

## СИЛИКОЗОПАСНОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД И РУДНИЧНОЙ ПЫЛИ В КУЗБАССЕ

Х. А. БАЕВ

Проблема силикоза представляет, несомненно, одну из наиболее важных и вместе с тем трудных научных и практических проблем охраны здоровья трудящихся горно-промышленных предприятий. По ряду бассейнов заболевание силикозом наблюдается у работающих в забоях угольных шахт. Проходка породных выработок, строительство новых шахт в угольных районах Донбасса, Урала и других, судя по медицинским данным, сопровождаются значительной опасностью заболевания силикозом. Объясняется это тем, что забои проходятся через породы, содержащие свободную двуокись кремния.

Представление о силикозе как о профессиональном заболевании уходит своими корнями в глубокую древность. Новые технические приемы подземных разработок, в частности, введение пневматического бурения, в условиях капиталистического строя вызвали массовые заболевания среди горняков. Так, например, только среди шахтеров Южного Уэльса насчитывалось в 1947 г. 10500 больных силикозом. Число больных силикозом горнорабочих Рура, выявленных при медицинском осмотре в 1949 году, превысило 20000 человек. Среди горнорабочих, осмотренных впервые, больных силикозом на разных стадиях оказалось 56,6%, среди осмотренных повторно количество больных возросло до 87,15%. В последнее время в Руре ежегодно умирали от силикоза более 1000 человек, что в 5 раз превышает ежегодное число погибших от всех видов производственного травматизма [4].

Длительное пренебрежение к вопросам борьбы с пылью, а также голод и нищета, усилившиеся в результате хозяйничания американцев в этом крупнейшем каменноугольном бассейне Западной Европы, создали особенно благоприятные условия для массового развития силикоза. Смертность от силикоза растет также в США, Англии, Франции [1].

В Советском Союзе благодаря неустанной заботе Коммунистической партии и Советского правительства о здоровье и благосостоянии советских людей достигнуты значительные успехи в предупреждении и снижении заболеваемости силикозом.

На основании приказа Министра за № 132 от 23-го февраля 1952 г. начаты работы по изучению силикозоопасности горных пород угольных бассейнов в масштабе всей страны. Этим же постановлением в 1953 году были начаты работы по исследованию силикозоопасности горных пород Кузнецкого бассейна.

Согласно директивному указанию Министерства № Д-176 от 23 февраля 1953 г. горные породы являются силикозоопасными, если они

содержат свыше 10% свободной двуокиси кремния. При этом было рекомендовано руководствоваться «Временной инструкцией», составленной покойным академиком Д. С. Белянкиным и одобренной комиссией при Академии наук СССР по борьбе с силикозом, согласно которой предусматривалось содержание свободной двуокиси кремния определять петрографическим методом в тонких шлифах под микроскопом, либо в порошке иммерсионным методом.

Однако, как показал опыт работ, исследование содержания свободной двуокиси кремния в тонких шлифах нельзя применить для исследования всех горных пород; для наиболее тонких разновидностей метод оказался вообще неприемлемым. Поэтому петрографической лабораторией треста «Кузбассуглегеология» был проведен ряд исследовательских работ по выработке более общего метода определения содержания свободной двуокиси кремния.

Основываясь на принципе усредненности химического состава алюмосиликатов осадочных пород, нами была разработана методика пересчета химических анализов на минералогический состав и, в частности, была выведена нижеследующая формула для определения содержания свободной двуокиси кремния:

$$Q = \text{SiO}_2 - 1,5 \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{R}_2\text{O}, \quad (1)$$

где  $Q$  — содержание свободной двуокиси кремния в породе,  
 $\text{SiO}_2$ ;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  — окислы по химанализу,  
 $\text{R}_2\text{O}$  — щелочи ( $\text{Na}_2\text{O}$  и  $\text{K}_2\text{O}$ ).

Изучение содержания свободной двуокиси кремния с применением расчетной формулы, а также петрографического метода (в крупных разновидностях) показало, что все горные породы Кузбасса, за исключением редко встречающихся в толще прослоек сидерита и сильно углистого аргиллита, содержат от 25 до 50% химически свободного кремнезема и согласно установленной кондиции являются силикозоопасными.

Наблюдается определенная зависимость содержания свободной двуокиси кремния от гранулометрического состава породы — содержание свободного кремнезема падает от песчаников к аргиллитам. Эта зависимость иллюстрируется на рисунке 1, где по оси абсцисс нанесены медианные размерности пород по десятичной схеме в логарифмическом масштабе — по оси ординат процентные содержания свободной двуокиси кремния.

Кривая средних содержаний подчиняется некоторой степенной функции и выражается следующей эмпирической формулой:

$$Q = 29,36 + 47,9 \cdot 3,73^{\lg Md}, \quad (2)$$

где  $Q$  — содержание свободного кремнезема,  
 $Md$  — медианная размерность породы.

Кривая и ее формула выражают собой естественный закон распределения обломочного кварца и всех его модификаций в различных разновидностях пород в процессе осадкообразования. Кривые этого типа, выражающие собой среднестатистические (вероятные) зависимости, в литературе известны под названием кривых распределения или дисперсии.

В настоящее время нами изучено большое количество (около 6000) образцов, по которым для различных районов построены кривые такого же типа. Они очень мало отличаются от вышеприведенной и выражаются аналогичными формулами.

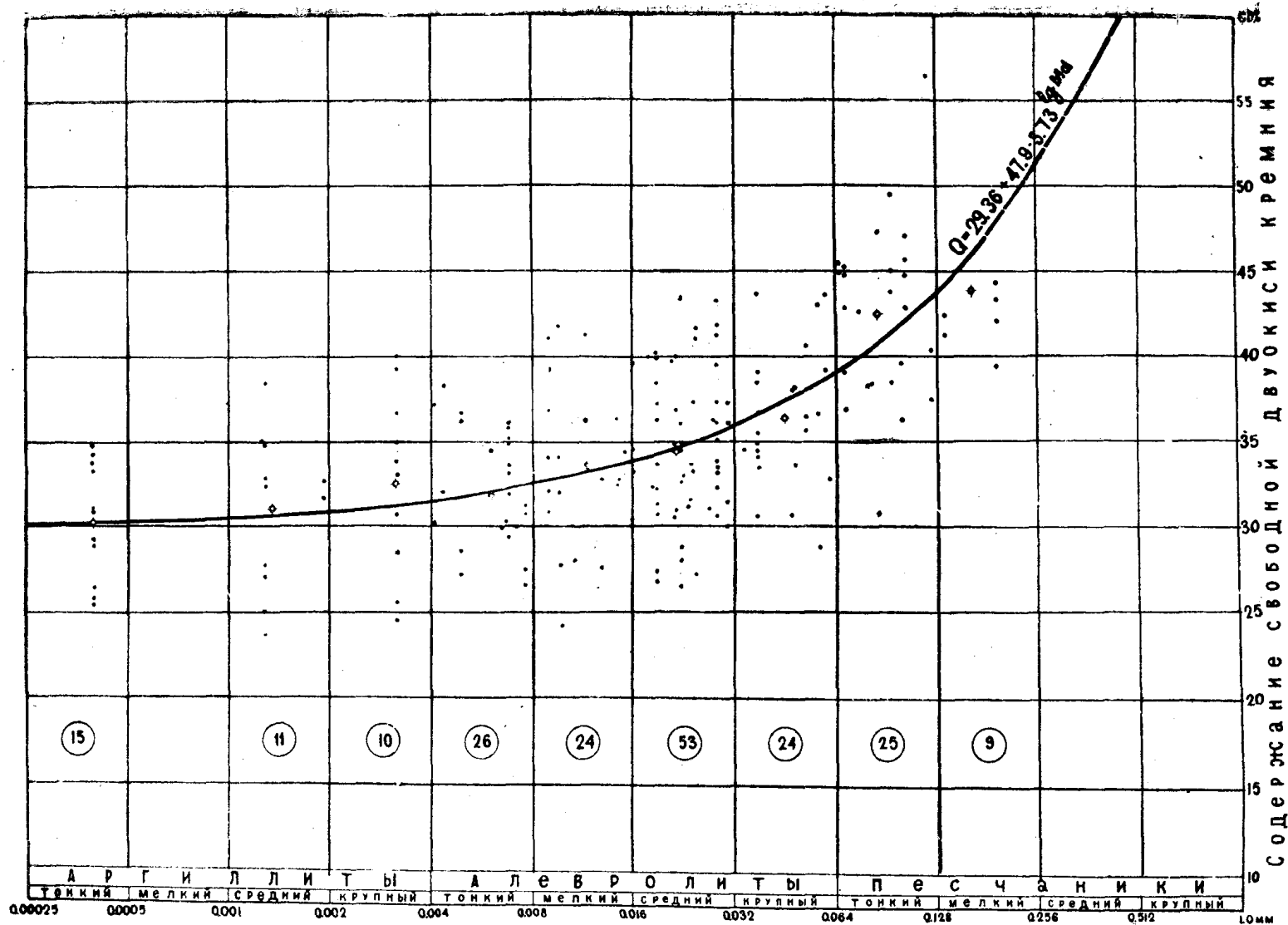


Рис. 1.

Содержание свободной двуокиси кремния в породах балахонской серии Прокопьевского района (цифры в кружках показывают количество исследованных образцов каждой породы).

Отклонения содержания свободной двуокиси кремния от среднего значения не особенно велики. Как видно из графика, около 75% значений (точек) лежит в пределах  $\pm 6\%$ . Следует отметить, что разброс точек от средней кривой в значительной мере обусловлен погрешностями исследования содержания свободного кремнезема, которые могут достигать также до 6% абсолютных. Поэтому требуются дополнительные исследования для точного определения коэффициента вариации, а следовательно, и однородности минералогического состава исследованных пород Кузбасса.

Как показали дальнейшие исследования по силикозоопасности, содержание свободной двуокиси кремния в породе не может служить единственным фактором в вопросе заболевания силикозом. Общеизвестно, что силикоз и другие фиброзные заболевания легких возникают прежде всего от наличия в рудничной пыли кварцевых частиц. Н. А. Вигдорчик указывает следующие факторы, благоприятствующие развитию силикоза [2, стр. 106].

«1. Концентрация кварцевой пыли в воздухе рабочего помещения: силикоз развивается тем чаще, раньше и тяжелее, чем больше количество вдыхаемого кварца (разрядка наша).

2. Дисперсность пыли, средние размеры пылинок. Увеличение опасности силикоза вместе с уменьшением калибра пылевых частиц — факт общеизвестный, многократно доказанный и в настоящее время не вызывающий никаких сомнений.

3. При одной и той же концентрации кварцевой пыли и при одинаковой ее дисперсности имеет значение, поступает ли она в легкие в чистом виде или в сопровождении примесей».

Как упоминалось выше силикозоопасность горных пород устанавливается по содержанию свободной двуокиси кремния, после чего устанавливается силикозоопасность забоев, выработок. Такая установка по определению силикозоопасности проходимых выработок не является совершенно правильной — содержание свободной двуокиси кремния в породе не отвечает такому же содержанию кварца в пыли. Это можно показать на таком простом примере: при бурении песчаников, слагающихся зернами более 0,1 мм, с образованием пыли крупностью 0,001 мм почти все минеральные зерна превращаются в мономинеральные частицы пыли; бурение аргиллитов, слагающихся зернами менее 0,001 мм с образованием пыли такой же крупности, не будет давать мономинеральных пылевых частиц — каждая пылинка будет состоять из нескольких (двух и более) минералов. Такие частицы по существу будут представлять собой микрообломки аргиллита.

Пыль, состоящая целиком из микрообломков породы, нами именуется породной пылью; пыль, состоящая из мономинеральных частиц, — минеральной.

Процесс образования этих разновидностей пыли мы представляем себе следующим образом: содержание минеральной пыли в забое будет тем выше (а породной ниже), чем относительно крупнее минеральные зерна, слагающие породу, из которой эта пыль образовалась. Наоборот, с уменьшением зерна породы до размеров пыли и менее при бурении будет образовываться из нее преимущественно породная, т. е. полиминеральная пыль. Схема образования двух упомянутых видов пыли наглядно представлена на рисунке 2.

Теоретически нами выведены формулы для определения содержания кварцевой пыли при различном механическом составе породы и пыли.

Для однородной по крупности (либо средней крупности) пыли и механического состава породы предложена формула

$$P = Q \left[ \alpha_1 \left( 1 - \frac{d}{D_1} \right) + \alpha_2 \left( 1 - \frac{d}{D_2} \right) + \dots + \alpha_m \left( 1 - \frac{d}{D_m} \right) \right], \quad (3)$$

где: P — содержание кварца в рудничной пыли в процентах,

Q — содержание свободной двуокиси кремния в породе в процентах,

$\alpha_1$  — содержание фракций механического состава породы в долях единицы,

d — размеры частиц пыли в  $\mu$ ,

$D_1$  — размеры зерен породы соответствующей фракции в  $\mu$ .

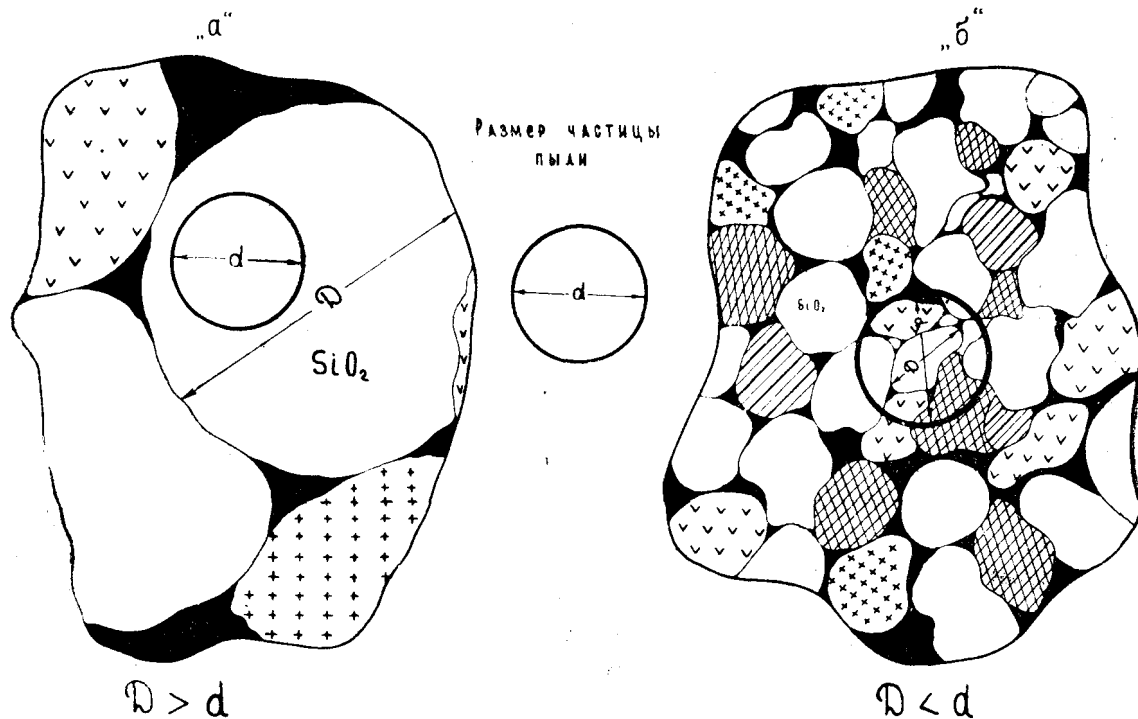


Рис. 2. Схематическое изображение образования мономинеральных и полиминеральных пылевых частиц в зависимости от гранулометрического состава породы. (D — диаметр минеральных зерен, d — диаметр образующейся частицы витающей пыли).

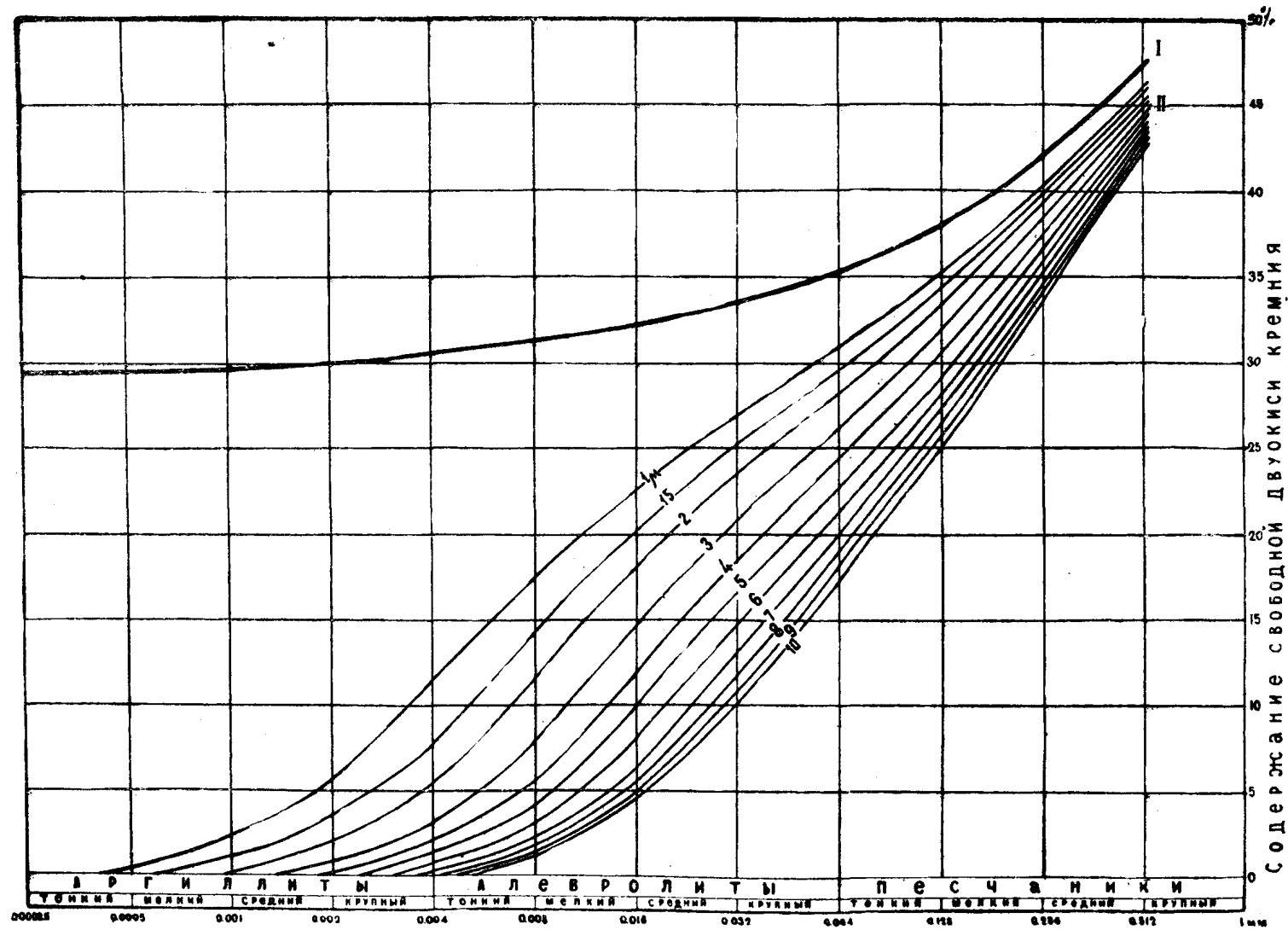
Для расчета по этой формуле необходимо знать механический состав породы. Определение механического состава пород производилось петрографическим исследованием в шлифах по разработанной нами методике, изложенной в отчете петрографической лаборатории треста «Кузбассуглегеология». Для пород балахонской свиты Прокопьевско-Киселевского района механический состав средних разновидностей (по данным изучения 272 образцов) приводится в таблице 1.

Пользуясь полученными данными с помощью формулы 3, нами вычислены содержания кварцевой пыли для различных разновидностей пород и крупности пыли. Полученная при этом зависимость содержания кварцевой пыли от механического состава пород и крупности пыли иллюстрируется на рисунке 3. По оси абсцисс нанесена классификация осадочных пород, по оси ординат — процентные содержания свободной двуокиси кремния в породах и образованной из этих пород кварцевой пыли.

Как видно из графика, содержание кварца в рудничной пыли в об-

Механический состав горных пород Балахонской серии Прокопьевско-Киселевского района

Название пород	Размерность пород в мм	Размерность фракций в мм									Средняя медианная размерность породы в мм
		менее 0,001	0,001 — 0,0025	0,0025 — 0,005	0,005 — 0,01	0,01 — 0,025	0,025 — 0,05	0,05 — 0,1	0,1 — 0,25	0,25 — 0,5	
Песчаник мелкозернистый	0,25 — 0,1	0,4	0,4	1,6	2,4	4,8	7,2	12,4	52,0	18,8	0,158
Песчаник тонкозернистый	0,1 — 0,05	1,2	1,2	3,0	4,8	11,2	14,4	36,0	28,0		0,0708
Алевролит крупный	0,05 — 0,025	2,8	2,8	4,8	8,2	18,6	31,6	26,0	5,2		0,0354
Алевролит средний	0,025 — 0,01	6,6	6,2	8,2	13,0	37,6	21,2	7,0			0,0158
Алевролит мелкий	0,01 — 0,005	12,0	10,4	14,2	28,2	27,2	8,0				0,00708
Алевролит тонкий	0,005 — 0,0025	20,0	17,0	28,0	21,0	14,0					0,00354
Аргиллит крупный	0,0025 — 0,001	34,8	34,2	17,6	12,2	1,2					0,00157
Аргиллит средний	0,001 — 0,0005	64,0	24,8	9,2	2,0						0,000708



I - кривая распределения свободной двуокиси кремния в породах  
 II - кривая содержания кварца в различной пыли.

Рис. 3 Зависимость содержания кварцевой пыли от механического состава породы и крупности пыли.

щем намного меньше (в зависимости от крупности зерен породы и частиц пыли), чем содержание свободной двуокиси кремния в породе.

Для экспериментального подтверждения полученной зависимости были поставлены следующие специальные исследования. Была отобрана буровая мука шести разновидностей пород балахонской серии. Прокопьевско-Киселевского района при бурении шпуров из забоев шахт им. Сталина и 3—3-бис треста «Сталинуголь». Последние были разделены на восемь фракций различных размерностей (0,25—0,1; 0,1—0,05; 0,05—0,025; 0,025—0,01; 0,01—0,005; 0,005—0,001 и менее 0,001 мм). Всего, таким образом, было получено 48 фракций, которые изучались иммерсионным методом на содержание мономинерального кварца. Определения производились сотрудниками петрографической лаборатории Рузановой Н. Н. при консультации доцента Томского политехнического института Ю. П. Казанского.

Параллельно с этим производилось определение мономинерального кварца расчетным методом по формуле 3 для сопоставления с данными, полученными с помощью иммерсионного исследования. Определение содержания свободной двуокиси кремния в породах, отобранных вместе с буровой мукой, производилось по формуле 1.

Химический анализ пород производился в химической лаборатории треста «Кузбассуглегеология». Наряду с этим были сделаны химические анализы фракций пыли и вычислены содержания в них свободной двуокиси кремния. Эти данные приводим в таблице 2 и на рисунке 4.

Как видно из таблицы и рисунка 4, содержание свободной двуокиси кремния во фракциях пыли сначала возрастает, потом падает. Это представляет особый интерес. Можно заметить, что содержание свободной двуокиси кремния во фракциях и в породе является одинаковым в случае, когда буровая мука крупнее, чем зерна, слагающие породу. Это особенно хорошо видно на аргиллите. Максимум обогащения наступает в момент, когда фракция пыли и средняя крупность зерен породы совпадает, после чего происходит постепенное обеднение.

Это явление следует объяснить тем, что кварц как наиболее прочный минерал в меньшей степени подвергается дроблению во время бурения, вследствие чего крупные фракции обогащаются кварцем, а тонкие фракции обедняются им. Среднее содержание во всех фракциях остается постоянным, соответствующим содержанию его в породе. Процесс обогащения начинается в момент начала дробления отдельных минеральных зерен — дробление до состояния обломков, разумеется, не изменяет распределение кварца во фракциях.

Это обстоятельство дало основание уточнить основную формулу расчета содержания кварцевой пыли, так как теоретический вывод формулы базировался на предположении, что все зерна породы обладают одинаковой прочностью и что дробление происходит в равной степени одинаково.

Учет фактора различной дробимости зерен в процессе бурения теоретически трудно осуществим.

Для определения содержания кварцевой пыли с учетом последнего фактора следует вместо содержания свободной двуокиси кремния в формуле (3) подставлять значение содержания свободной двуокиси кремния во фракции.

$$P = q \left[ \alpha_1 \left( 1 - \frac{d}{D_1} \right) + \alpha_2 \left( 1 - \frac{d}{D_2} \right) + \dots + \alpha_m \left( 1 - \frac{d}{D_m} \right) \right], \quad (4)$$

где  $q$  — содержание свободной двуокиси кремния во фракции соответствующей размерности.



Таблица 2

Содержание свободной двуокиси кремния во фракциях буровой муки в % по весу

№ лабора- тории	Название породы и медиан- ная размерность (Md)	Содержание свободной двуокиси кремния в породе	Размерность фракций в мм							
			0,6— 0,25	0,25— 0,1	0,1— 0,05	0,05— 0,025	0,25— 0,01	0,01— 0,05	0,005— 0,001	менее 0,001
6—п	Песчаник мелкий Md = 0,187	45,0	49,08	52,71	46,73	42,97	44,87	42,10	28,96	13,68
1—п	Песчаник мелкий Md = 0,136	44,56	49,70	55,24	45,74	36,0	32,65	31,84	19,37	3,54
9—п	Песчаник тонкий Md = 0,067	46,16	46,36	48,57	51,41	47,99	44,72	43,94	38,58	23,26
5—п	Алевролит средний Md = 0,028	34,44	35,6	36,37	39,13	37,72	37,87	33,8	28,56	9,03
7—п	Алевролит мелкий Md = 0,016	32,15	30,59	33,57	35,53	39,59	33,28	35,46	25,98	5,19
3—п	Аргиллит крупный Md = 0,0035	16,70	—	13,90	16,44	17,14	18,99	18,18	18,68	10,72

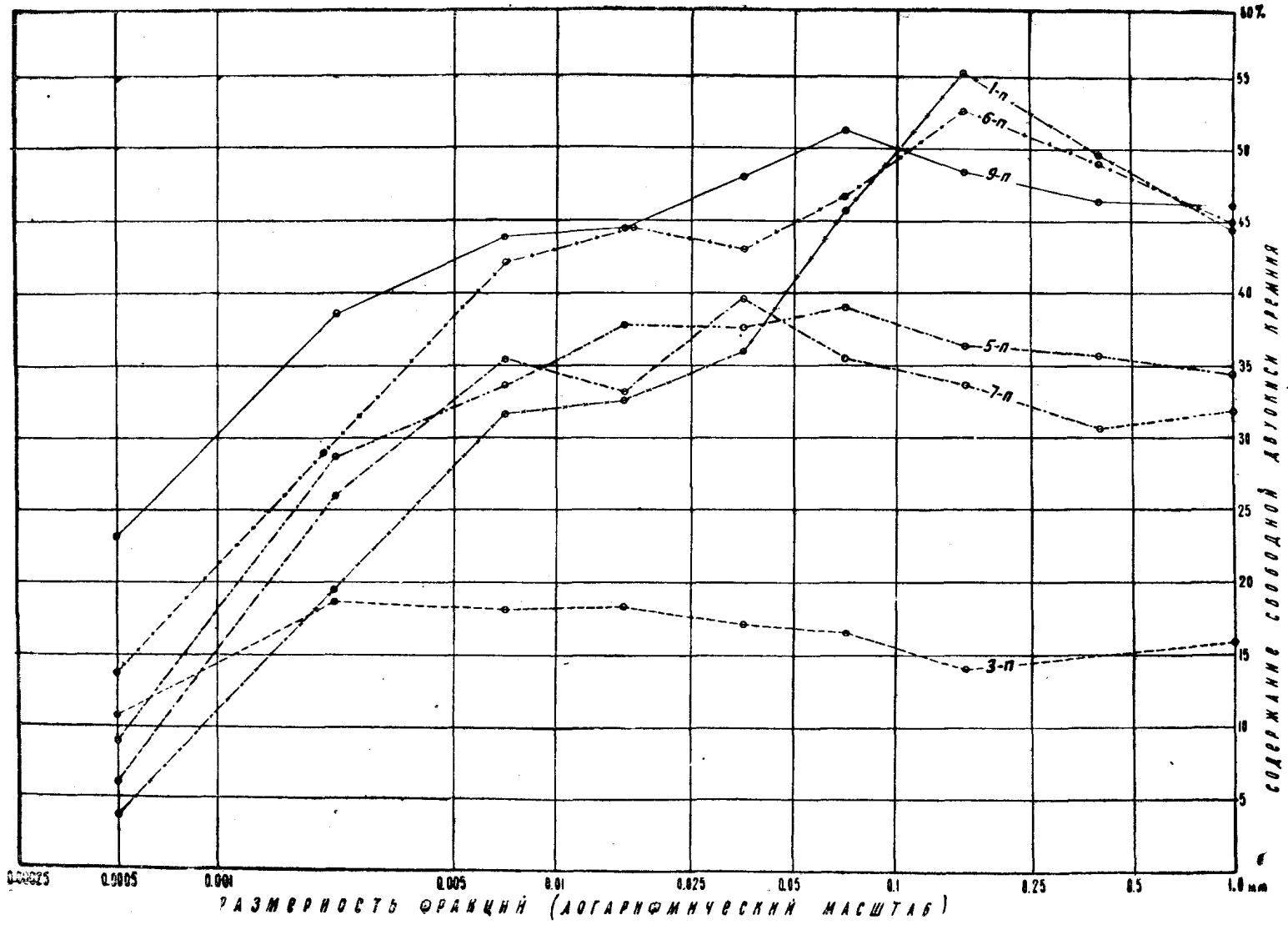


Рис. 4. Содержание свободной двуокиси кремния в зависимости от крупности фракций пыли у различных пород,

Для расчета по этой формуле нами вычислен механический состав образцов горных пород в шлифах под микроскопом (эти данные приводятся в таблице 3).

Таблица 3

Механический состав образцов горных пород

№№ лабор. образц.	Название породы	Размерность (Md) мм	Размерности фракций в мм								
			менее 0,001 мм	0,001—0,0025	0,0025—0,005	0,005—0,01	0,01—0,025	0,025—0,05	0,05—0,1	0,1—0,25	0,25—0,5
6-п	Песчаник мелкий	0,187	0,8	0,4	0,8	2,4	4,1	6,1	10,4	41,0	34,0
1-п	Песчаник мелкий	0,136	0,8	0,6	1,0	3,0	6,0	18,8	15,2	53,3	11,3
9-п	Песчаник тонкий	0,067	3,4	2,0	2,8	5,2	11,2	16,4	36,0	25,0	
5-п	Алевролит средний	0,028	4,0	3,4	5,8	9,8	21,0	34,4	21,6		
7-п	Алевролит мелкий—тонкий	0,0158	6,6	6,2	8,2	13,0	37,6	21,2	7,2		
3-п	Аргиллит крупный	0,00354	20,0	17,0	28,0	21,0	14,0				

Для окончательного расчета по формуле (4) следует также учитывать содержание в породе горных обломков, имеющих микрокристаллическую структуру и содержащих свободную двуокись кремния — это будут в основном эффузивные горные обломки. Последние обычно являются наиболее крупными обломочными зернами породы, которые легко подсчитываются в шлифе. В таблице 4 приведен механический состав данных пород без обломков эффузивов.

Таблица 4

Механический состав образцов горных пород без обломков эффузивов

№№ абор.	Название породы	Медианная размерность (Md) в мм	Размерность фракций в мм								
			менее 0,001	0,001—0,0025	0,0025—0,005	0,005—0,01	0,01—0,025	0,025—0,05	0,05—0,1	0,1—0,25	0,25—0,5
6-п	Песчаник мелкий	0,187	0,8	0,4	0,8	2,4	4,1	6,1	10,4	36,0	24,0
1-п	Песчаник мелкий	0,136	0,8	0,6	1,0	3,0	6,0	18,8	13,2	43,3	4,3
9-п	Песчаник тонкий	0,067	3,4	2,0	2,8	5,2	11,2	16,4	31,0	15,0	
5-п	Алевролит средний	0,028	4,0	3,4	5,8	9,8	21,0	34,4	21,6		
7-п	Алевролит мелкий—тонкий	0,016	6,6	6,2	8,2	18,0	37,6	21,2	7,2		
3-п	Аргиллит крупный	0,0035	20,0	17,0	28,0	21,0	14,0				

Алевролиты и аргиллиты почти совсем не содержат обломков горных пород, и поэтому подсчет их не производился.

По данным таблицы 2, 4 и формуле (4) вычислено содержание кварцевой пыли для различных фракций указанных пород. В таблице 5.

приводятся данные по содержанию кварцевой пыли, определенные иммерсионным методом (в числителе), в сопоставлении с данными, вычисленными по расчетному методу.

Как видно из таблицы 5, результаты, полученные различными способами, показывают одинаково согласную зависимость от разновидности породы и крупности фракций пыли. Расхождения в некоторых определениях довольно велики. Здесь следует учесть погрешность каждого метода исследования.

Иммерсионный метод дает относительно хорошие результаты при изучении единичных и чистых минеральных частиц.

Чтобы сопоставить погрешности каждого метода исследования фракций буровой пыли, укажем несколько факторов, влияющих на точность исследования.

1. Исследованию иммерсионным методом подвергаются фракции, состоящие из моно-и полиминеральных частиц. Среди полиминеральных частиц зачастую наблюдаются частицы, состоящие только из двух или трех минералов, сцементированных между собой цементом породы. Нами было условлено в группу кварцевой пыли относить частицы, состоящие более чем наполовину из кварца, так как такие частицы можно считать еще силикозоопасными; частицы, состоящие менее чем наполовину из кварца, и все полиминеральные частицы относить в группу породной пыли. Точное отнесение частиц пыли к какой-либо группе сильно осложняется тем, что частицы загрязнены продуктами разложения полевых шпатов (серцитом, каолинитом и др.).

2. Для подсчета кварцевых частиц по полоске Бекке пользуются иммерсионными жидкостями с показателями преломления, соответствующими средним показателям преломления кварца  $N_o = 1,54445$  и  $N_e = 1,55354$  (7). Подсчет ведется сначала в иммерсионной жидкости с показателем преломления 1,544, после чего следует сменить жидкость с показателем преломления 1,553. Практически это трудно осуществимая операция особенно для тонких фракций. Поэтому подсчет кварца производился в двух препаратах с иммерсионными жидкостями с показателями преломления 1,544 и 1,553, что, конечно, в некоторой степени отражается на точности подсчета.

3. Точность иммерсионного исследования уменьшается с уменьшением крупности фракций. Практически считается, что можно хорошо изучить фракции до 0,01 мм. Фракции более мелкие поддаются исследованию очень трудно.

4. При иммерсионном исследовании имеют место субъективные погрешности.

На точности расчетного определения содержания кварцевой пыли отражаются погрешности механического анализа породы. Чтобы получить некоторое представление о величине этих погрешностей приведем результаты расчетов по формуле:

$$\lambda = \alpha_1 \left(1 - \frac{d}{D_1}\right) + \alpha_2 \left(1 - \frac{d}{D_2}\right) + \dots + \alpha_m \left(1 - \frac{d}{D_m}\right). \quad (5)$$

Формула 5 является частью формулы (3) с теми же обозначениями.  $\lambda$  нами именуется минералого-механическим коэффициентом и выражает собой зависимость содержания минеральной пыли от механического состава породы.

По данным механического состава пород в таблице 1 и формуле (5) для различных крупностей пыли вычислены данные таблицы 6.

## Минералого-механические коэффициенты пыли применительно Балахонской серни Прокопьевско-Киселевского района

Название породы	Размерность породы	Крупность пыли в $\mu$										
		1	1,5	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Песчаник мелко-зернистый	0,25—0,1	0,972	0,964	0,954	0,937	0,919	0,904	0,891	0,878	0,866	0,857	0,846
Песчаник тонко-зернистый	0,1—0,05	0,946	0,925	0,957	0,874	0,845	0,827	0,794	0,774	0,752	0,735	0,719
Алевролит крупный	0,05—0,025	0,904	0,871	0,844	0,794	0,751	0,713	0,678	0,641	0,617	0,592	0,570
Алевролит средний	0,025—0,01	0,822	0,799	0,725	0,654	0,592	0,543	0,495	0,458	0,413	0,383	0,353
Алевролит мелкий	0,01—0,005	0,714	0,633	0,577	0,477	0,397	0,335	0,278	0,221	0,196	0,176	0,157
Алевролит тонкий	0,005—0,0025	0,575	0,463	0,395	0,277	0,196	0,155	0,119	0,080	0,060	0,050	0,052
Аргиллит крупный	0,0025— —0,001	0,367	0,228	0,175	0,107	0,062	0,043	0,026	0,008	0,006	0,005	0,004
Аргиллит средний	0,001— —0,0005	0,174	0,097	0,054	0,025	0,008	0,006	0,003	0,002	0,001	0,000	0,000

Предположим, что при изучении механического состава породы допускается максимальная погрешность, т. е. вместо механического состава какой-либо разновидности получили механический состав соседней разновидности. Какая при этом получается разница в результатах определения кварцевой пыли? Просматривая минералого-механические коэффициенты любых двух соседних разновидностей пород, замечаем, что разница между ними не особенно велика и находится в зависимости от разновидности породы и крупности пыли. В среднем возьмем это расхождение равным 20% относительных. Тогда разница в определении кварцевой пыли составит менее 10%, так как породы Кузбасса содержат менее 50% свободной двуокиси кремния.

Погрешность расчетного определения обуславливается погрешностями химических анализов и расчетов по формуле (1) свободной двуокиси кремния. Максимальная величина этих погрешностей, как это установлено специальными исследованиями, равна около 10% относительных. На точность расчетного определения влияют погрешности самих формул расчета.

Общая погрешность исследования равна алгебраической сумме частных погрешностей. Поэтому при изучении единичных образцов возможны большие погрешности, так как имеется вероятность суммирования ошибок одного знака. При массовом анализе фактически все случайные ошибки взаимно компенсируются.

Для вывода о предпочтении методов (иммерсионного и расчетного) исследования недостаточно количественного материала. В связи с тем, что расчетный метод позволяет получить данные по более широкому диапазону фракций пыли, а также более закономерные графические построения, нами используются данные расчетных определений. По этим данным построен график, показанный на рисунке 5 (данные по мелкому песчанику № п-1 не использованы, как отклоняющиеся в трех точках от общих для остальных образцов закономерностей).

Кривые содержания кварцевой пыли в основном подчиняются той же зависимости, что и на рисунке 3, но на них накладывается добавочно влияние различной дробимости зерен породы в процессе бурения. В связи с этим силикозоопасность пыли еще в большей степени снижается особенно для тонких фракций. Витаящая пыль в основном состоит из фракций менее 10 (0,01 мм), и, как видно из графика, эти фракции (0,01—0,005; 0,005—0,001 и менее 0,001 мм) содержат наименьшее количество кварцевой пыли.

В свете полученных данных становится ясной относительно низкая заболеваемость силикозом в угольных месторождениях, породы которых содержат незначительное количество свободной двуокиси кремния, по сравнению с заболеваемостью силикозом на рудных предприятиях, где свободная двуокись кремния в породах находится в виде мощных прожилков кварца. При разбурировании таких пород почти весь кварц превращается в мономинеральную кварцевую пыль.

Шахтовая пыль осадочных пород является менее силикозоопасной еще и потому, что она наряду с кварцевой пылью содержит значительное количество (в зависимости от разновидности породы и крупности пыли) породной пыли. Всякая примесь к кварцевой пыли, как отмечает Н. А. Вигдорчик, снижает силикозоопасность кварцевой пыли.

Вопросы о влиянии примесей и дисперсности пыли нами рассмотрены в специальной статье, поэтому на данных вопросах мы не останавливаемся.

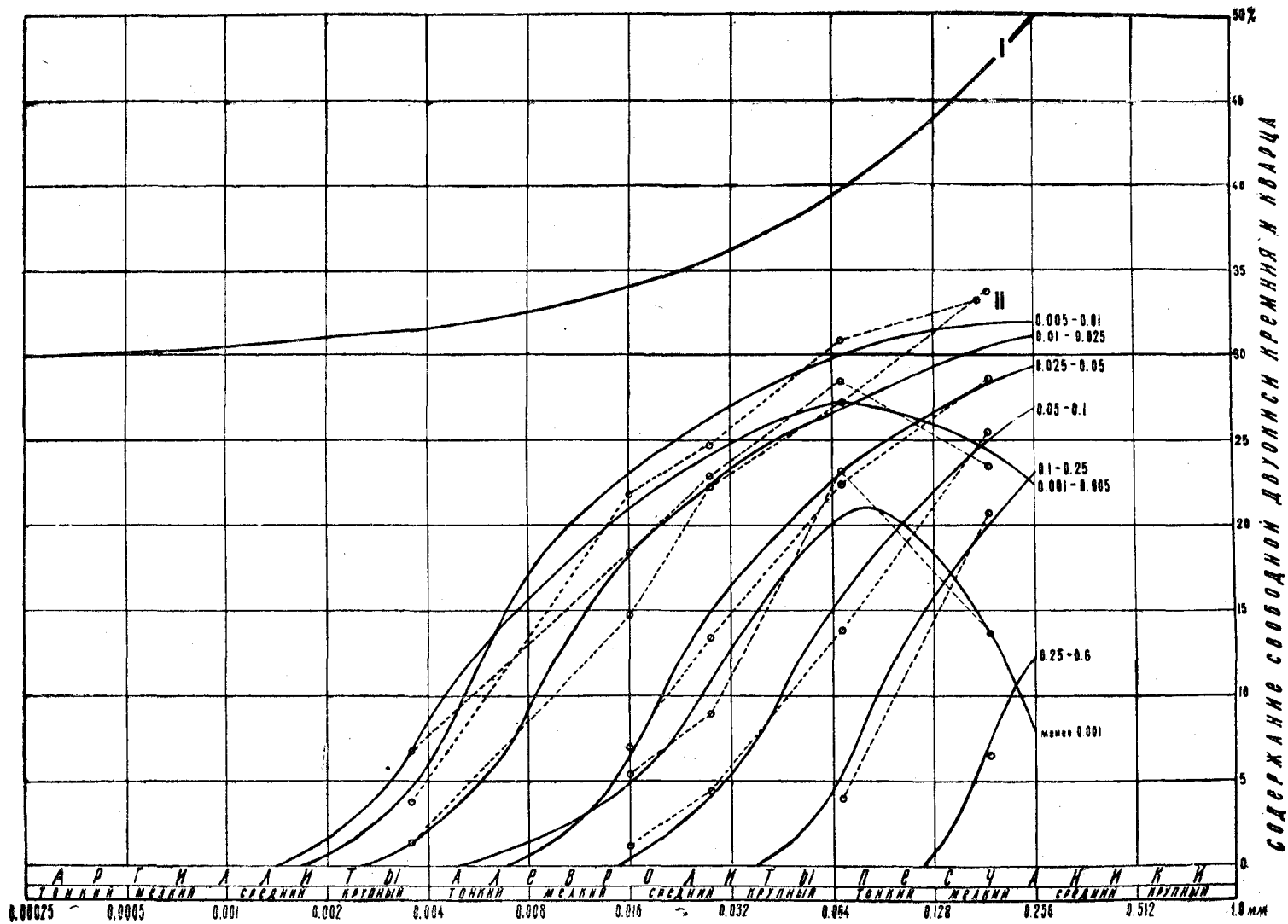


Рис. 5.

Рис. 5. Содержание кварцевой пыли в зависимости от механического состава пород и крупности фракций пыли.

I — кривая распределения свободной двуокиси кремния в породах, II — кривые содержания кварцевой пыли.

## Выводы

1. Метод определения содержания свободной двуокиси кремния с помощью химических анализов и формулы (1) позволяет исследовать породы любой литологической структуры от песчаников до аргиллитов, что представляет большое преимущество перед петрографическим, рентгенометрическим и термометрическим методами исследования. Погрешность метода, по данным специальных исследований, не превышает 10% относительных.

2. Исследование горных пород Кузбасса этим методом показало, что они содержат от 25 до 50% свободной двуокиси кремния и по принятой Министерством угольной промышленности кондиции являются **с и л и к о з о о п а с н ы м и**.

3. Исследование рудничной пыли пород показывает, что она содержит меньше свободной двуокиси кремния и значительно меньше кварцевой пыли. Аргиллиты образуют пыль, содержащую менее 10% кварцевой пыли, и по кондиции их можно отнести к породам не силикозоопасным.

4. Метод определения силикозоопасности по кондиции содержания свободной двуокиси кремния в породе является неправильным, а по содержанию кварца в пыли неточным. Силикозоопасность следует определять по допустимым концентрациям при заданной кондиции содержания кварца в рудничной пыли.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Академия наук СССР. Борьба с силикозом. Сборник статей. Издательство АН СССР. 1953.
2. Вигдорчик Н. А. Учение о силикозе. Медгиз. 1954.
3. Преображенский И. А., Саркисян С. Г. Минералы осадочных пород, Гостоптехиздат. 1954.
4. Karl Schulte. Aus der Arbeit der Deutschen Kohlenbergbauleitung auf dem Gebiet der Staub- und Silikosebekämpfung. Glückauf, № 41—42, 967—975.

Трест «Кузбассуглеология»