и так далее [6 - 10, 14].

Пневмокониоз, относящийся к диффузным интерстициальным заболеваниям легких (ИЗЛ), является профессиональным заболеванием, возникающим от воздействия промышленной пыли и проявляющимся хроническим диффузным пневмонитом с развитием фиброза легких, который неуклонно прогрессирует даже после прекращения контакта с пылью [1 - 4, 8 - 11].

Согласно классификации пневмокониозов (1996 г.) выделяют три группы:

1. Пневмокониозы от воздействия высоко- и умереннофиброгенной пыли (с содержанием свободного диоксида кремния более 10%) – силикоз, антракосиликоз и др.
2. Пневмокониоз от слабофиброгенной пыли (с содержанием свободного диоксида кремния менее 10% или не содержащей его) – силикатозы, карбокониозы и др.
3. Пневмокониозы от аэрозолей токсико-аллергенного действия (содержащий металлы-аллергены, пластмассы) – бериллиоз, алюминоз и др.

Прогрессирующее течение пневмокониотического процесса, развитие дыхательной недостаточности и легочного сердца приводит к ранней инвалидизации больных [1, 6, 12 - 14].

В этой связи оценка пневмокониотического процесса в динамике, а также его ранняя диагностика является одной из основных задач современной профпатологии [6, 15].

#### **Материалы и методы.**

В стационарных отделениях клиники института ФГБНУ «Научно-исследовательского института медицины труда» (г. Москва) и Оренбургской областной клинической больницы №2 (г. Оренбург) было обследовано 109 человек с установленным диагнозом пневмокониоза: силикоза и пневмокониоза от смешанной пыли.

Пациенты имели на работе контакт с кремневой пылью в чистом виде – тогда выставлялся диагноз силикоза, если контакт был с кремневой пылью с наличием примесей (боксит, пыль шликера, оксид азота, оксид углерода, оксиды металлов), тогда был установлен диагноз «пневмокониоз от смешанной пыли».

Возрастной диапазон пациентов составил от 34 до 75 лет, средний возраст обследованных – 56,2 года. Среди обследованных был 101 мужчина (92,7%) и 8 женщин (7,3%).

Были выделены две группы пациентов: работники горно-добывающей промышленности (60,6%) и занятые в металлургической и машиностроительной отраслях (39,4%). Стаж работы пациентов, занятых в добыче, варьировался от 9 до 40 лет, средний стаж составил 26,3 года. Их основными профессиями являлись: проходчик, горнорабочий очистного забоя, горный мастер, машинист буровой установки и подземный машинист ПДМ (погрузочно-доставочная машина). Работники металлургии и машиностроения до выявления пневмокониоза работали от 9 до 42 лет, средний стаж составил 26 лет. Их основными профессиями были: формовщик, обрубщик, слесарь-ремонтник и электромонтер.

Ведущими факторами производственной среды на всех производствах являлись: аэрозоль сложного состава (с содержанием оксида кремния), вибрация и производственный шум. Все пациенты подвергались воздействию аэрозоля в концентрациях, превышающих предельно допустимые от 4 до 47 раз.

Всем пациентам было проведено комплексное клиничко-лабораторное (клинический и биохимический анализ крови, иммунологический анализ с обязательным исследованием на альфа-1-антитрипсин) исследование, исследование функции внешнего дыхания, бронхоскопия и лучевое обследование.

Всем обследованным выполнялась компьютерная томография в кранио-каудальном направлении сканирования по протоколу высокого разрешения.

#### **Результаты.**

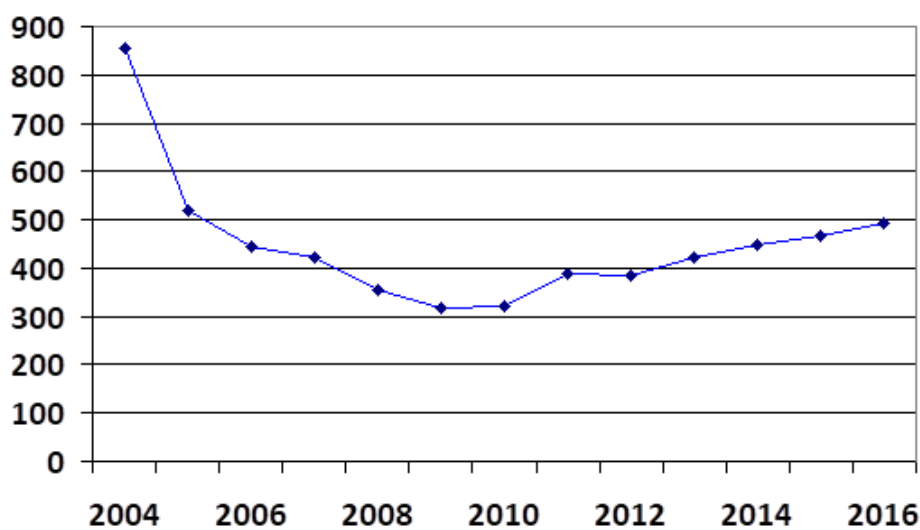
Пациенты преимущественно предъявляли жалобы на сухой кашель в 78,9% случаев и одышку в 96,3%.

У 13 пациентов при исследовании функции внешнего дыхания (с проведением бронходилатационной пробы) были выявлены обструктивные изменения. Отклонений в лабораторных данных выявлено не было.

При обследовании у пациентов в 51,4% случаев выявлялась дыхательная недостаточность (ДН) 1 степени, в 28,4% – дыхательная недостаточность 0-1 степени, у 20,2% дыхательной недостаточности выявлено не было. У единичных пациентов определялась дыхатель-

**Таблица №1. Количество выявленных случаев пневмокониоза в Российской Федерации за 2004-2016 гг.**

| Год  | Абс. | % от всех выявленных случаев профессиональных заболеваний |
|------|------|---|
| 2004 | 857  | 8,5   |
| 2005 | 520  | 6,3   |
| 2006 | 444  | 5,7   |
| 2007 | 422  | 5,5   |
| 2008 | 356  | 4,8   |
| 2009 | 319  | 3,8   |
| 2010 | 321  | 4,0   |
| 2011 | 389  | 4,4   |
| 2012 | 355  | 4,9   |
| 2013 | 422  | 5,2   |
| 2014 | 449  | 5,7   |
| 2015 | 467  | 6,4   |
| 2016 | 494  | 7,5   |



**Рис. 1 (Fig. 1)**

**Рис. 1. График.**

Динамика выявленных случаев пневмокониоза за 2004-2016 гг. в Российской Федерации (в абсолютных единицах).

**Fig. 1. Graph.**

The dynamics of detected cases of pneumoconiosis in 2004-2016 in the Russian Federation (in absolute units).



ная недостаточность 2 степени.

При проведении бронхоскопии у 83,5% был выявлен атрофический бронхит. Все пациенты обследованы в противотуберкулезном и онкологическом диспансерах. Сопутствующий туберкулез легких был выявлен у 12 пациентов: у 5 с помощью торакоскопии с частичной резекцией легкого и последующим гистологическим исследованием, у 5 пациентов – положительным диаскинтестом, у 2 – посевом мокроты. Все получали специфическую антибактериальную терапию.

После проведения МСКТ органов грудной клетки все обследованные были разделены на три группы по ведущей форме пневмокониоза: I группа (n= 40) – узелковая форма; II группа (n= 29) – интерстициальная форма; III группа (n= 40) – смешанная форма.

В первой группе КТ-картина характеризовалась диссеминацией. Разнокалиберные очаги (от 1,5 мм до 5 мм в диаметре) располагались преимущественно хаотично (47,5%), перилимфатически (37,5%) (рис. 2). Однако встречалось центрилобулярное расположение в 15% случаев. Очаги выявлялись преимущественно в верхних и средних отделах, однако в 62,5% диссеминация определялась по всем легочным полям. На момент первичного исследования слияние очагов было в 67,5%, а при динамическом исследовании – в 100%. Обызвествление затемнений встречалось в 25% случаев.

Во второй группе изменения характеризовались утолщением как внутривидолькового (в 37,9%), так и междолькового (в 93,1%) интерстиция во всех отделах легких. Довольно часто выявлялись грубые фиброзные изменения перибронховаскулярного характера в прикорневых отделах (31%) (рис. 3). Так же, как и в первой группе, встречались неоднородные обызвествления.

В третьей группе КТ-картина характеризовалась наличием очаговых и интерстициальных изменений, аналогичных первой и второй группе (рис. 4).

У 19 из 109 пациентов определялись фиброзные конгломераты в верхних долях или прикорневых зонах. В 1/4 случаев (у 5 пациентов) имели двусторонний характер. Конгломераты представляли собой участки массивного фиброза неправильной формы, неоднородной структуры за счет наличия обызвествлений, некроза и иногда полостей деструкции (в 2 случаях) (рис. 5). При динамическом наблюдении полости замещались фиброзными изменениями.

Эмфизема легких выявлялась у 84,4% из 109 пациентов. Центрилобулярная эмфизема встречалась в 55,3% случаев, парасептальная – в 49,4%. При массивном фиброзе определялась рубцовая эмфизема. Также у 39 пациентов были выявлены буллы различного размера от 13

мм до 78 мм.

Лимфоаденопатия средостения встречалась в 81,7% случаев, в половине которых структура лимфатических узлов была неоднородна за счет участков обызвествления. Обызвествления в лимфатическом узле имели преимущественно хаотичное расположение, обызвествления, характерные для пневмокониоза, по типу «скорлупок» (по периферии лимфоузла) определялись лишь в 28,4%.

Утолщения плевры определялись при выраженных формах, в 38,5% случаев, носили как локальный, так и распространенный двусторонний характер.

57 пациентов наблюдались в динамике в течение 3-19 лет. У 13 из них наблюдалось отсутствие динамики на протяжении 3 лет, во всех остальных случаях имела место отрицательная динамика. Причем никакой связи со стажем в условиях воздействия аэрозоля сложного состава и профессией выявлено не было. Однако большое влияние оказывала дисперсность пыли и концентрация двуокиси кремния в ней. Так у работников, имеющих контакт с мелкодисперсной пылью, занятых на участках дробления и размолла, на фоне классической картины пневмокониоза выявлялись множественные очаги по типу «матового стекла», «дерева в почках», на месте которых в дальнейшем определялись более плотные очаги, характерные для пневмокониотического процесса. Аналогичная динамика процесса выявлялась у 31 пациента при наблюдении в течение 7-16 лет.

В первой группе пациентов прогрессирование процесса характеризовалось увеличением количества очагов, их размеров, слияния и формирования участков фиброза.

Во второй группе нарастали фиброзные изменения за счет увеличения толщины междолькового интерстиция с формированием конгломератов.

#### **Выводы.**

Пневмокониоз – заболевание с минимальными клиническими проявлениями, а в некоторых случаях и их отсутствием. Пневмокониоз характеризуется неуклонным прогрессированием даже в постконтактном периоде, в связи с чем, у работников есть вероятность развития этого заболевания как во время работы в контакте с аэрозолями сложного состава, так и после ее завершения в течение десятков лет. Также из-за этой особенности у пациентов во время динамического наблюдения отмечалось слияние очагов с последующим формированием массивных узлов фиброза, что приводило к нарастанию эмфиземы легких и дыхательной недостаточности. Дисперсность пыли влияет на характер прогрессирования и КТ-картину: появление очагов по типу «матового стекла» с последующим их уплотнением.

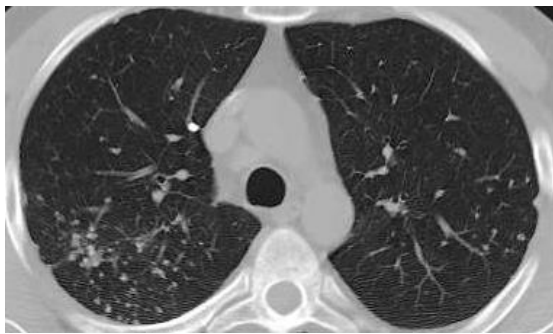


Рис. 2 (Fig. 2)

**Рис. 2. МСКТ органов грудной клетки, аксиальная плоскость.**

В обоих легких, преимущественно в верхней доле правого легкого определяются хаотично расположенные очаги в диаметре от 1,5 мм до 3 мм, сливающиеся между собой. Часть очагов с обызвествлениями. Определяются утолщения плевры и плевро-костальные спайки.

**Fig. 2. MSCT, chest, axial plane.**

In both lungs, mainly in the upper lobe of the right lung, chaotically located foci in diameter from 1.5 mm to 3 mm are identified, merging with each other. Part of foci with calcifications. The thickening of the pleura and pleura-costal adhesions are determined.

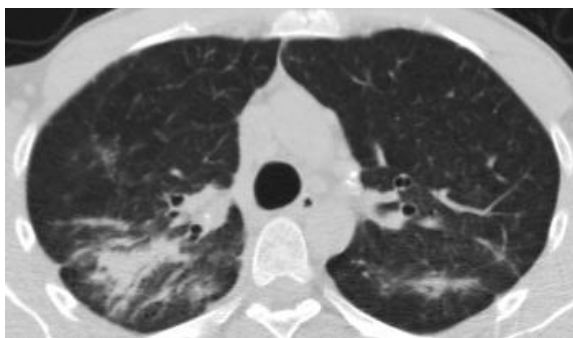


Рис. 3 (Fig. 3)

**Рис. 3. МСКТ органов грудной клетки, аксиальная плоскость.**

В правом легком определяются массивные фиброзные изменения перибронховаскулярно (перибронхиальные муфты) с наличием расширенных просветов бронхов. В левом легком – участки утолщенного междолькового интерстиция.

**Fig. 3. MSCT, chest, axial plane.**

In the right lung massive fibrotic changes peribronchovascularly with the presence of enlarged bronchial lumens are determined. In the left lung - areas of thick interlobular interstitium.

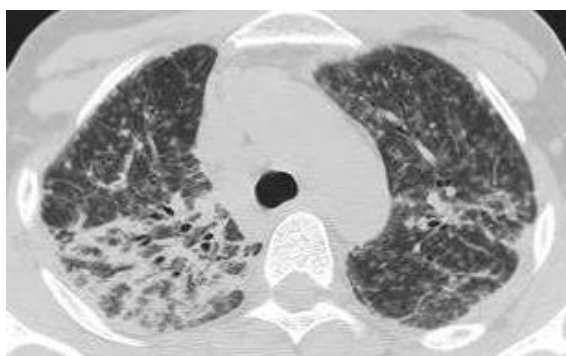


Рис. 4 (Fig. 4)

**Рис. 4. МСКТ органов грудной клетки, аксиальная плоскость.**

В обоих легких множественные хаотично расположенные очаги. В верхней доле правого легкого участки перибронхиального фиброза с расширенными просветами бронхов. В верхней доле левого легкого участки утолщения междолькового интерстиция. С двух сторон отмечается неравномерное утолщение плевры.

**Fig. 4. MSCT, chest, axial plane.**

In both lungs, multiple chaotically located foci. In the upper lobe of the right lung, parts of peribronchovascular fibrosis with enlarged lumens of the bronchi. In the upper lobe of the left lung, areas of thickening of interlobular interstitium. On both sides there is an uneven pleura's thickening.



Рис. 5 (Fig. 5)

**Рис. 5. МСКТ органов грудной клетки, аксиальная плоскость.**

В прикорневых зонах обоих легких определяются неправильной формы фиброзные конгломераты с наличием обызвествлений и участков пониженной плотности (2-10 HU).

**Fig. 5. MSCT, chest, axial plane.**

In the radical zones of both lungs, irregularly shaped fibrous conglomerates with calcifications and areas of reduced density (2-10 HU) are determined.

**Источник финансирования и конфликт интересов.**

Авторы данной статьи подтвердили отсут-

ствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

**Список литературы:**

1. Измеров Н.Ф. (ред.). *Профессиональная патология. Национальное руководство*. Москва, Гэотар-Медиа. 2011.
2. Головова Н.П., Чеботарев А.Г., Лескина А.М. *Условия труда и профессиональная заболеваемость на предприятиях горно-металлургического комплекса. Медицина труда и промышленная экология*. 2006; 12: 6-7.
3. Логвиненко И.И., Потеряева Е.А., Власов В.Г. и др. *Совершенствование системы методов клинико-рентгенологического наблюдения за работающими в условиях воздействия пылевого аэрозоля. Медицина труда и промышленная экология*. 2010; 1: 23-26.
4. Шпагина Л.А., Артамонова В.Г., Фишман Б.Б. *Пневмоко-ниозы. Классификация. Эпидемиология. Патогенез*. в кн.: Измеров Н.Ф., А.Г. Чучалин (ред.). *Профессиональные заболевания органов дыхания*. Москва, Гэотар-Медиа. 2015: 363-488.
5. *Информационный сборник статистических и аналитических материалов. О состоянии профессиональной заболеваемости в Российской Федерации в 2016 году. Под редакцией Главного врача ФГУЗ «Федеральный центр гигиены и эпидемиологии» Роспотребнадзора к.м.н. Верещagina А.И. М., Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2017. С. 8-10.*
6. Barral M., Rodriguez Castilla M., Garcia Serrano J. et al. *Silicosis: A pictorial review. ECR 2012*.
7. Castranova V., Valyathan V. *Silicosis and coal workers' pneumoconiosis. Environmental Health Perspectives*. 2000; 108: 675-684.

**References:**

1. Izmerov N.F. *Professional pathology. National leadership. Moscow, Geotar-Media, 2011 (in Russian)*.
2. Golovkova N.P., Chebotarev A.G., Leskina L.M. *Working conditions and occupational morbidity at the enterprises of the mining and metallurgical complex. Occupational medicine and industrial ecology*. 2006; 12: 6-7 (in Russian).
3. Logvinenko I.I., Poteryaeva E.L., Vlasov V.G. et al. *Improvement of the system of clinical and radiological monitoring methods for those operating under the influence of dust aerosol. Occupational medicine and industrial ecology*. 2010; 1: 23-26 (in Russian).
4. Shpagina L.A., Artamonova V.G., Fishman B.B. *Pneumoconiosis. Classification. Epidemiology. Pathogenesis. in the book: Izmerov NF, AG. Chuchalin (ed.). Professional diseases of the respiratory system. Moscow, Geotar-Media, 2015. P. 363-488 (in Russian)*.
5. *Information collection of statistical and analytical materials. On the state of occupational morbidity in the Russian Federation in 2016. Edited by the Chief Physician of the Federal Center for Hygiene and Epidemiology of the Federal Service for Supervision of Consumers' Use of Rospotrebnadzor. Vereshchagina AI – Moscow, Federal Center for Hygiene and Epidemiology of Rospotrebnadzor, 2017. P. 8-10 (in Russian)*.
6. Barral M., Rodriguez Castilla M., Garcia Serrano J. et al. *Sili-*

8. Laney A.S., Attfield M.D. *Coal workers' pneumoconiosis and progressive massive fibrosis are increasingly more prevalent among workers in small underground coal mines in the United States. Occupational and environmental medicine*. 2010; 67 (6): 428-431.
9. Lee W.J., Choi B.S. *Utility of digital radiography for the screening of pneumoconiosis as compared to analog radiography: radiation dose, image quality, and pneumoconiosis classification. Health Physics*. 2012; 103 (1): 64-69.
10. Leung C.C., Yu I.T., Chen W. *Silicosis. Lancet*. 2012; 379 (9830): 2008-2018.
11. Meijer E., Tjoe Nij E., Kraus T., van der Zee J.S. et al *Pneumoconiosis and emphysema in construction workers: results of HRCT and lung function findings. Occupational and environmental medicine*. 2011; 68 (7): 542-546.
12. Milovanović A., Nowak D., Milovanović A., Hering K.G. et al. *Silicotuberculosis and silicosis as occupational diseases: report of two cases. Srpski arhiv celokupno lekarstvo*. 2011; 139 (7-8): 536-539.
13. Rees D., Murray J. *Silica, silicosis and tuberculosis. International Journal of Tuberculosis and Lung Disease*. 2007; 11: 474-484.
14. Rosenman K.D., Reilly M.J., Gardiner J. *Results of spirometry among individuals in a silicosis registry. Journal of Occupational and Environmental Medicine*. 2010; 52 (12): 1173-1178.
15. Schaefer-Prokop C., Prokop M., Fleischman D., Herold Ch. *High-resolution CT of diffuse interstitial lung diseases: key findings in common disorders. Eur. Radiol*. 2001; 11 (3): 373-392.

cosis: A pictorial review. ECR 2012.

7. Castranova V., Valyathan V. *Silicosis and coal workers' pneumoconiosis. Environmental Health Perspectives*. 2000; 108: 675-684.
8. Laney A.S., Attfield M.D. *Coal workers' pneumoconiosis and progressive massive fibrosis are increasingly more prevalent among workers in small underground coal mines in the United States. Occupational and environmental medicine*. 2010; 67 (6): 428-431.
9. Lee W.J., Choi B.S. *Utility of digital radiography for the screening of pneumoconiosis as compared to analog radiography: radiation dose, image quality, and pneumoconiosis classification. Health Physics*. 2012; 103 (1): 64-69.
10. Leung C.C., Yu I.T., Chen W. *Silicosis. Lancet*. 2012; 379 (9830): 2008-2018.
11. Meijer E., Tjoe Nij E., Kraus T., van der Zee J.S. et al *Pneumoconiosis and emphysema in construction workers: results of HRCT and lung function findings. Occupational and environmental medicine*. 2011; 68 (7): 542-546.
12. Milovanović A., Nowak D., Milovanović A., Hering K.G. et al. *Silicotuberculosis and silicosis as occupational diseases: report of two cases. Srpski arhiv celokupno lekarstvo*. 2011; 139 (7-8): 536-539.
13. Rees D., Murray J. *Silica, silicosis and tuberculosis. Interna-*

*tional Journal of Tuberculosis and Lung Disease. 2007; 11: 474-484.*

14. Rosenman K.D., Reilly M.J., Gardiner J. Results of spirometry among individuals in a silicosis registry. *Journal of Occupational and Environmental Medicine. 2010; 52 (12): 1173-1178.*

15. Schaefer-Prokop C., Prokop M., Fleischman D., Herold Ch. High-resolution CT of diffuse interstitial lung diseases: key findings in common disorders. *Eur. Radiol. 2001; 11 (3): 373-392.*