

Янин Е.П. Тальк в окружающей среде (эколого-гигиенические аспекты практического использования) // Экологическая экспертиза, 2004, № 4, с. 20-25.

Триоктаэдрический слоистый силикатный минерал - тальк $Mg_6[Si_8O_{20}](OH)_4$ - главная составляющая пород, известных как тальковый камень и стеатит. В структурном отношении он подобен пиррофиллиту и отличается от последнего лишь наличием в октаэдрических положениях сложных слоев магния вместо алюминия, а также отсутствием незанятых структурных положений. Кристаллическая решетка талька сложена пакетами толщиной 0,66 нм, в каждый пакет входят два тетраэдрических слоя SiO_2 , между которыми находится бруситовый слой с октаэдрической координацией магния [3]. Базальные трехслойные пакеты, отстоящие друг от друга на 0,8 нм, связаны между собой слабыми силами Ван-дер-Ваальса, чем объясняется весьма совершенная спайность талька по базальной плоскости, гибкость чешуек и его чрезвычайно низкая твердость - тальк принят в качестве эталона твердости, равного 1, по шкале Мооса. Почти во всех своих формах тальк жирен на ощупь и обладает перламутровым блеском. Цвет талька преимущественно белый, серовато-белый, бледно-зеленый (для крупнолистовых масс), однако в зависимости от наличия примесей изоморфных химических элементов или окрашенных механических частиц он может быть также зеленым, желто-оранжевым, красным и черным; тонкие листочки талька, гибкие, но не упругие, прозрачны или просвечивают; блеск его стеклянный с перламутровым отливом [1]. Удельный вес талька 2,7-2,8. Он плохой проводник тепла и электричества, огнеупорен. Тальковый камень не плавится до температуры 1300-1400 °С.

Типичный химический состав талька: MgO - 31,7%, SiO_2 - 63,5%, H_2O - 4,8%. Обычно часть MgO замещена FeO (до 2-5%); часто присутствует Al_2O_3 (до 2%), изредка NiO (до десятых долей процента) и другие химические элементы [1]. Сравнительно небольшие количества кальция и щелочей могут замещать магний, но вероятнее, что они присутствуют в тальке в виде межслойных ионов или в качестве механических примесей [3]. Имеющиеся данные показывают, что региональные колебания химического состава талька невелики [1, 3, 5, 6, 10].

В природе тальк обычно встречается в сплошных листоватых и волокнистых агрегатах или в зернистых звездчатых скоплениях, реже формирует таблитчатые кристаллы [3]. Весьма характерны листоватые, чешуйчатые, часто плотные массы, называемые жировиком, стеатитом, мыльным или горочным камнем. Тальк редко образует чистые минеральные агрегаты. Как правило, вместе с ним обычно присутствуют другие магниевые силикаты, карбонаты, кварц и др. [6, 10]. Природные скопления талька в зависимости от количественного соотношения в них собственно талька и других минералов принято делить на талькиты (содер-

жат не менее 75% талька, обычно 80-90%) и тальковые камни (менее 75% талька). Последние различны по минеральному составу. Наиболее распространены тальк-брейнеритовые (магнетитовые), тальк-хлоритовые, актинолит-тальковые и тремолит-тальковые камни. Сырье, содержащее больше 25% примесей и по меньшей мере 35% талька, называют мыльным камнем. По химическому составу среди тальковых руд выделяют железистые и маложелезистые разновидности. С практической точки зрения качество талька ухудшают практически все железосодержащие минералы, а также примеси оксидов марганца. Маложелезистые тальковые руды (содержащие менее 1% железа) являются наиболее качественным тальковым сырьем. Тальковые руды добывают более чем в 40 странах мира, как правило, открытым способом. Учет добычи талька обычно осуществляют совместно с пирофиллитом. Например, в 1987 г. мировое производство этих минералов превышало 7 млн. т. В последние годы возрастает значение тальковых руд высшей чистоты в связи с использованием талька в керамике, лакокрасочном производстве, при изготовлении бумаги и пластмасс. В России в г. Миассе функционирует Миасский тальковый комбинат.

Тальк, особенно молотый, используется во многих отраслях промышленности, число которых на протяжении 20 столетия непрерывно росло [2, 4-6, 10]. В существенной мере это обусловлено тем, что он обладает многими благоприятными свойствами, например, низкой твердостью, чистым белым цветом, мягкостью пудры, значительной покрывающей способностью, высокой точкой плавления, химической инертностью, низкой электропроводностью, высокой абсорбционной способностью по отношению к жирам, краскам, маслам и смолам, а также очень низкой гигроскопичностью. Стеатит в прошлые годы широко использовался для производства горелок, а шарики из обожженного стеатита служили боезапасом для ружей. Месторождение стеатита Гёпферсгрюн близ Вунзиделя в горах Фихтель (ФРГ) разрабатывается с 1724 г.

Массивные разности тальковых камней иногда распиливают и получают кирпич, плиты и другие химически стойкие изделия. Например, кирпичи, сделанные из мыльного камня, использованы при строительстве церкви в г. Хельсинки. Тальково-хлоритные и тальково-магнезиальные руды используются в качестве огнеупорных мертелей. Обычно огнеупорный кирпич для металлургических, стеклоплавильных и цементных печей режут прямо в карьерах из мыльного камня. Особенно огнеупорны тальковые камни, богатые примесью магнезита (используются для футеровки металлургических печей, топок паровозов и др.). Из молотых тальковых камней с помощью флотационного обогащения получают чистый тальковый продукт. Молотый тальк (как наполнитель) применяется в керамической, химической, бумажной, лакокрасочной, резиновой, кабельной, парфюмерной и других отраслях промышленности. В текстильной промышленности он используется для импрегнации тканей и для проклейки их

совместно с крахмалом. Как средство от слипания поверхностей тальк находит применение в листопрокатном и нитяном производстве, в качестве твердого смазочного вещества, а как наполнитель входит в состав кровельных и гидроизоляционных мастик. Особо чистый тальк идет для изготовления таких предметов туалета, как мыло, зубная паста, пудра, румяна. Например, в косметической пудре может содержаться до 25-35% талька. Он также применяется в качестве наполняющего порошка в жевательной резинке, в рисовых палочках, как агент, уменьшающий липкость готовых пищевых изделий. Тальк высокой чистоты используется в медицине и фармацевтической промышленности (адсорбирующая присыпка и др.). В резиновой промышленности тальк применяется в производстве изолирующих труб для электролиний и в вулканизации, в химической - благодаря его большой удельной поверхности - как катализатор. Природный минерал стеатит используется в производстве газовых горелок, для изготовления мелков, рисующих на тканях, металлах и пластмассах. Тальк входит в состав аминопластов и волоконитов; его добавляют в электроизоляционные кремнийорганические лаки, в некоторые масляные краски, полиакриловые лаки; в свое время он широко применялся для изготовления огнезащитных и светопорных красок. Хорошие адсорбционные свойства этого минерала предопределили его применение для белины хлопка, вывода жирных пятен, для изготовления водосточных труб и др.

Молотый тальк (в смеси со слюдяными частицами) используется как диэлектрик в кабельной промышленности и в производстве электрокерамики (изоляторов). Обычно электроизоляционные изделия изготавливают из тальк-лейтенбергитового сланца (они выдерживают напряжение 500 В). Высокосортный тальк для электрокерамики содержит меньше 0,7% Fe_2O_3 , а после обжига в нем отсутствует кристобалит, а есть лишь метатальк, т. е. модификация $MgSiO_3$. Этот продукт называют в технике «стеатитом». Сопротивление технического стеатита увеличивается при добавке циркона. Технический стеатит широко используется для производства керамики с повышенной устойчивостью к растрескиванию, глазурей, кровельных и огнеупорных материалов, химически стойкой аппаратуры и тиглей для плавления цветных металлов и их сплавов, приборных досок с увеличенной механической прочностью, изоляторов высокого и низкого напряжения, высокочастотных изоляторов для радиоэлектронной аппаратуры, деталей радиолокаторов, пудры для маскировочного покрытия военных судов и автомобилей, а в резиновой промышленности - как наполнитель и опудривающий агент, предохраняющий от слипания. Известны опытные разработки по производству бумажной массы из смешанной конторской макулатуры, в которых для обесцвечивания последней используется тальк фирмы Luzenc America, позволивший обеспечить оптимальные условия флотации макулатурной массы и, соответственно, высокую степень удаления печатной краски [16]. Наконец, в так называемых дустах - тонко измельченных механических смесях действующего вещества

пестицида с инертным наполнителем - в качестве последнего в свое время очень широко использовался тальк, который особенно хорошо прилипает к растениям [8]. В последние годы производство и использование дутов в сельском хозяйстве резко сокращаются, что связано главным образом с возможностью загрязнения ими окружающей среды.

В России предельно допустимая концентрация для талька и талькопородной пыли (разновидностей природной смеси талька с тремолитом, актинолитом, антофиллитом, серпентинитом, хлоритом, магнезитом и др.), содержащей до 10% свободной SiO_2 , в воздухе рабочей зоны установлена на уровне 4 мг/м^3 ; класс опасности 4 [9]. Кроме того, в нашей стране тальк, содержащий асбестовые волокна, отнесен к канцерогенным веществам [7]. Следует отметить, что присутствие волокон асбеста в коммерческом тальке, в силу различных причин, достаточно частое явление. Так, анализ различных проб талька, ввозимого в свое время в Чехословакию, показал, что в большинстве случаев в нем содержался актинолит-асбест и тремолит-асбест [13]. По другим данным, тальк, использовавшийся в косметике и фармацевтике, содержал до 30% волокнистых частиц (от общего числа примесей), причем примерно до 90% волокнистой фракции составлял асбест (хризотил, тремолит, антофиллит) [18]. Естественно, что по степени гигиенической опасности тальк существенно уступает асбесту [13, 15]. Тем не менее достаточно широкое практическое использование талька, особенно в молотом виде, в различных отраслях промышленности и хозяйства создает определенные гигиенические проблемы, главным образом, в профессиональной сфере.

Установлено, что хроническое воздействие повышенных доз различных видов тальковой пыли вызывает у животных и людей развитие диффузно-склеротической формы пневмокониоза - талькоза [2]. Пневмокониоз от чистого талька при его добыче и применении на практике в большинстве случаев развивается у рабочих не ранее, чем через 10 лет работы. Обычно течение заболевания медленное. Типичные жалобы: одышка при физическом напряжении, боли непостоянного характера в области грудной клетки, кашель, большей частью сухой или с небольшим количеством мокроты. Отмечается похудание. При перкуссии определяется коробочный оттенок звука в нижнебоковых отделах грудной клетки. При рентгенологическом исследовании тальковый пневмокониоз характеризуется мелкосетчатым рисунком легких и немногочисленными, едва видимыми невооруженным глазом пятнистыми тенями, равномерно усеивающими легкие; корни несколько расширены, структура их сглажена [12]. Клинико-рентгенологические проявления талькового пневмокониоза могут быть и более тяжелыми. Так, у рабочих, занятых добычей талька и первичной обработкой его руды, могут возникать диффузные фиброзные изменения в легких, которые рентгенологически напоминают картину силикоза I и даже II степени.

В настоящее время установлено, что талькоз чаще всего протекает как относительно доброкачественный силикатоз. В частности, он характеризуется очень редким переходом в стадии II и III, а также не менее редким туберкулезным осложнением даже на тех предприятиях, где в прошлом далеко зашедшие и осложненные формы талькоза у рабочих встречались чаще [2]. На ранних стадиях талькоза функциональные нарушения со стороны респираторной и сердечно-сосудистой систем выражены слабее, чем при той же степени асбестоза. Считается, что случаи острого талькоза, развивающегося у лиц со стажем работы на тальковых предприятиях 1-5 лет, вероятнее всего обусловлены воздействием высоких концентраций пыли. Это же объясняет бытовавший взгляд на талькоз как заболевание, по тяжести, прогрессирующему течению и склонности к туберкулезному осложнению близкое к асбестозу. В то же время заболевания острым талькозом не удалось связать с какими-либо качественными особенностями пыли, в частности с примесью кварца или волокнистых частиц. Есть сведения, что тальк даже более фиброгенен, нежели тремолит-асбест, неасбестоформный тремолит, антофиллит, серпентинит, хлорит и магнезит. Например, в смеси с тремолитом или тремолит-асбестом фиброгенность талька снижается. В тальке, который используется в качестве наполнителя при производстве полипропилена, были отмечены высокие концентрации хрома (355 мг/кг) и кобальта (95 мг/кг) [14], что, безусловно, увеличивает гигиеническую опасность тальковой пыли.

В условиях профессионального воздействия нередко к тальковому пневмокониозу, развитого у рабочих, присоединяется туберкулез легких и возникает талькотуберкулез, течение которого обычно хроническое. Прибавление к тальку некоторых веществ, как, например, каолина, цинковых белил, мела и др., что, в частности, имеет место при изготовлении косметической пудры, обуславливает у людей более быстрое возникновение и течение заболеваний с нарастанием явлений сердечно-легочной недостаточности [12]. Рентгенологическое исследование больных с пневмокониозом от вдыхания косметической пудры показывает довольно пеструю картину изменений - от начальных до резко выраженных, соответствующих II и III стадиям и даже узловой форме пневмокониоза. Французскими исследователями изучено влияние тальковой пыли на состояние здоровья дыхательных путей рабочих одной из фабрик [20]. В ходе этого исследования 166 работников заполнили специальные анкеты и подверглись спирометрическим обследованиям и радиографическим исследованиям грудной клетки (в 1987 и 1992 гг.). Пробы воздуха для полуколичественной оценки воздействия тальковой пыли отбирались на рабочих местах систематически, начиная с 1986 г. (всего исследовано 1440 проб). Среднее (геометрическое) содержание пыли в воздухе рабочей зоны определено в $1,87 \text{ мг/м}^3$ (при размахе значений $0,5-50 \text{ мг/м}^3$), а суммарный эффект воздействия пыли для 41 человека превышал 150 мг/м^3 . После введения коррекции на курение спирометрические ис-

следования выявили линейную зависимость между ростом воздействия пыли и снижением объема форсированного выдоха и усилием одышки. Авторы установили, что увеличение количества мелких затемнений в легких, выявляемых путем рентгенографических исследований, оказалось в большей мере связанным с возрастом пациентов и с курением, чем с воздействием тальковой пыли.

На тальковых предприятиях существует повышенный риск заболевания раком легких и желудка, а также ряда других локализаций [2]. Существует предположение о связи высокого уровня смертности от рака желудка в Японии с потреблением в пищу риса, полируемого с помощью тремолитсодержащего талька. Тем не менее, даже при весьма высоких уровнях запыленности этот риск существенно ниже, чем на асбестовых предприятиях (при заметно меньших концентрациях пыли). Поэтому на заводах, где в технологическом процессе используется тальк (особенно в незначительных масштабах), вряд ли можно ожидать высокой опасности воздействия этого минерала на человека. По-видимому, соблюдение общепринятых мер профилактики и индивидуальной защиты и особенно снижение запыленности позволит резко снизить потенциальное негативное воздействие этого силиката на людей. Так, М. Kleinfeld (1973) при повторном изучении предприятия, перерабатывающего тремолитовый тальк, нашел, что после существенного снижения запыленности онкологическая опасность практически исчезла [2].

Особенности распределения и поведения талька в окружающей среде, поступающего из антропогенных источников, изучено в существенно меньшей мере, нежели его воздействие на людей в условиях промышленного производства. Как уже отмечалось, тальк в качестве наполнителя входит в состав дустов (порошкообразных пестицидов), которые в свое время применялись на значительных территориях во многих странах. Содержание действующего вещества в дусте обычно составляет 1-10%, а остальное приходится на инертный наполнитель. В летнее время содержащийся в пестицидах тальк легко выдувался ветром и переносился на огромные расстояния, тем более что оптимальные размеры частиц дуста при наземных обработках составляют 15-25 мкм, при авиационных 25-50 мкм [8]. Можно предположить, что таким способом в окружающей среде были рассеяны значительные количества тонкоизмельченного талька. В частности, тальк в настоящее время широко распространен в золовой пыли в атмосфере над океанами. В атмосфере над Индийским океаном выявлена хорошо выраженная тенденция приуроченности этого минерала к Австралии, в пределах которой широко применялись пестициды-дусты, содержащие тальк, что, как считают многие исследователи [11, 17, 19, 21], и является главным источником этого минерала в атмосфере над Индийским океаном.

Таким образом, тальк, особенно в молотом виде, находит относительно широкое применение в различных отраслях промышленности и сферах человеческой деятельности. Опас-

ность хронического воздействия повышенных доз различных видов тальковой пыли должна учитываться на соответствующих заводах и предприятиях, где этот минерал используется в технологическом процессе. Соблюдение общепринятых мер профилактики и индивидуальной защиты наряду со снижением общей запыленности в рабочих помещениях существенно снижает потенциальное воздействие этого силиката на людей. Экологические последствия повышенной поставки тонкоизмельченного талька в окружающую среду, особенно в составе пестицидов, изучены недостаточно полно. Тем не менее в настоящее время тальк является типичным «техногенным» компонентом, входящим в состав атмосферной пыли и получившим глобальное распространение.

Литература

1. Бетехтин А.Г. Курс минералогии. - М.: Госгеолтехиздат, 1956. - 558 с.
2. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV группы: Справ. изд. - Л.: Химия, 1988. - 512 с.
3. Дир У.А., Хауи Р.А., Зусман Дж. Породообразующие минералы: Т. 3: Пер. с англ. - М.: Мир, 1966. - 317 с.
4. Исламкулова С.Х. Кровельные материалы для строительства и ремонта индивидуальных домов. - М.: Стройиздат, 1992. - 112 с.
5. Кужварт М. Неметаллические полезные ископаемые: Пер. с англ. - М.: Мир, 1986. - 472 с.
6. Неметаллические полезные ископаемые СССР. Справочное пособие. - М.: Недра, 1984. - 407 с.
7. Перечень веществ, продуктов, производственных процессов, бытовых и природных факторов, канцерогенных для человека: Гигиенические нормативы. - М.: Информационно-издательский центр Госкомсанэпиднадзора России, 1995. - 17 с.
8. Пестициды: Справочник. - М.: Агропромиздат, 1992. - 368 с.
9. Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны: Гигиенические нормативы. - М.: Российский регистр потенциально опасных химических и биологических веществ Минздрава России, 1998. - 208 с.
10. Романович И.Ф. Тальк. - М.: Наука, 1974. - 75 с.
11. Серова В.В. Минералогия эоловой и водной взвеси Индийского океана. - М.: Наука, 1988. - 176 с.
12. Справочник по профессиональной патологии. - Л.: Медицина, 1981. - 376 с.
13. Шимечек Я., Штохл В. Волокнистая пыль в воздухе производственных помещений: Пер. с чеш. - М.: Стройиздат, 1990. - 194 с.

14. Язиков Е.Г., Грязнов С.А. Геохимическая оценка почвенного покрова в районе Томского нефтехимического комбината // Актул. вопросы геол. и геогр. Сибири: Мат-лы науч. конф., посвящ. 120-летию основания Томского гос. ун-та, Томск, 1-4 апреля, 1998. - Томск, 1988, с. 304-305.
15. Янин Е.П. Асбест в окружающей среде (Введение в экологическое асбестоведение). - М.: ИМГРЭ, 1997. - 176 с.
16. Chi R., Xu Z., DiFeo T. et al. Measurement of interaction forces between talc and toner particles // J. Pulp. and Pap. Sci., 2001, 27, № 5, p. 152-157.
17. Goldberg E.D. Atmospheric dust, the sedimentary cycle and man // Earth Sci. Geophys., 1971, 1, p. 117-132.
18. Paoletti L., Caizza S., Donelli G. et al. Evaluation by electron microscopy techniques of asbestos contamination in industrial, cosmetic, and pharmaceutical talcs // Regul. Toxicol. and Pharmacol., 1984, 4, № 3, p. 222-235.
19. Risebrough R.W., Huggett K.J., Griffin J.J., Goldberg E.D. Pesticides: transatlantic movement in the north east trades // Science, 1968, 159, p. 1233-1236.
20. Wild P., Refregler M., Auburtin G. et al. Survey of the respiratory health of the workers of a talc producing factory // Occup. and Environ. Med., 1995, 52, № 7, p. 470-477.
21. Windom H.L., Griffin J.J., Goldberg E.D. Talc in atmospheric dusts // J. Environ. Sci. Technol., 1967, 1, p. 923-926.