

О ДЕЙСТВИИ МАЛЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПЫЛИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ НА ОРГАНИЗМ

Х. ЯНЕС,

кандидат медицинских наук

Результаты санитарно-гигиенических исследований, проведенных в секторе профессиональной гигиены Института экспериментальной и клинической медицины Академии наук Эстонской ССР [1, 16], показывают, что концентрация пыли горючих сланцев в воздухе подземных выработок сланцевых шахт республики сравнительно невелика и в лавах, где сосредоточена основная масса рабочих, в большинстве случаев не превышает предельно допустимой санитарной нормы, составляющей 10 мг/м^3 [11]. Так, на основании ранее опубликованных данных [14] известно, что запыленность воздуха в лавах во время бурения составляет в среднем $8,2 \text{ мг/м}^3$, во время зарубки $5,9$, во время навалотбойки $7,6 \text{ мг/м}^3$ и т. д. Столь невысокие концентрации пыли можно, по-видимому, объяснить значительной влажностью сланца (до 18%) и высокой относительной влажностью воздуха в шахтах (96—98%). Несколько повышенные концентрации пыли (в среднем $13,6$ — $20,3 \text{ мг/м}^3$) были отмечены при проходке забоев, а также при загрузке и выгрузке вагонеток.

Клинико-рентгенологические исследования подземных рабочих сланцевых шахт [4, 5] выявили сланцевый пневмокониоз, который встречается в большинстве случаев у навалотбойщиков, проходчиков, забойщиков и бурильщиков. Для иллюстрации в табл. 1 приведены данные о заболеваемости сланцевым пневмокониозом рабочих основных подземных профессий.

Как видно из таблицы, навалотбойщики составляют наиболее многочисленную группу подземных рабочих и заболеваемость сланцевым пневмокониозом у них значительна. В шахте «Кивийли» процент пораженности пневмокониозом навалотбойщиков составляет 4,8, в шахте «Кява-2» — 5,7. Для сравнения отметим, что из общего числа обследованных рабочих на шахте «Кява-2» (1141 шахтер) пневмокониоз был выявлен у 2,8% [6].

С целью выяснения возможности развития и характера сланцевого пневмокониоза В. А. Кюнг [8] исследовал патоморфологический секционный материал 25 рабочих сланцевой промышленности, 21 из которых — подземные рабочие (в основном навалотбойщики). Автор приходит к выводу, что длительное вдыхание сланцевой пыли может привести к развитию профессионального пневмокониоза [8].

В связи с установлением того факта, что малые концентрации пыли в воздухе подземных выработок могут вызывать у шахтеров пылевые

заболевания легких, неизбежно возникает целый ряд вопросов, требующих ответа. Основными из них являются следующие: во-первых, чем объяснить этот факт; во-вторых, обладает ли сама пыль такими сильными фиброгенными свойствами, что для возникновения пневмокониоза достаточно присутствия небольших концентраций ее во вдыхаемом воздухе, или здесь играют роль и другие факторы внешней среды?

Таблица 1

**Пневмокониоз у рабочих подземных профессий
(По С. М. Зальцману [6])**

Профессия	Шахта «Кивибили»		Шахта «Кява-2»	
	Число обследованных рабочих	Число больных пневмокониозом	Число обследованных рабочих	Число больных пневмокониозом
Навалоотбойщики	124	6	265	15
Забойщики	84	9	47	3
Проходчики	19	2	63	1
Крепильщики	12	—	26	2
Бурильщики	6	2	16	1
Рабочие подземного транспорта	—	—	233	2

С целью получения дополнительных данных об этиологическом значении малых концентраций пыли горючих сланцев, близких к санитарным нормам, в возникновении и развитии сланцевого пневмокониоза проведено специальное экспериментальное исследование на лабораторных животных.

Методика исследования

Опыты проводились на 20 белых крысах (10 подопытных и 10 контрольных) и 16 кроликах (8+8). Запыление подопытных животных производилось в динамической затравочной камере объемом 0,65 м³ ежедневно по 4 часа в течение от трех до восьми месяцев. Концентрация пыли горючих сланцев в воздухе затравочной пылевой камеры колебалась, по данным гравиметрического анализа, от 3 до 20 мг/м³. Кониметрические исследования счетчиком Грина показали содержание 172—380 пылинок в 1 см³ воздуха. Средние данные о степени дисперсности пыли следующие: пылинок диаметром до 1 микрона — 79%, от 1 до 5 микрон — 19% и от 5 до 10 микрон — 2%. Таким образом, запыленность воздуха в пылевой камере соответствовала запыленности воздуха подземных выработок сланцевых шахт.

Химический состав пыли, использованной в эксперименте, характеризуется следующими данными (в %): органическое вещество — 37,9; неорганическое вещество — 62,1, в том числе кварца — 5,8, K₂O·Al₂O₃·6SiO₂ — 5,9, SiO₂ в других силикатах — 5,2, Al₂O₃ — 5,6, Fe₂O₃ — 1,2, CaO — 17,0 CO₂ (минеральная) — 15,6, MnO — 0,05, K₂O — 1,6, Na₂O — 0,5, MgO — 2,6 и FeS₂ — 2,7.*

* Анализ произведен в Таллинском политехническом институте.

Результаты исследования

По сравнению с контрольными животными в поведении и общем состоянии подопытных животных во время опытов заметных отклонений не отмечалось. Также не наблюдалось особенных изменений в состоянии кожи, волосяного покрова и видимых слизистых оболочек.

Прирост среднего веса подопытных и контрольных животных показан в табл. 2 и 3.

На основании данных, приведенных в этих таблицах, можно сделать вывод, что вдыхание пыли горючих сланцев в малых концентрациях не влияло на прирост веса белых крыс и кроликов.

Вскрытие* и макроскопическое обследование животных, вдыхавших малые концентрации пыли горючих сланцев, показало, что их внутренние органы не претерпели каких-либо видимых патологических изменений.

Микроскопическое исследование легких (окраска препаратов гематоксилин-эозином и по ван Гизон) обнаружило у белых крыс следующие изменения: после 3-месячного запыления в некоторых просветах альвеол встречались единичные пылевые клетки. Единичные, рассеянно расположенные кониофаги отмечались также в межальвеолярных перегородках, в перибронхиальной и в периваскулярной ткани. На 6—8-м месяце запыления в межтоточной ткани и в лимфатических фолликулах встречалось немного больше пылевых клеток. Местами, главным образом в межальвеолярных перегородках, находились небольшие скопления кониофагов.

Такая же реакция легочной ткани на вдыхание пыли горючих сланцев в малых концентрациях наблюдалась и в легких подопытных кроликов. После 3-месячного запыления единичные пылевые клетки встречались только в некоторых просветах альвеол и бронхов, а также в межтоточной ткани. В перибронхиальных лимфатических фолликулах можно было наблюдать немногочисленные малые скопления кониофагов. После 6-месячного запыления в периваскулярной и в перибронхиальной

Таблица 2

Прирост среднего веса белых крыс

Месяц запыления	Подопытные		Контрольные	
	Вес, г	Прирост, %	Вес, г	Прирост, %
0	210	—	206	—
1	219	+ 5,2	220	+ 6,8
2	230	+ 9,5	234	+ 13,6
3	239	+ 13,8	242	+ 17,5
4	251	+ 19,5	256	+ 24,3
5	264	+ 25,7	267	+ 29,6
6	279	+ 32,6	287	+ 36,4
7	296	+ 40,9	295	+ 43,2
8	308	+ 46,7	306	+ 48,5

Таблица 3

Прирост среднего веса кроликов

Месяц запыления	Подопытные		Контрольные	
	Вес, г	Прирост, %	Вес, г	Прирост, %
0	1954	—	2010	—
1	2116	+ 8,3	2204	+ 9,6
2	2304	+ 17,9	2401	+ 19,4
3	2490	+ 27,4	2522	+ 25,5
4	2642	+ 35,2	2690	+ 33,8
5	2765	+ 41,5	2802	+ 39,4
6	2871	+ 46,9	2910	+ 44,8
7	2964	+ 51,7	3005	+ 49,5
8	3080	+ 57,6	3111	+ 54,8

* Морфологическая часть работы проведена при консультации кандидата медицинских наук В. Кюнга.

ткани пылевые клетки локализовались главным образом в лимфатической ткани. После 8-месячного запыления в редких случаях пылевые клетки составляют в альвеолах небольшие группы, обычно же они расположены единичными экземплярами. Небольшое количество рассеяно расположенных пылевых клеток отмечено и в межуточной ткани, преимущественно в межальвеолярных перегородках, где они местами расположены небольшими группами. В перибронхиальных лимфатических фолликулах также можно было наблюдать немногочисленные и небольшие скопления кониофагов.

Таким образом, на основании полученных данных можно полагать, что при длительном вдыхании небольших концентраций пыли горючих сланцев в легких подопытных животных наблюдается фагоцитарная реакция и незначительное неравномерное отложение пыли.

Сравнение данных наших наблюдений с экспериментальными данными М. К. Даля [3] о действии веймарских горючих сланцев показывает их значительное сходство. Как известно, М. К. Даль запылял кроликов в течение 6,5 месяцев при концентрации пыли 35 мг/м^3 и также не обнаружил в легких подопытных животных изменений, характерных для силикоза [3].

Действие малых концентраций горючих сланцев резко отличается от действия кварцевой пыли.

Так, А. М. Шевченко [13] показал, что наличие во вдыхаемом воздухе относительно небольших концентраций пыли кварцита ($8\text{--}10 \text{ мг/м}^3$) с высоким содержанием двуокиси кремния ($96\text{--}98\%$) обуславливает у подопытных животных развитие специфического силикотического процесса (диффузно-склеротическая форма силикоза).

Р. М. Склянская и П. П. Движков [10] запыляли кроликов маршалитом (содержащим $97,5\%$ двуокиси силиция) через день по 2 часа в течение различных сроков — от 38 дней до 10 месяцев. Концентрация пыли в пылевой камере составляла в среднем 30 мг/м^3 . Они нашли в легких подопытных животных межуточные изменения, усиливающиеся при удлинении экспозиции и характеризующиеся утолщением альвеолярных перегородок, в которых появились клетки эпителиального типа и единичные многоядерные клетки, содержащие в протоплазме мелкие пылинки. Кроме того, можно было наблюдать гиперплазию ретикуло-эндотелиальных элементов в лимфатических фолликулах вокруг сосудов и бронхов.

Из всего сказанного вытекает, что малые концентрации сланцевой пыли при вдыхании в эксперименте не обладают сильно выраженной фиброгенной активностью. Можно предполагать, что при небольшой запыленности воздуха в сланцевых шахтах в возникновении и развитии пневмокониоза у шахтеров могут иметь большое значение не выясненные еще свойства пыли горючих сланцев, а также другие неблагоприятные факторы внешней среды, роль которых в настоящее время также точно не выяснена.

Развитию пневмокониотического процесса несомненно способствуют неблагоприятные метеорологические условия (высокая влажность и низкая температура воздуха) в сланцевых шахтах, тяжелый физический труд и т. д.

Для дальнейшего выяснения затронутой проблемы необходимо изучить степень и характер электрoзаряженности сланцевой пыли, так как известно, что до 95% взвешенных в воздухе пылевых частиц могут нести электрические заряды обоих знаков [7]. Такие частицы, особенно положительно заряженные, задерживаются при вдыхании в большей сте-

пени, чем незаряженные [9]. Известно также, что процессы, при которых имеют место явления трения и которые требуют затраты больших усилий (например обрубка, бурение, механическое дробление веществ и т. п.) ведут к образованию на пылевых частицах больших, так называемых трибоэлектрических зарядов — зарядов трения [9]. Это указывает на большую заряженность свежесформированной пыли в условиях производства.

В литературе имеются данные, что молекулы газов могут адсорбироваться на пылевых частицах. Так, Н. А. Вигдорчик [2] указывает на адсорбированные пылинками газы как на косвенное обстоятельство, способствующее возникновению силикоза. Это предположение требует проверки и со сланцевой пылью, так как известно, что шахтный воздух временами загрязняется взрывными газами [1].

И, наконец, необходимо учесть результаты многолетней работы Е. В. Хухриной [12], показавшей, что для подробной гигиенической характеристики пылевого фактора необходимо учитывать и массу каждой фракции пыли.

Решение названных гигиенических вопросов даст возможность более рационально и эффективно организовать борьбу со сланцевой пылью. Но уже в настоящее время нельзя не согласиться с мнением В. А. Кюнга [8] о том, что существующая для пыли горючих сланцев предельно допустимая санитарная норма (10 мг/м^3) является завышенной и требует пересмотра. Это же мнение высказано нами и в ранее опубликованной работе [15].

Выводы

1. Длительное вдыхание малых концентраций пыли горючих сланцев, не нарушая заметно общего состояния подопытных животных, вызывает в легких белых крыс и кроликов фагоцитарную реакцию и незначительное неравномерное отложение пыли. Эти изменения выражены значительно слабее, чем описанные в литературе ранние изменения, наблюдаемые при экспериментальном силикозе.

2. На основании исследований, проведенных для изучения действия пыли горючих сланцев на организм, можно предполагать, что в возникновении и развитии пневмокониоза у шатеров сланцевых шахт, кроме действия самой пыли, известное значение имеют и другие неблагоприятные факторы внешней среды, роль которых в настоящее время точно не выяснена.

3. В дальнейшем необходимо расширять и углублять исследования различных свойств пыли горючих сланцев и влияния ее на организм в комплексе с другими факторами, что даст возможность более рационально и эффективно бороться со сланцевым пневмокониозом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аккерберг И. И., Видоменко А. Н., Юргенсон И. А., Янес Х. Я., Гигиеническая оценка условий труда на шахте «Кява-2» комбината «Эстонсланец». Сб. «Вопросы гигиены труда в сланцевой промышленности Эстонской ССР», II. Таллин, 1955, стр. 61—85.
2. Вигдорчик Н. А., Учение о силикозе, Медгиз, 1954.
3. Даль М. К., Влияние пыли горючих сланцев на организм опытных животных. Казанский мед. ж., 1935, № 5, стр. 640—647.

4. Зальцман С. М., Состояние органов грудной клетки у рабочих сланцевых шахт на основании клинико-рентгенологических исследований. Сб. «Вопросы гигиены труда в сланцевой промышленности Эстонской ССР», II. Таллин, 1955, стр. 129—141.
5. Зальцман С. М., Пневмокозиоз у рабочих сланцевой промышленности. Изв. АН ЭССР. Сер. биол., 1957, т. VI, № 1, стр. 61—70.
6. Зальцман С. М., Пневмокозиоз у рабочих сланцевой промышленности. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук, Тартуск. гос. университет. Таллин, 1957.
7. Косенко А. И., Об ультрамикроскопическом методе определения электрозаряженности и концентрации микроскопических частиц промышленной пыли. Сб. «Борьба с силикозом», I, Изд. АН СССР, М., 1953, стр. 180—185.
8. Кюнг В. А., Сланцевый пневмокозиоз. Изд. АН ЭССР, Таллин, 1959.
9. Лифшиц И. И., Влияние электрозаряженности пылевых частиц на задержку их в дыхательных путях. Гос. н.-и. ин-тут гигиены труда и профзаболеваний, Труды юбилейной научной сессии, посвященной 30-летней деятельности института 1924—1954. Л., 1957, стр. 316—320.
10. Склянская Р. М., Движков П. П., О начальных изменениях в легких при экспериментальном силикозе. Бюл. эксперим. биол. и мед., 1957, № 7, стр. 67—71.
11. Смелянский З. Б., Уланова И. П., Новые нормативы допустимого содержания токсических газов, паров и пыли в воздухе рабочих помещений. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1959, № 5, стр. 7—15.
12. Хухрина Е. В., Методы гигиенического изучения производственной пыли. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора медицинских наук, АМН СССР, М., 1957.
13. Шевченко А. М., О влиянии небольших концентраций пыли кварцита на организм животных. Кн. «Симпозиум по проблеме пневмокозиозов 20—25 мая 1957 г. Тезисы докладов». М., 1957, стр. 27—28.
14. Янес Х. Я., Материалы к гигиенической оценке пыли горючих сланцев. Гигиена труда и профессиональные заболевания, 1957, № 3, стр. 20—23.
15. Янес Х. Я., Материалы к гигиенической оценке пыли горючих сланцев. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата медицинских наук, АМН СССР, М., 1959.
16. Jänes, H., Mõnede Eesti NSV põlevkivibasseini ettevõtete õhu tolmususe hügieeniline iseloomustus. ENSV TA Toimet., 1955, № 3, стр. 481—487.

*Институт экспериментальной и клинической медицины
Академии наук Эстонской ССР*

Поступила в редакцию
26. I 1960

VÄIKESTE PÕLEVKIVITOLMU KONTSENTRATSIOONIDE MÕJUST ORGANISMILE

H. Jänes,
meditsiinikandidaat

Resüme

ENSV TA Eksperimentaalse ja Kliinilise Meditsiini Instituudis läbi viidud sanitaar-hügieeniliste, kliinilis-röntgenoloogiliste ja patoloogilis-morfoloogiliste uurimiste tulemused näitavad, et põlevkivikaevuritel, kes töötavad isegi suhteliselt vähesel tolmuga õhus (tolmukontsentratsioon keskmiselt 5,9—20,3 mg/m³), võib areneda põlevkivipneumokoziios.

Väikeste põlevkivitolmu kontsentratsioonide fibrogeensete omaduste lähemaks uurimiseks tehtud katsed valgete rottidega ja küülikutega näitasid, et tolmu inhaleerimine 3—8 kuu vältel kontsentratsioonides 3—20 mg/m³ (sanitaarne piirkontsentratsioon 10 mg/m³) tekitab nende kopsudes fagotsütaarse reaktsiooni ning põhjustab vähesel määral tolmu eabühtlast ladestumist, kuid ei häiri märgatavalt katseloomade üldseisundit. Kirjanduse andmetel on meie katsedega analoogilistes tingimustes tekitatud eksperimendilise silikoosi puhused kopsumuutused märksa tugevamini välja kujunenud kui meie katsetes.

Peale tolmu avaldavad põlevkivikaevuritele mõju ka teised ebasoodsad väliskesk-konna tegurid, mis võivad soodustada pneumokoziiosi teket ja arengut, nagu madal õhu-temperatuur ja kõrge niiskusesisaldus, raske kehaline töö jne.

Küllaltki olulist osa võivad pneumokonioosi tekkimisel ja arenemisel etendada nähtavasti ka mõningad põlevkivitolmu seni väljaselgitamata omadused, nagu tolmuühemete elektrilaeng, nendele adsorbeerunud kahjulikkude gaaside molekulide hulk ja toime, üksikute tolmufraktsioonide kaal jne.

Töö jätkamisel on edaspidi vaja üksikasjalisemalt uurida ülalnimetatud tolmuomadusi ja tolmu ning teiste väliskeskkonna tegurite kompleksset toimet. Need andmed võimaldavad põlevkivikaevandustes senisest otstarbekamalt võidelda kopsutolmustustõve (pneumokonioosi) vastu.

*Eesti NSV Teaduste Akadeemia
Eksperimentaalse ja Kliinilise Meditsiini Instituut*

Saabus toimetusse
26. I 1960

UBER DIE WIRKUNG SCHWACHER KONZENTRATIONEN VON BRENNSCHIEFERSTAUB AUF DEN ORGANISMUS

H. Jänes

Zusammenfassung

Im Institut für experimentelle und klinische Medizin der Akademie der Wissenschaften der ESSR durchgeführte sanitär-hygienische, klinisch-röntgenologische und pathologisch-morphologische Untersuchungen haben erwiesen, dass die Brennschiefergrubenarbeiter, selbst wenn sie in relativ wenig verstaubter Luft arbeiten (bei durchschnittlicher Staubkonzentration von 5,9–20,3 mg/m³), an Brennschiefer-Pneumokoniose erkranken können.

Zwecks Untersuchung der fibrogenen Eigenschaften schwacher Konzentrationen von Brennschieferstaub wurden Versuche an weissen Ratten und an Kaninchen vorgenommen. Es zeigte sich, dass die Inhalation des Staubes zu 3–20 mg/m³ (sanitäre Grenzkonzentration 10 mg/m³) im Laufe von 3–8 Monaten in den Lungen der Versuchstiere eine phagozytäre Reaktion hervorruft und in geringerem Masse eine unregelmässige Ablagerung des Staubes verursacht, ohne aber den allgemeinen Zustand der Tiere merklich zu beeinflussen. Laut Literaturangaben gestalteten sich die Veränderungen der Lunge bei experimenteller Silikose viel markanter als in unseren Versuchen, obgleich die Bedingungen analog waren.

Ausser dem Staub unterliegen die Brennschiefergrubenarbeiter auch anderen schädlichen Einwirkungen des Aussenmilieus, welche die Pneumokoniose hervorrufen und verschärfen können: so z. B. der niedrigen Temperatur und dem hohen Feuchtigkeitsgehalt der Luft bei schwerer körperlicher Arbeit usw.

Bei der Entstehung und Entwicklung der Pneumokoniose können wohl auch einige ungeklärte Eigenschaften des Brennschieferstaubes eine wichtige Rolle spielen, so die elektrische Ladung der Staubteilchen, die Menge und Wirkung der ihnen anhaftenden Moleküle schädlicher Gase, das Gewicht der einzelnen Staubfraktionen usw.

Im weiteren Verlauf der Arbeit sollten die genannten Eigenschaften des Staubes und die komplexe Einwirkung aller Faktoren des Aussenmilieus eingehend untersucht werden, wodurch eine effektivere Bekämpfung der Pneumokoniose in den Brennschiefergruben möglich gemacht werden würde.

*Institut für experimentelle und klinische Medizin
der Akademie der Wissenschaften der Estnischen SSR*

Eingegangen
am 26. Jan. 1960