

THE "OLD TOWN – NEW GARDEN" MODEL FOR ARCHITECTURAL AND PLANNING REHABILITATION OF TERRITORIES CONTAMINATED WITH RADIONUCLIDES

E. Y. PARTNY

Belarusian State University of Transport, Gomel

УДК 628.621

ПОРИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ ФИЛЬТРОВ И АЭРАТОРОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ РАЗНЫМИ МЕТОДАМИ

*В. В. САВИЧ¹, Д. Ю. ВЕРБИЦКИЙ¹, Р. П. ГОЛОДОК¹, И. А. НИКИТИНА¹,
Л. П. ПИЛИНЕВИЧ², А. М. ТАРАЙКОВИЧ¹*

*¹Институт порошковой металлургии им. академика О. В. Романа,
г. Минск, Республика Беларусь
savich.vadim@gmail.com*

²Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, г. Минск

Актуальность. Пористые материалы (металлические и полимерные сетки, объёмно-пористые полимеры и керамика, спеченные порошковые металлические материалы и др.) широко используются в установках и сооружениях водоподготовки в качестве: картриджей фильтров грубой и тонкой очистки воды от механических загрязнений; элементов дренажа насыпных фильтров; аэраторов реакторов флотационной очистки и обезжелезивания; аэраторов для ввода озono-воздушной смеси в воду при ее финальной очистке и обеззараживании. Диапазон структурных характеристик указанных пористых материалов (ПМ) достаточно широк: размеры пор (просветов) – от микрометров до миллиметров; пористость объёмная и поверхностная – от 24–30 до 60–70 %. Предельные рабочие температуры и допустимый перепад давления также находятся в широких пределах, определяемых в первую очередь характеристиками исходного сырья. Безусловно, стоимость ПМ также может сильно отличаться по этой же причине.

Целью работы является анализ свойств ПМ, фильтров и аэраторов из них, разработка обоснованных рекомендаций по их предпочтительному применению.

Основные результаты. Исследования проводились как путем анализа научно-технической литературы по теме, так и на основании собственного многолетнего опыта работы по созданию ПМ и изделий для очистки воды.

Сетки, сетчатые фильтрующие и дренажные элементы из них – наиболее простые и относительно недорогие ПМ. Они, как правило, выполнены из коррозионностойкой стали (рисунок 1).

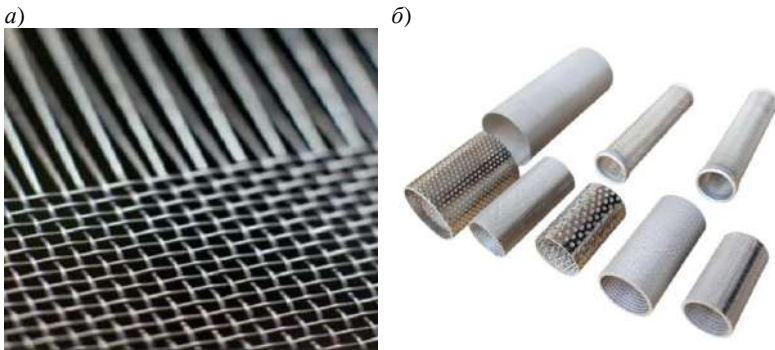


Рисунок 1 – Сетка из коррозионностойкой стали (а) и пористые элементы из нее (б)

Размер ячеек подбирается так, чтобы они не препятствовали потоку воды, но задерживали крупные загрязнения. Преимущество таких фильтров – относительная дешевизна и возможность регенерации. Для промывки сетки достаточно пустить обратный поток чистой воды. После очистки эффективность фильтрации приближается к первоначальному уровню. На сетках реализуется режим поверхностной фильтрации. Известны сведения об использовании многослойных сетчатых фильтроэлементов, в которых размер ячейки изменяется от слоя к слою, что позволяет повысить эффективность путем объёмной фильтрации. Однако такие градиентные сетчатые многослойный ПМ существенно дороже однослойных.

В зависимости от типа переплетения сетка нержавеющей тканая может быть:

- полотняная – переплетаются с проволоками основы (через одну) нити утка;
- саржевая плетения одностороннего – с нитями основы переплетаются (через две) проволоки утка;
- саржевая плетения двустороннего – переплетаются (через одну и две) с проволоками основы расположенные друг к другу впрыток нити утка (данный тип плетения иногда называют «голландским плетением»).

В таблице 1 приведены характеристики тканых проволочных фильтровых сеток, составленные на основе ГОСТ 3187 и данных производителей. По данным таблицы тонкость фильтрации сеток находится в пределах 140–400 мкм, что определяет их использование преимущественно в системах предварительной грубой очистки. Поэтому массово они применяются для очистки уже подготовленной водопроводной воды перед счетчиками в квартирах и индивидуальных домах, предохранения механических счетчиков не только от повреждений, но и от занижения показаний вследствие попадания продуктов коррозии трубопроводов и арматуры.

Таблица 1 – Характеристики тканых проволочных фильтровых сеток

Номер сетки	Тонкость фильтрации, мкм /номинальная тонкость фильтрации	Диаметр проволоки основы, мм	Диаметр проволоки утка, мм	Теоретическая масса 1 м ² сетки, кг
П 24	350–400	0,70	0,40	3,49
П 28	330–340	0,60	0,40	3,39
П 32	300–320	0,60	0,40	3,47
П 36	260–315	0,50	0,40	3,33
П 40	245–310	0,50	0,35	3,18
П 48	210–280	0,45	0,30	2,63
П 52	200–250	0,45	0,28	2,64
П 56	180–230	0,40	0,28	2,54
П 60	170–215	0,40	0,28	2,58
П 64	160–195	0,35	0,22	2,03
П 68	165–190	0,35	0,22	2,07
П 72	140–150	0,30	0,20	1,82
П 76	135–140	0,30	0,20	1,83

Получили распространение сетки галунного плетения из полиамида б или полиэфира (рисунок 2), которые чаще всего используются в скважинных фильтрах для первичной очистки подземных вод от песка и мелкозернистых минеральных частиц. Недостаток полимерных сеток – невысокие рабочее давление и температура, а главное преимущество – низкая цена по сравнению с металлическими.

Галунное плетение представляет собой двойное плетение нитей с основой. В результате этого улучшаются фильтрующие способности сетки, так как ячейки не видны на просвет, при этом без уменьшения протока воды.

Пористые волокнистые полимерные материалы (ПВПМ) отличаются от сетчатых объемным режимом фильтрации, возможностью формирования градиентной пористой структуры [1, 2].



Рисунок 2 – Полимерные фильтрующие сетки галунного плетения

В Институте механики металлополимерных систем имени В. А. Белого НАН Беларуси разработаны технология и оборудование аэродинамического распыления расплава полимеров (*meltblowing*) для производства ПВПМ, фильтрующих элементов, аэраторов из них, имеющих волокнистую пористую структуру (рисунок 3) [3, 4]. В качестве сырья для их производства используются термопластичные полимеры, такие как полипропилен, полиэтилен, полиамид и некоторые другие.

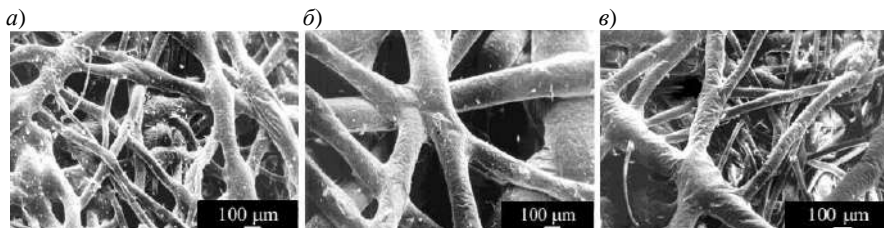


Рисунок 3 – Электронно-микроскопические изображения ПВПМ на основе ПЭВД:
а – пористость $\Pi = 28\%$; б – $\Pi = 39\%$; в – $\Pi = 46\%$ [3]

Изначально ПВПМ использовались для тонкой фильтрации газовых сред благодаря тому, что могут иметь электретенный заряд, содержать магнитные и адсорбционно-активные наполнители. Однако впоследствии они также нашли применение для очистки скважинной воды от железосодержащих примесей; для очистки пищевых жидкостей, в том числе молока, от механических загрязнений, микробных и соматических клеток с достижением показателей качества молока «Экстра». В 80–90-е гг. XX века дисковые и трубчатые ПВПМ широко использовались в качестве аэраторов систем биохимической очистки сточных вод [5].

В Институте механики металлополимерных систем имени В. А. Белого разработана оригинальная технология получения волокнисто-пористого материала «Грифтекс» из политетрафторэтилена (ПТФЭ) методом лазерной абляции [6]. Материал состоит из коротких волокон средним диаметром 10–15 мкм и длиной 0,2–2 мм. Тонкость фильтрации – до 1 мкм. Пористость составляет 85–90 % (рисунок 4).

Производится в виде ваты и фетра. Материал «Грифтекс» обладает малой адсорбционной памятью, гидрофобностью (лиофильностью), стойкостью к агрессивным жидкостям и газам, УФ-излучению, высокой термостойкостью. По химическим и термическим свойствам он полностью соответствует исходному ПТФЭ. «Грифтекс» применяется в качестве фильтровального материала при изготовлении различного фильтрующего оборудования, работающего в интервале температур от -196 до $+260$ °С. Изначально ПМ «Грифтэкс» был предназначен для очистки и осушки воздуха и технологических газов, сепарации капельной влаги. Затем подтвердил свою эффек-

тивность при тонкой очистке технологических жидкостей и смазок, а в последствии – и воды.

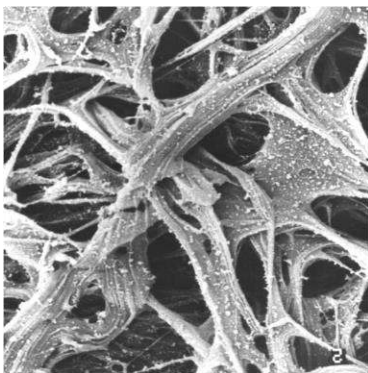


Рисунок 4 – Электронно-микроскопические изображения ПВПМ на основе ПТФЭ «Грифтекс» [6]

Пористая фильтрующая керамика занимает значимое место среди разработок Института общей и неорганической химии НАН Беларуси [7]. В качестве исходных материалов используют недорогое и доступное сырье: кварцевые пески марок ВС-020 и ВС-030 ГОСТ 22551-77 (силикаты), продукты размола фарфорового боя (алюмосиликаты), в которых содержится до 68,1 % SiO_2 и 23,6 % Al_2O_3 [7]. На рисунке 5 представлена микроструктура такого пористого керамического трубчатого фильтроэлемента.

Пористые керамические элементы также производят из электрокорунда (Al_2O_3), каолина, глинозема, другого минерального или синтезированного дисперсного сырья [8–10], а также стеклокерамики [11].

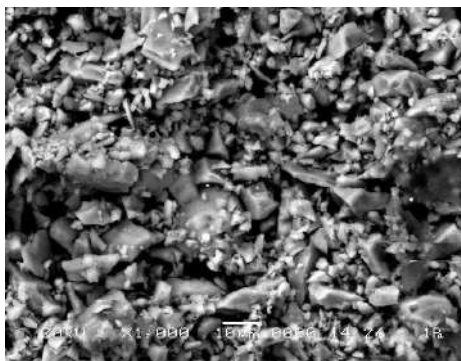


Рисунок 5 – Микроструктура пористой проницаемой керамики [7]

Наиболее распространенным типом мелкопузырчатого аэратора является уже более 100 лет фильтросная пластина размером 300×300 мм и толщиной 35 мм, изготавливаемая из шамота на связке жидкого стекла с мелкой шамотной пылью или из кварцевого песка и кокса на связке бакелитовой смолы. Структура этого ПМ представлена на рисунке 6 [5].

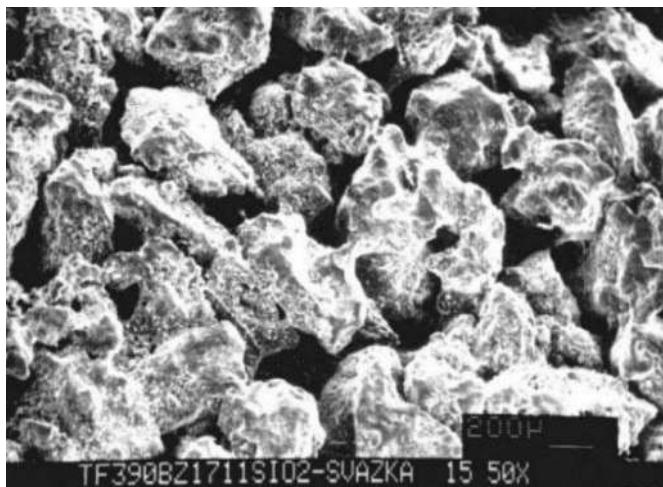


Рисунок 6 – Поверхность фильтросной плиты [5]

Пористые материалы из порошков металлов. В технологии водоподготовки используют для получения пористых элементов, как правило, два исходных порошка – коррозионностойких сталей и титана [5] (рисунок 7). Первые – предпочитают зарубежные производители, вторые – отечественные. Причины такого разделения – массовое промышленное производство на Западе распыленных порошков коррозионностойких сталей, в первую очередь – марки 316L, разрешенной к использованию в оборудовании пищевой и фармацевтической промышленности, в медицине, высокая цена порошков титана и титановых сплавов, которые производятся преимущественно сферической формы. В России и Украине, наоборот, со времен СССР освоено промышленное производство губчатых порошков титана, обладающих хорошей прессуемостью и являющихся промежуточным продуктом магний-термического восстановления – титановой губки, которую затем измельчают и подвергают рассеву на фракции. В пользу титана в очистке воды свидетельствует и слабый бактерицидный эффект оксида титана на его поверхности [5] – напоминающий действие ионов серебра. Благодаря этому эффекту титановые пористые элементы меньше подвержены биообрастанию, повышают степень очистки воды по сравнению с иными пористыми элементами.

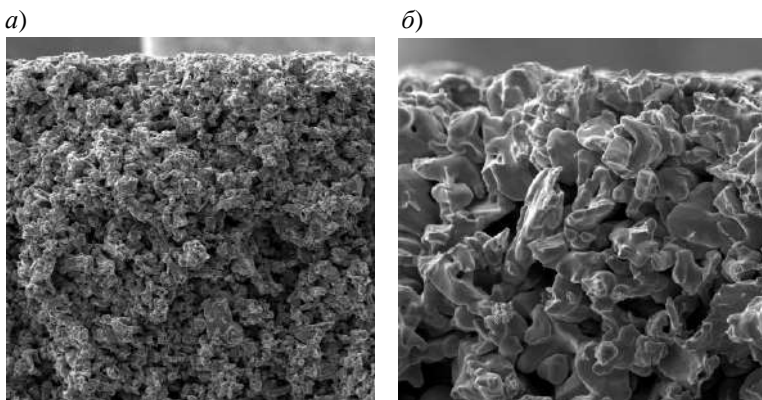


Рисунок 7 – Микроструктура пористого элемента из порошка стали 316L (а) и двухслойного из порошка губчатого титана (б)

В Институте порошковой металлургии имени академика О. В. Роман разработан ряд процессов формования и спекания трубчатых и плоских пористых элементов из порошка губчатого титана, которые более 40 лет успешно применяются в качестве фильтроэлементов и аэраторов в различных установках и сооружениях очистки питьевой и технической воды. Решающим преимуществом пористых титановых элементов при фильтрации и аэрации питьевой воды является их радикально большой (до 16–18 лет по опыту эксплуатации на предприятии речного водозабора ПО «Минскводоканал» [12]) срок эксплуатации, который нивелирует и относительно высокую их цену по сравнению с ПМ из керамики и полимеров.

В распоряжении специалистов – разработчиков систем водоподготовки, специалистов, эксплуатирующих сооружения и установки очистки воды, имеется широкий выбор ПМ различной цены и технических характеристик, который может удовлетворить всем современным требованиям.

Список литературы

- 1 Полимерные волокнистые melt-blown материалы / В. А. Гольдаде [и др.] ; под науч. ред. Л. С. Пинчука. – Гомель : ИММС НАНБ, 2000. – 260 с.
- 2 Полимерные волокнисто-пористые фильтрующие материалы / А. Г. Кравцов [и др.] ; под общ. ред. Ю. М. Плескачевского. – Гомель : БелГУТ, 2012. – 319 с.
- 3 **Кудина, Е. Ф.** Применение волокнистых материалов в технологиях очистки воды / Е. Ф. Кудина // Водоснабжение, химия и прикладная экология : материалы Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 22 марта 2021 г. / редкол. : Е. Ф. Кудина [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 42–47.
- 4 **Кудина, Е. Ф.** Волокнистые материалы в технологиях очистки воды / Е. Ф. Кудина, С. Ю. Коновалов // Актуальные научно-технические и экологические

проблемы сохранения среды обитания : сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 55-летию Брест. гос. техн. ун-та и 50-летию ф-та инженерных систем и экологии, Брест, Беларусь, 7–8 октября 2021 г. / Брест. гос. техн. ун-т; редкол. : А. А. Волчек [и др.] ; науч. ред. А. А. Волчек, О. П. Мешик. – Брест : БрГГУ, 2021. – С. 195–202.

5 **Жерноклев, А. К.** Аэрация и озонирование в процессах очистки воды / А. К. Жерноклев, Л. П. Пилиневич, В. В. Савич ; под ред. Н. В. Холодинской. – Минск : Тонпик, 2002. – 129 с.

6 Лазерная абляция политетрафторэтилена / П. Н. Гракович [и др.] // Российский химический журнал. – 2008. – № 3. – С. 97–105.

7 Пористые керамические материалы для очистки воды из минерального сырья Беларуси / А. И. Ратько [и др.] // Порошковая металлургия. – 2007. – Вып. 30. – С. 198–202.

8 Пористая алюмосиликатная керамика / С. М. Азаров [и др.]. – Минск : Ковчег, 2009. – 258 с.

9 **Смирнова, К. А.** Пористая керамика для фильтрации и аэрации / К. А. Смирнова. – М. : Госстройиздат, 1968. – 171 с.

10 Свойства пористой проницаемой керамики на основе монофракционных порошков корунда и нанодисперсного связующего / Б. Л. Красный [и др.] // Стекло и керамика. – 2009. – № 6. – С. 18–21.

11 Фильтрующие стеклокерамические пористые материалы для очистки воды / М. И. Рыщенко [и др.] // Экология и промышленность. – 2009. – № 1. – С. 33–35.

12 Пористые элементы дисковых аэраторов, спеченные из губчатого порошка титана: изменение свойств после регенерации / Л. П. Пилиневич [и др.] // Порошковая металлургия. – 2010. – № 33. – С. 306–309.

POROUS MATERIALS OF FILTERS AND AERATORS FOR WATER TREATMENT BY DIFFERENT METHODS

*V. V. SAVICH¹, D. YU. VERBITSKY¹, R. P. GOLODOK¹, I. A. NIKITINA¹, L. P. PILINEVICH²,
A. M. TARAIVICH¹*

¹Institute of Powder Metallurgy named after Academician O.V. Roman, Minsk, Republic of Belarus,

²Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk