

УДК 614.894.312.313

**В.Ф. Олонцев, Е.А. Фарберова,
А.А. Минькова, К.Н. Генералова**

Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

**К СТОЛЕТИЮ СОЗДАНИЯ
ФИЛЬТРУЮЩЕГО ПРОТИВОГАЗА
АКАДЕМИКОМ Н.Д. ЗЕЛИНСКИМ**

Кратко изложена история создания и дальнейшего развития фильтрующего противогАЗа Н.Д. Зелинского. В XX веке произошел колоссальный прорыв человечества в новейших отраслях знаний, разработке и использовании технических средств и технологий. Особенно бурно развивались химические отрасли науки и техники. Выдающимися российскими учеными середины XIX – начала XX века был выполнен значительный научный задел для становления химической промышленности России и СССР. К числу таких ученых относится Д.И. Менделеев, Н.Н. Зимин, А.М. Бутлеров и др.

В последующие годы российские ученые в лице академиков Н.Д. Зелинского, Н.С. Курнакова, В.И. Вернадского и других приумножили химические знания и вложили немало творческой энергии в дело становления отечественной химической промышленности.

В послевоенные годы отмечается особый период в развитии химической науки и промышленности. Выдающиеся работы наших и других современников вывели эту отрасль народного хозяйства на передовые позиции в мире.

Качественные и количественные изменения в развитии отрасли проявились в общей тенденции к углублению переработки сырья и полупродуктов. Среди подотраслей химической промышленности произошло увеличение доли тех из них, которые отличаются более глубокой переработкой первичного сырья. Это промышленность химических волокон и нитей, пластмассовых изделий, стекловолоконных материалов, стеклопластиков, химических реактивов и особо чистых веществ.

Научно-технический прогресс в химической промышленности характеризуется многообразием конкретных направлений. Важнейшими из них являются синтез новых видов химической

продукции и непрерывное расширение ее ассортимента, совершенствование существующего и создание нового оборудования, агрегатов, технологических линий, разработка и внедрение прогрессивных технологий, процессов и методов. Параллельно с этим развивалась и техника средств индивидуальной защиты человека на производстве. Это направление химической промышленности развивалось как самостоятельная отрасль, которая имела под собой мощный фундамент знаний.

***Ключевые слова:** противогаз, адсорбция, адсорбент, уголь, защитные средства.*

**V.F. Olontsev, E.A. Farberova,
A.A. Minkova, K.N. Generalova**

Perm National Research Polytechnic University,
Perm, Russian Federation

ON THE CENTENARY OF CREATION OF FILTER MASKS BY ACADEMICIAN ZIELINSKI

The article briefly describes the history of the establishment and further development of the filter mask N.D. Zelinsky. In the XX century there was a huge breakthrough in humanity newest branches of knowledge, techniques and technologies. Especially rapidly developing chemical industry science and technology. The genius of Russian scientists XIX–XX centuries start was made considerable scientific groundwork for the formation of the chemical industry in Russia and the Soviet Union.

These scholars include D.I. Mendeleev, N.N. Zimin, A.M. Butlerov and others. In subsequent years, in the face of Russian scientists academicians N.D. Zelinsky, N.S. Kurnakova, V.I. Vernadsky and other chemical multiply knowledge and invested a lot of creative energy to the establishment of the domestic chemical industry.

In the postwar years there has been a special period in the development of chemical science and industry. Outstanding work of our own and other contemporaries brought this sector of the economy to the forefront in the world.

Qualitative and quantitative changes in the development of the industry emerged in the general trend of deeper processing of raw materials and intermediates. Among the sub-sectors of the chemical industry was an increase in the proportion of those who are more advanced processing of virgin materials. This production of chemical fibers and

yarns, plastic products, glass fiber materials, glass, chemical reactants and especially pure substances.

Scientific and technological progress in the chemical industry is characterized by variety of specific areas. The most important of these are the synthesis of new chemical products and the continued expansion of its product range, improvement of existing and creation of new equipment, machinery, production lines, development and implementation of advanced technologies, processes and methods. In parallel with this developing technology and means of individual protection of the person in the workplace. This line of chemical industry developed as an independent branch, which was under a strong foundation of knowledge.

***Keywords:** mask, adsorption, the adsorbent, coal, protective equipment.*

Создание и развитие российского угольного противогаса профессора Н.Д. Зелинского

Впервые отравляющие вещества (или «газы») были применены немцами в апреле–мае 1915 года. Нападение было совершенно внезапно, без всякого предупреждения, несмотря на то, что Германией было подписано соглашение на международной конференции в Гааге о неприменении «ядовитых газов» (Гаагский протокол 1899 и 1907 годов) [1]. Для первых газовых атак немцы использовали хлор, выпустив его из баллонов в количестве 180 т, и русские войска, не имевшие никаких средств защиты, понесли значительные людские потери.

Поиск всевозможных средств индивидуальной химической защиты привел на первых порах к массовой пошивке для фронта «сухих» и «влажных» (пропитанных гипосульфитом) марлевых повязок. Однако они плохо защищали от хлора и оказались совершенно непригодными для защиты от фосгена [2].

Одним из тех великих русских ученых, кто поставил перед собой задачу безотлагательного поиска средств спасения от удушающих газов, был профессор Н.Д. Зелинский (впоследствии академик).

На основе целого ряда исследований он пришел к заключению, что для создания универсального защитного устройства необходим универсальный поливалентный химический поглотитель, для которого был бы совершенно безразличен химический характер газа. В поисках такого поглотителя он пришел к идее использовать в этом качестве древесный уголь, адсорбционная способность которого была открыта русским ученым Т.Е. Ловицем [3]. В кратчайшие сроки Н.Д. Зелин-

ским совместно с его учеником и сотрудником В.С. Садиковым был разработан метод активации угля. В результате этих работ была установлена громадная разница в поглотительной способности обыкновенного и активированного углей [4].

Вскоре противогаз Н.Д. Зелинского (рис. 1) с маской Кумманта был поставлен на снабжение русской армии. За время войны, начиная с весны 1916 года, в действующую армию было отправлено 11 млн 186 тыс. противогазов [5].



Рис. 1. Общий вид противогаза Н.Д. Зелинского

Противогаз Зелинского был сконструирован по принципу «маятникового» дыхания: вдох, так же как и выдох, производится через противогазовую коробку, причем клапанно-распределительное устройство отсутствовало. Вследствие того, что при вдохе значительный объем воздуха, содержащего углекислый газ, оставался в системе противогаза (под полумаской и в коробке), выдыхаемый воздух быстро обогащался углекислым газом. С учетом отрицательного физиологического воздействия «вредного пространства» в противогазе были созданы образцы противогазов с клапанной системой – противогазы Авалова и Горного института (рис. 2) [6].

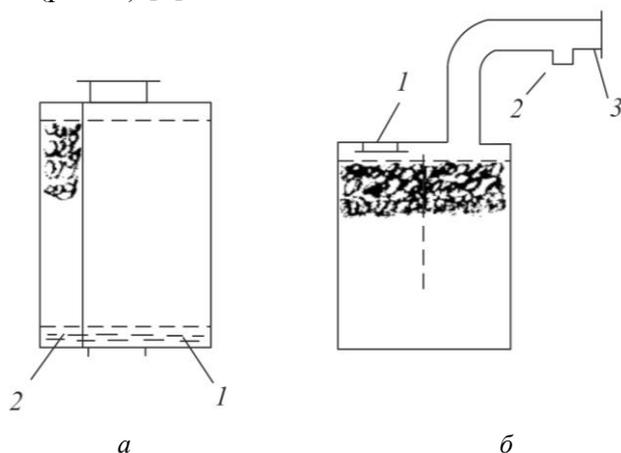


Рис. 2. Общий вид противогазов: *a* – Авалова; *б* – Горного института; *1* – клапан вдоха; *2* – клапан выдоха; *3* – мундштук

Некоторые параметры фильтрующих коробок противогаза Н.Д. Зелинского представлены в табл. 1. Эти коробки хорошо защищали от смеси 0,2 % Cl_2 и 0,1 % COCl_2 в среднем примерно в течение 2–3 ч.

Таблица 1

Параметры фильтрующих коробок противогаза Зелинского

Образец	Высота коробки, см	S , см ²	Объем угля, см ³	Масса угля, г
Петроградский (квадратное сечение)	18,0	40	640	160
Московский (овальное сечение)	18,7; 16,0	60	1050; 900	250; 200

Возвращаясь к истории продвижения противогаза Н.Д. Зелинского в армию, приведем свидетельство одного из участников организации противохимической защиты русской армии генерала и академика В.Н. Ипатьева, следующим образом охарактеризовавшего обстановку «принятия» противогаза Зелинского и заказа Генеральным штабом 200 тыс. штук этого противогаза: «Хотя заказ на респираторы совершенно не входил в функции Генерального штаба, но произошло это под влиянием недоверия как со стороны Ставки, так и Особого совещания по обороне к деятельности Отдела противогазов верховного санитарного начальника. В целом ряде совещаний для многих стало очевидным нежелание со стороны отдела противогазов отдать преимущество лучшему типу противогаза Кумманта и Зелинского, несмотря на то, что нельзя было указать отрицательных сторон этого образца».

Осенью 1916 года после долгих дебатов о качестве противогаза были испытаны некоторые типы усовершенствованных противогазов Н.Д. Зелинского. Лучшим образцом усовершенствованного противогаза Зелинского в период Первой мировой войны был противогаз, известный под названием противогаза Авалова. Он представлял собой большую жестяную, прямоугольно-овальную, продолговатую коробку, разделенную перегородкой из жести на два отделения, заполненных березовым активированным (по Зелинскому) углем. Отделение, через которое производился вдох, было вдвое больше отделения, через которое воздух выдыхался. Коробки были снабжены вдыхательным и вы-

дыхательным клапанами. Эти клапаны значительно снижали «вредное пространство» противогАЗа.

По исследованиям Г.В. Хлопина [7], воздух, взятый из-под маски обычного противогАЗа Зелинского, содержит около 5,5 % CO₂, в то время как обычный вдыхаемый воздух – лишь 4,4 %. В противогАЗе Зелинского – Авалова воздух, взятый из-под маски, содержал всего 3,5 % углекислого гАЗа, а содержание кислорода под маской составляло 17 %. Клапанное распределение дыхания сильно облегчало пребывание в противогАЗе.

ПротивогАЗ Зелинского – Авалова был последним звеном в развитии русского противогАЗа в Первую мировую войну. В многочисленных лабораториях, созданных для испытаний противогАЗов и разработки принципиальных вопросов противохимической защиты, в 1917–1918 годах продолжались исследования по увеличению защитной мощности противогАЗа и улучшению других его качеств. В эти же годы в печати появились многочисленные отчеты по испытанию противогАЗов Зелинского в различных условиях работы. На основе этих отчетов шло дальнейшее развитие и усовершенствование противогАЗа.

Таким образом, огромной заслугой Н.Д. Зелинского перед наукой и Родиной является не только само предложение угля как адсорбента, но и научное и практическое обоснование целого комплекса вопросов, связанных с созданием конструкции угольного противогАЗа.

Исследования профессора Н.А. Шилова в области противогАЗового дела

Дело Н.Д. Зелинского продолжил и развил его ученик Н.А. Шилов, создавший современную методику исследования активных углей и основы теории действия противогАЗа – учения о динамической активности. Исследования Н.А. Шилова проводились в фронтовой лаборатории, оборудованной в железнодорожных вагонах. Основными участниками этих работ были: Н.И. Гаврилов, Л.С. Лепинь, Н.А. Цереватинов, С.А. Вознесенский, М.А. Грановский. С 14 декабря 1915 года Н.А. Шилов официально назначается «заведующим по технической части противогАЗового дела при генерал-квартирмейстере штаба Западного фронта», т.е., по существу, начальником противогАЗовой службы фронта.

Исключительная энергия и настойчивость Н.А. Шилова увенчались полным успехом. Уже весной 1916 года первая фронтовая хими-

ческая лаборатория начала большую и продуктивную работу. О ее размахе свидетельствуют сохранившиеся в личном архиве Н.А. Шилова двадцать два научных отчета, сотни листов рабочих записей, десятки копий ответов Шилова на запросы из войск [8]. Здесь был начат ряд работ, в их числе впоследствии опубликованная в России и за рубежом работа Н.А. Шилова с соавторами «К вопросу об адсорбции постороннего газа из тока воздуха» [9].

В ходе исследования зависимости времени защитного действия слоя угля от концентрации хлора в интервале от 0,02 до 1,2 об. % был сделан вывод о практическом постоянстве количества хлора, сорбируемого слоем угля до момента проскока. Объем хлора, сорбированный слоем угля до момента проскока, составлял только некоторую долю от хлороемкости того же количества угля. В соответствии с методикой Н.А. Шилова эксперименты велись в нескольких направлениях [10]:

1. Определялось распределение хлора во всем поглощающем слое в момент появления в конце системы, т.е. в момент прекращения «защитного действия» (момент проскока).

2. Определялась остаточная концентрация хлора в воздухе в определенные моменты опыта в определенных участках системы. Это давало указание на ход поглощения хлора (точнее, накопления его остаточной концентрации в воздухе) во времени в различных пунктах слоя.

3. Отмечалось время конца защитного действия постепенно по длине поглощающего слоя, т.е. определялось продвижение фронта газа вдоль системы во время опыта.

4. До начала и после окончания опыта бюксы взвешивались, и таким образом для каждого из них определялось непосредственно количество поглощенного хлора.

Все эти серии опытов проводились при различных условиях: скорости общего потока, начальной концентрации хлора, свойствах угля. Некоторые результаты опытов представлены в табл. 2. Дальнейшие наблюдения и выводы из экспериментальных исследований привели Н.А. Шилова к предварительной формулировке основных моментов теории действия противогаса в целом. Теория представляет собой качественное описание процесса поглощения газа из тока воздуха и основана на следующих исходных положениях, вытекающих из опытов по кинетике и динамике сорбции, проведенных в лаборатории:

1. Поверхностные слои зерен угля относительно быстро сорбируют посторонний газ, примешанный к воздуху. Насыщение этих слоев

сопровождается более медленной диффузией газа в более глубокие слои зерен. В результате скорость сорбции спустя некоторое время резко уменьшается. Поскольку процесс сорбции сопровождается вытеснением воздуха с поверхности угля, скорость сорбции зависит от свойств поглощаемого газа и его концентрации.

2. При прохождении смеси воздуха и газа через слой угля концентрация газа уменьшается, и это приводит к неравномерному распределению сорбированного газа по длине слоя. Кривая распределения перемещается вдоль слоя угля, в общем случае со временем деформируясь. Площадь, образуемая кривой и осями координат, выражает количество сорбированного хлора из тока воздуха для данного момента времени.

Таблица 2

Зависимость времени защитного действия слоя угля от концентрации хлора при скорости воздуха 5 л/мин и диаметре угольного зерна 10 мм

Номер измерительной колбы и бюкса	Количество поглощенного хлора в бюксике, г	Время защитного действия	Концентрация хлора, % от начальной величины
А. Начальная концентрация хлора 0,66 % (33 см³/мин)			
1	—	1,	100
2	—	17,0	88
3	—	67,0	82
4	—	116,0	71
5	—	182,0	36
6	—	239,0	—
Б. Начальная концентрация хлора 0,693 % (47 см³/мин)			
1	—	31,0	100
2	—	13,20	99
3	—	34,45	94
4	—	70,47	93
5	—	98,7	74
6	—	132,20	41
7	—	166,30	—
В. Начальная концентрация хлора 1,36 % (68 см³/мин)			
1	—	—	100
2	—	8,0	96
3	—	27,0	91
4	—	49,30	83
5	—	76,0	58
6	—	89,0	24
7	—	115,0	—
Г. Начальная концентрация хлора 1,93 % (95 см³/мин)			
1	5,21	23,0	100
2	4,73	5,50	97
3	3,97	17,34	—

4	3,69	33,50	92
5	2,84	52,40	87
6	1,19	71,28	47
7	0,20	88,0	–

Окончание табл. 2

Номер измерительной колбы и бюкса	Количество поглощенного хлора в бюксике, г	Время защитного действия	Концентрация хлора, % от начальной величины
Д. Уголь, увлажненный до 18 %. Скорость тока воздуха 3 л/мин, начальная концентрация хлора 2,11 % (63 см ³ /мин)			
1	–	1,8	100
2	–	18,3	94
3	–	47,2	91,5
4	–	84,0	–
5	–	120,0	87
6	–	155,0	67
7	–	189,30	14

Примечание: для равномерного увлажнения уголь хранился долгое время (свыше одной недели) в закрытом сосуде с определенной влажностью, и процент влаги в угле определяли в средних пробах.

Для достаточно длинного слоя угля кривая распределения приобретает практически неизменную форму и перемещается приблизительно с постоянной скоростью по длине слоя угля. Таким образом, возникло представление о параллельном переносе фронта газа, отвечающее постоянству времени защитного действия каждой единицы длины слоя с того момента, когда кривая приближенно становится стационарной. При этом допущении зависимость времени защитного действия t от длины слоя угля L становится линейной:

$$t = kL - \tau \text{ для } L > L_0,$$

где k – коэффициент защитного действия; τ – потеря времени защитного действия; через L_0 выражена длина слоя, на протяжении которого формируется приближенно стационарная кривая распределения.

Эта формула приобрела известность как формула Шилова и получила применение для приближенного выражения зависимости времени защитного действия от длины слоя угля.

Таковы краткие итоги выдающихся исследований в области противогазового дела одного из передовых русских ученых – профессора Н.А. Шилова. Таким образом, основы противогазовой науки были за-

ложены в нашей стране замечательными трудами Н.Д. Зелинского и его ученика Н.А. Шилова.

Работы академика М.М. Дубинина с сотрудниками в области адсорбции и создания средств ПХЗ

Будущий академик М.М. Дубинин начал свою научную деятельность двадцатилетним юношей, еще будучи студентом химического факультета Московского высшего технического училища (МВТУ). Становление М.М. Дубинина как ученого и педагога проходило в стенах этого старейшего учебного заведения страны под благотворным воздействием его учителя – замечательного ученого и выдающегося педагога профессора Н.А. Шилова. В дальнейшем деятельность М.М. Дубинина связана в основном с двумя учреждениями – Военной академией химической защиты им. С.К. Тимошенко (ВАХЗ), организованной в 1932 году на базе химического факультета МВТУ, и Институтом физической химии (ИФХ) АН СССР, где в 1946 году он организовал и возглавил лабораторию сорбционных процессов, преобразованную в 1966 году в отдел сорбционных процессов, состоящий из нескольких лабораторий [11].

Исследования М.М. Дубинина (при участии Е.Д. Завериной) в области сорбционных свойств активных углей с химически измененной поверхностью, начатые в 30-е годы [12–14] и продолженные затем во второй половине 50-х годов [15–17], открыли новое направление в изучении адсорбционных явлений, которое в настоящее время носит название химии поверхностей и получило весьма широкое распространение.

Совершенно новыми и оригинальными представлениями обогатили адсорбционную науку фундаментальные исследования М.М. Дубинина и его сотрудников, посвященные равновесной адсорбции. Результаты первых работ в этой области, начатых в 30-е годы, М.М. Дубинин трактовал в духе общепринятой в то время потенциальной теории адсорбции, созданной М. Поляни. Дальнейшие исследования привели его сначала к радикальным уточнениям и углублению этой теории, затем к ее полному переосмыслению и, наконец, к созданию совершенно новой теоретической концепции [18–20].

При изучении изотерм адсорбции паров различных веществ для многочисленных образцов активных углей, т.е. наиболее тонко пори-

стных адсорбентов, и температурной зависимости этих изотерм оказалось, что вся совокупность экспериментальных фактов находит объяснение в свете потенциальной теории адсорбции. Исходя из этого, М.М. Дубинин сформировал новое представление о коэффициенте подобия (аффинности) характеристических кривых и показал, что этот коэффициент вполне удовлетворительно аппроксимируется отношением мольных объемов или параметров исследуемого вещества и стандартного пара. В результате был предложен весьма важный в практическом отношении метод вычисления изотерм адсорбции парообразных веществ.

По теории дисперсионного взаимодействия отношение сил притяжения молекул к поверхности адсорбента приближенно равно отношению поляризуемостей и молекул паров. В таком же отношении находятся и работы, совершаемые адсорбционными силами, или адсорбционные потенциалы. Таким образом, для одинаковых заполнений адсорбционного пространства W для двух паров адсорбционные потенциалы находятся в постоянном отношении:

$$\frac{\xi}{\xi_0} = \frac{L}{L_0} = \beta.$$

Постоянная величина этого отношения β называется коэффициентом аффинности. Основная задача теории адсорбции заключается в нахождении функции распределения объема адсорбционного пространства W по адсорбционным потенциалам ξ :

$$W = f\left(\frac{\xi}{\beta}\right),$$

т.е. по уравнению характеристической кривой.

Оригинальный метод вычисления коэффициентов аффинности был развит Б.А. Васьковским [21], показавшим, что коэффициенты в лучшем случае приближения выражаются отношением паразоров веществ P по Сагдену:

$$\beta = \frac{P}{P_0}.$$

Парахоры, как известно, равны молярным объемам этих веществ в жидком состоянии, когда их поверхностные натяжения близки к еди-

нице. В этих условиях молекулярные силы притяжения вызывали бы одинаковое сжатие жидкостей и более точно соблюдалась бы пропорциональность их молярных объемов и объемов молекул.

Детальный анализ характеристических кривых, выражающих зависимость мольной дифференциальной работы адсорбции от заполненного объема адсорбционного пространства, позволил установить, что для умеренно проактивированных углей независимо от образца угля распределение адсорбционного пространства по адсорбционным потенциалам в интегральной форме выражается одним и тем же уравнением.

Этот результат привел М.М. Дубинина к решению задачи, перед которой оказалась бессильной классическая потенциальная теория адсорбции. В 1947 году, исходя из статистического толкования характеристической кривой, М.М. Дубинин совместно с Л.В. Радушкевичем получили универсальное уравнение изотермы адсорбции газов на микропористых адсорбентах при температурах ниже критической [22]. Широко известное в мировой литературе по адсорбции уравнение Дубинина – Радушкевича (ДР) выражает зависимость величины адсорбции от свойств сорбента (объема и размера пор), физико-химических констант сорбируемого вещества (мольного объема и давления насыщенного пара) и условий сорбции (температуры и относительного давления).

Адсорбенты первого структурного типа

Адсорбция газов, $T > T_{кр}$,

$$a = \frac{W_0}{b} e - B \frac{T^2}{\beta^2} \left(\frac{\lg \tau^2 k_p}{p} \right)^2. \quad (1)$$

Адсорбция паров

$$a = \frac{W_0}{v^*} e - B \frac{T^2}{\beta^2} \left(\frac{\lg p_s}{p} \right)^2, \quad (2)$$

где $\tau = \frac{T}{T_{кр}}$, W_0 – предельный объем адсорбционного пространства; B – структурная постоянная сорбента, характеризующая размер микропор; p – давление газа или пара; T – температура; v^* – мольный объем пара или газа.

Многочисленные обширные экспериментальные исследования углеродных адсорбентов [23] позволяют применить уравнения (1) и (2) в интервале заполнения объемов адсорбционного пространства от 0,06 до 0,94 или в интервале значений равновесного относительного давления, обычно охватывающих четыре порядка величин p/p_s .

Впоследствии глубокий и всесторонний анализ явлений, описываемых уравнениями ДР, привел М.М. Дубинина к радикальному пересмотру основ потенциальной теории, в рамках которой уравнение было первоначально сформулировано, и к созданию совершенно новой научной концепции, получившей название теории объемного заполнения микропор (ТОЗМ), которая объясняет процессы, протекающие при адсорбции газов и паров на микропористых адсорбентах.

На рис. 3 приведены разрезы противогазовых коробок, выпускаемых промышленностью в 30-х годах, на рис. 4 – общий вид противогаза 40–50-х годов с овальной коробкой МО-4.

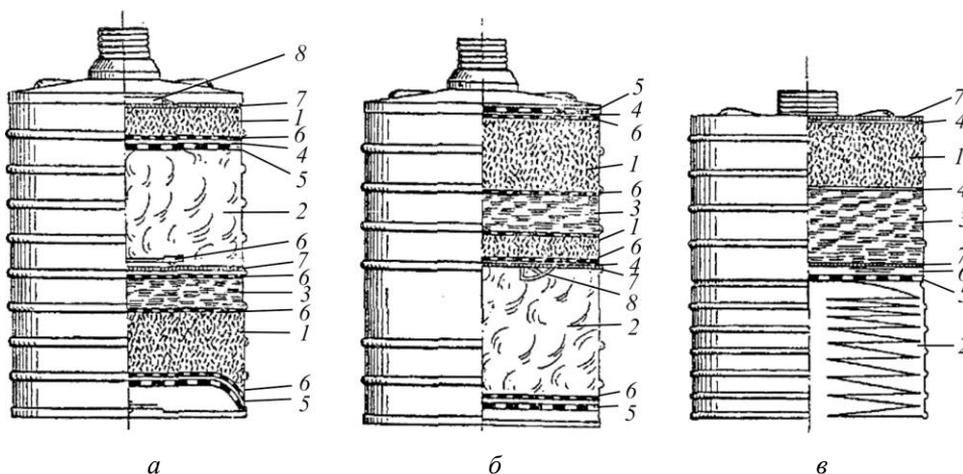


Рис. 3. Разрезы противогазовых коробок 30-х годов: *а* – противогазовая коробка Т-5: 1 – активированный уголь; 2 – противодымный фильтр; 3 – химический поглотитель; 4 – дополнительный патрон; 5 – штампованная сетка; 6 – проволочная сетка № 38; 7 – проволочная сетка № 20; 8 – пружины; *б* – противогазовая коробка Т-Ч: 1 – активированный уголь; 2 – противодымный фильтр; 3 – химический поглотитель; 4 – ватная прослойка; 5 – штампованная сетка; 6 – проволочная сетка № 38; 8 – пружина; *в* – противогазовая коробка МТ-4: 1 – активированный уголь; 2 – фильтр развернутый (гармошка); 3 – химический поглотитель; 4 – марлевая прокладка; 5 – штампованная сетка; 6 – спиральная пружина; 7 – проволочная сетка № 20

В 60–70-е годы М.М. Дубинин совместно с наиболее близкими своими соратниками Л.В. Радушкевичем, К.М. Николаевым,

Н.С. Поляковым, П.П. Золотаревым и другими выполняет новый большой цикл работ, посвященных изучению практически не исследованной области динамики адсорбции в тонких слоях сорбента в широком интервале проскоковых концентраций. Для этой области предложены получившие обширную экспериментальную проверку и нашедшие широкое применение уравнения, которые описывают начальную стадию распределения адсорбируемого вещества по слою сорбента и связывают время появления заданной концентрации за шихтой с основными параметрами слоя и условиями поглощения.

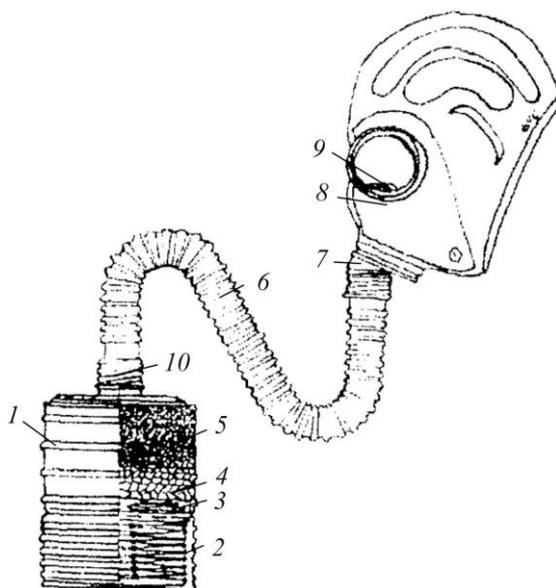


Рис. 4. Общий вид противогаза 40–50-х годов с овальной коробкой МО-4:
1 – коробка; 2 – противодымный фильтр; 3 – пружина; 4 – химический поглотитель; 5 – активированный уголь; 6 – гофрированная трубка;
7 – клапанная коробка; 8 – корпус шлем-маски; 9 – обтекатели;
10 – накидная гайка

Крупнейший специалист в области изучения средств противохимической защиты М.М. Дубинин в течение всей своей жизни работал над важнейшими задачами защиты войск и гражданского населения от отравляющих веществ. Он развивает исследования по динамике сорбции. Используя предложенные Н.А. Шиловым понятия и схему процесса, М.М. Дубинин нашел эмпирические формулы для расчета поглощающего слоя зерненого сорбента (шихты) и ввел представление о динамических характеристиках, позволяющих оценить динамическую активность слоя по отношению к заданному пару в зависимости от его

концентрации, скорости воздушного потока, зернения активного угля и особенностей его пористой структуры [23].

В заключение хотелось бы отметить, что характерной чертой научной деятельности М.М. Дубинина, всегда проявлявшего живой интерес к задачам большого народно-хозяйственного значения, является тесная связь глубоких теоретических исследований с практикой. Особо необходимо отметить многолетние исследования М.М. Дубинина, непосредственно направленные на решение важнейших практических задач оборонного значения и послужившие базой отечественной противогАЗовой техники.

Список литературы

1. Руководство по токсикологии отравляющих веществ / под ред. акад. С.Н. Голикова. – М.: Медицина, 1972. – 471 с.
2. Некрасов А.С. Работа акад. Н.Д. Зелинского над созданием универсального фильтрующего противогАЗа // Академик Н.Д. Зелинский. Девяностолетие со дня рождения / отв. ред. Б.А. Казанский. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1952. – 45 с.
3. Ловиц Т.Е. Избранные труды по химии и химической технологии / под ред. Н.А. Фигуровского. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1955. – 619 с.
4. Зелинский Н.Д., Садиков В.С. Уголь как «противогАЗ» // Н.Д. Зелинский. Избранные труды. Классики науки / под ред. акад. А.А. Баландина. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1968. – 688 с.
5. Фигуровский Н.А. Очерк возникновения угольного противогАЗа Н.Д. Зелинского / под ред. и с пред. акад. М.М. Дубинина. – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1952. – 203 с.
6. Хлопин Г.В. Военно-санитарные основы противогАЗового дела. – Л.: Науч.-техн. изд-во Высш. совета нар. хоз-ва, 1930.
7. Локтев С.М. Академик Ипатьев – химик нового века. – М.: Знание, 1991. – 32 с. – (Новое в жизни, науке, технике).
8. Фигуровский Н.А. Замечательное русское изобретение (К 40-летию изобретения угольного противогАЗа Н.Д. Зелинского). – М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1956. – 53 с.
9. Александр Николаевич Шилов: сб. / под ред. акад. М.И. Дубинина; Воен. акад. хим. защиты. – М., 1964. – 195 с.
10. Шилов Н.А., Лепинь Л.К., Вознесенский С.А. К вопросу об адсорбции постороннего гАЗа из тока воздуха // Журн. Рус. физ.-хим. об-ва. – 1929. – Т. 61, вып. 7. – С. 1107–1123.
11. Серпинский В.В., Николаев К.М. Краткий очерк научной, педагогической, научно-организационной и общественной деятельности // М.М. Ду-

бинин: материалы и библиографии ученых СССР. Химические науки. – 1981. – Вып. 69. – С. 9–33.

12. Дубинин М.М. О специфических адсорбционных свойствах активных углей: 3. Характер пористости угля и время достижения адсорбционного равновесия // Журн. общ. хим. – 1931. – Т. 1, вып. 2. – С. 279–287.

13. Дубинин М.М., Семенова С.А. Об активировании древесины смесью неорганических прибавок // Военная химия. – 1932. – № 1–2. – С. 15–18.

14. Дубинин М.М., Заверина Е.Д. Исследование адсорбции растворенных веществ различными активными углями // Журн. физ. хим. – 1933. – Т. 4, вып. 3. – С. 308–325.

15. Дубинин М.И., Заверина Е.Д. Исследование изотерм сорбции паров бензола и воды / Изв. Акад. наук СССР Отд. хим. и наук о материалах. – 1955. – № 4. – С. 594–602.

16. Дубинин М.М. Поверхностные окислы и адсорбционные свойства активных углей // Успехи химии. – 1955. – Т. 24, вып. 5. – С. 513–526.

17. Дубинин М.М., Заверина Е.Д. Исследование влияния химически адсорбированного и хемосорбированного кислорода на адсорбционные свойства активных углей под парами воды / Изв. Акад. наук СССР Отд. хим. и наук о материалах. – 1956. – № 9. – С. 1038–1049.

18. Дубинин М.М. Потенциальная теория адсорбции газов и паров для адсорбентов с энергетически неоднородной поверхностью // Получение, структура и свойства сорбентов: науч.-техн. конф., 2–10 декабря 1957 г. – Л.: Госхимиздат, 1959 – С. 347.

19. Дубинин М.М., Беринг Б.П., Серпинский В.В. Вычисление дифференциальных теплот адсорбции паров на активных углях // Изв. Акад. наук СССР Отд. хим. и наук о материалах. – 1959. – № 6. – С. 981–988.

20. Дубинин М.М. Теория физической адсорбции газов и паров и адсорбционные свойства адсорбентов различной природы и пористой структуры // Изв. Акад. наук СССР Отд. хим. и наук о материалах. – 1960. – № 7. – С. 1153–1161.

21. Дубинин М.М., Заверина Е.Д. Исследование адсорбции газов активными углями // Докл. Акад. наук СССР. – 1950. – Т. 72, № 2. – С. 319–322.

22. Дубинин М.М., Радужкевич Л.В. К вопросу об уравнении характеристической кривой для активных углей // Докл. Акад. наук СССР. – 1947. – Т. 55, № 4. – С. 331–334.

23. Дубинин М.М., Чмутов К.В. Физико-химические основы противогазового дела / Воен. акад. хим. защиты им. К.Е. Ворошилова. – М., 1939. – 294 с.

References

1. Rukovodstvo po toksikologii otravlyayuschikh veschestv [Guide to toxicology of toxic agents]. Ed. S.N. Golikov. Moscow: Meditsina, 1972. 471 p.

2. Nekrasov A.S. Rabota akademika N.D. Zelinskogo nad sozdaniem universalnogo filtruyushchego protivogaza [Work of the academician N.D. Zelinsky over creation of the universal filtering gas mask]. *Akademik N.D. Zelinskiy. Devyanostoletie so dnya rozhdeniya*. Ed. B.A. Kazanskii. Moscow: Akademiya nauk USSR, 1952. 45 p.

3. Lovits T.E. Izbrannyye trudy po khimii i khimicheskoy tekhnologii [The chosen works in chemistry and chemical technology]. Ed. N.A. Figurovskii. Moscow: Akademiya nauk USSR, 1955. 619 p.

4. Zelinskiy N.D., Sadikov V.S. Ugol kak “protivogaz” [Coal as “gas mask”]. *N.D. Zelinskiy. Izbrannyye trudy*. Ed. A.A. Balandin. Moscow: Akademiya nauk USSR, 1968. 688 p.

5. Figurovskiy N.A. Ocherk vozniknoveniya ugolnogo protivogaza N.D. Zelinskogo [Sketch of emergence of a coal gas mask of N. D. Zelinsky]. Ed. M.M. Dubinin. Moscow: Akademiya nauk USSR, 1952. 203 p.

6. Khlopin G.V. Voennno-sanitarnyye osnovy protivogazovogo dela [Military and sanitary bases of antigas case]. Leningrad: Nauchno-tekhnicheskoe izdatelstvo Vysshogo soveta narodnogo khozyaistva, 1930.

7. Loktev S.M. Akademik Ipatov – khimik novogo veka [Ipatov – the chemist of a new century]. Moscow: Znaniye, 1991. 32 p.

8. Figurovskiy N.A. Zamechatelnoye russkoye izobretenie (K 40-letiyu izobreteniya ugolnogo protivogaza N.D. Zelinskogo) [Remarkable Russian invention (The 40th anniversary of the invention of the coal gas mask N.D. Zelinsky)]. Moscow: Akademiya nauk USSR, 1956. 53 p.

9. Aleksandr Nikolaevich Shilov [Alexander N. Shilov]. Ed. M.I. Dubinin. Moscow: Voennaya akademiya khimicheskoy zashchity, 1964. 195 p.

10. Shilov N.A., Lepin L.K., Voznesenskiy S.A. K voprosu ob adsorbtsii postoronnyego gaza iz toka vozdukha [To a question of adsorption of foreign gas from an air stream]. *Zhurnal Russkogo fiziko-khimicheskogo obshchestva*, 1929, vol. 61, iss. 7, pp. 1107-1123.

11. Serpinskiy V.V., Nikolaev K.M. Kratkiy ocherk nauchnoy, pedagogicheskoy, nauchno-organizatsionnoy i obshchestvennoy deyatel'nosti [A brief account of the scientific pedagogical, scientific organizational and social activities]. *M.M. Dubinin: Materialy i bibliografii uchenykh USSR. Khimicheskie nauki*, 1981, vol. 69, pp. 9-33.

12. Dubinin M.M. O spetsificheskikh adsorbtsionnykh svoystvakh aktivnykh ugley: 3. Kharakter poristosti uglya i vremya dostizheniya adsorbtsionnogo ravnovesiya [About specific adsorptive properties of active coals: 3. Nature of porosity of coal and time of achievement of the adsorptive balance]. *Zhurnal obschey khimii*, 1931, vol. 1, iss. 2, pp. 289-287.

13. Dubinin M.M., Semenova S.A. Ob aktivirovaniy drevesiny smesyu neorganicheskikh pribavok [About wood activation by mix of inorganic increases]. *Voennaya khimiya*, 1932, no. 1-2, pp. 15-18.

14. Dubinin M.M., Zaverina E.D. Issledovanie adsorbtsii rastvorenykh veschestv razlichnymi aktivnymi uglyami [Research of adsorption of the dissolved substances various active coals]. *Zhurnal fizicheskoy khimii*, 1933, vol. 4, iss. 3, pp. 308-325.

15. Dubinin M.I., Zaverina E.D. Issledovanie izoterm sorbtsii parov benzola i vody [Research of isotherms of sorption of vapors of benzene and water]. *Izvestiya Akademii nauk USSR. Otdelenie khimii i nauk o materialakh*, 1955, no. 4, pp. 594-602.

16. Dubinin M.M. Poverkhnostnye okisly i adsorbtsionnye svoystva aktivnykh ugley [Surface oxides and the adsorptive properties of active coals]. *Uspekhi khimii*, 1955, vol. 24, iss. 5, pp. 513-526.

17. Dubinin M.M., Zaverina E.D. Issledovanie vliyaniya khimicheskii adsorbirovannogo i khemosorbirovannogo kisloroda na adsorbtsionnye svoystva aktivnykh ugley pod parami vody [Research of influence of chemically adsorbed and hemosorbirivanny oxygen on the adsorptive properties of active coals on water vapors]. *Izvestiya Akademii nauk USSR. Otdelenie khimii i nauk o materialakh*, 1956, no. 9, pp. 1038-1049.

18. Dubinin M.M. Potentsialnaya teoriya adsorbtsii gazov i parov dlya adsorbentov s energeticheskii neodnorodnoy poverkhnostyu [The potential theory of adsorption of gases and vapors for adsorbents with energetically non-uniform surface]. *Poluchenie, struktura i svoystva sorbentov*, 2-10 dekabrya 1957. Leningrad: Goskhimizdat, 1959, pp. 347.

19. Dubinin M.M., Bering B.P., Serpinskiy V.V. Vychislenie differentsialnykh teplot adsorbtsii parov na aktivnykh uglyakh [Calculation of differential warmth of adsorption of vapors on active coals]. *Izvestiya Akademii nauk USSR. Otdelenie khimii i nauk o materialakh*, 1959, no. 6, pp. 981-988.

20. Dubinin M.M. Teoriya fizicheskoy adsorbtsii gazov i parov i adsorbtsionnye svoystva adsorbentov razlichnoy prirody i poristoy struktury [Theory of physical adsorption of gases and vapors and the adsorptive properties of adsorbents of various nature and porous structure]. *Izvestiya Akademii nauk USSR. Otdelenie khimii i nauk o materialakh*, 1960, no. 7, pp. 1153-1161.

21. Dubinin M.M., Zaverina E.D. Issledovanie adsorbtsii gazov aktivnymi uglyami [Research of adsorption of gases active coals]. *Doklady Akademii nauk USSR*, 1950, vol. 72, no. 2, pp. 319-322.

22. Dubinin M.M., Radushkevich L.V. K voprosu ob uravnenii kharakteristicheskoy krivoy dlya aktivnykh ugley [To a question of the equation of a characteristic curve for active coals]. *Doklady Akademii nauk USSR*, 1947, vol. 55, no. 4, pp. 331-334.

23. Dubinin M.M., Chmutov K.V. Fiziko-khimicheskie osnovy protivogazovogo dela [Physical and chemical bases of antigas case]. Moscow: Voennaya akademiya khimicheskoy zashchity imeni K.E. Voroshilova, 1939. 294 p.

Об авторах

Олонцев Валентин Федорович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор кафедры порошкового материаловедения Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: olontsevvf@gmail.com).

Фарберова Елена Абрамовна (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры химии и биотехнологий Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: elenafarb@gmail.com).

Минькова Анфиса Андреевна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры порошкового материаловедения Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: minkova20@gmail.com).

Генералова Ксения Николаевна (Пермь, Россия) – магистрант кафедры порошкового материаловедения Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29; e-mail: generalovakn_21_1992@mail.ru).

About the authors

Valentin F. Olontsev (Perm, Russian Federation) – doctor of technical science, professor, department of materials and technology, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: olontsevvf@gmail.com).

Elena A. Farberova (Perm, Russian Federation) – Ph.D. of technical sciences, department of chemical technology and biotechnology, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: elenafarb@gmail.com).

Anfisa A. Minkova (Perm, Russian Federation) – master student, department of materials and technology, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: minkova20@gmail.com).

Kseniya N. Generalova (Perm, Russian Federation) – master student, department of materials and technology, Perm National Research Polytechnic University (Komsomolsky av., 29, Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: generalovakn_21_1992@mail.ru).

Получено 14.02.2015