

# ИСТОРИЯ И СОВРЕМЕННОСТЬ ФИЛЬТРАЦИОННОГО БИЗНЕСА 3M

■ М. Терентьев,  
канд. биол. наук, ЗАО «3M Россия», ведущий специалист по разработке технологий фильтрации 3M Purification

3M – это крупная международная многопрофильная корпорация, одна из самых передовых мировых компаний по инновационному потенциалу. 3M – аббревиатура трех слов Minnesota Mining and Manufacturing (Миннесотская Добывающая и Производящая). Компания уверенно работает на ключевых рынках уже более 110 лет и относится к немногочисленным долгожителям большого бизнеса. Во многом, устойчивость компании обеспечивается четким финансовым управлением и ее диверсифицированностью. 3M производит широкий спектр востребованных современным рынком изделий на основе более, чем 45 технологических платформ, среди которых, в данном контексте, уместно специально упомянуть такие, как фильтрация и сепарация, пористые материалы и мембраны, нетканые материалы, пленки, микрорепликация, модификация поверхностей, биотехнологии, формовка. Именно взаимодействие перечисленных технологических платформ дают синергический эффект при разработке и производстве перспективных материалов и изделий для фильтрации разнообразных сред в производстве, воды в быту и средств индивидуальной защиты.

Конечно, имя 3M известно многим по другим знаменитым продуктам, созданным и другими технологическими платформами: абразивы (Полировка 3M™, Scotch-Brite™), адгезивы и пленки (липкие ленты Scotch® и Post-it®, пластыри Nexcare™), материалы для стоматологии и ортодонтии (3M ESPE), формовка и микрорепликация (световозвращающие материалы Scotchlite®) и многие другие. В историческом списке инновационных достижений компании: первая водостойкая наждачная бумага, первая в мире клейкая лента Scotch, первые в мире световозвращающие дорожные знаки, уникальный утеплитель Thinsulate® первые одноразовые респираторы, первая магнитная лента Scotch, первая цветная видеолента Scotch®, первый в мире проектор, клейкие листочки Post-It®, светосиливающая пленка для плоских экранов LED Design Light, первый микропроектор 3M™ MPro 110 и многие другие пионерские изделия и группы продуктов. За последние 5 лет компания инвестировала в разработки и инновации более 7,3 миллиардов долларов и темпы этих инвестиций растут. Штат технических специалистов, разработчиков и ученых насчитывает более 10 000 человек. Компания имеет 85 лабораторий в 35 странах мира и является держателем более

45 тыс. патентов. Доходы 3M от продаж изделий, выпущенных на рынок за последние 4-5 лет, составляют не менее 30%. В Россию компания 3M пришла в 1991 году всерьез и надолго. Это утверждение сейчас подтверждается расширением уже существующего в Волоколамске производства и ускоренным развитием его лабораторной базы, строительством второго

производственного комплекса в Татарстане, программой развития технологических и клиентских центров по стране.



Говоря об истоках финансовой стабильности компании 3M, важно учесть, что на протяжении многих лет корпорация ведет очень взвешенную и активную политику приобретения эффективных компаний, соответствующих 3M по инновационной культуре и способных производить высокотехнологичные изделия, востребованные рынком. За последние несколько лет компания произвела не одно поглощение, связанное с технологиями фильтрации и сепарации. В 2005 году 3M приобрела компанию CUNO

Incorporation, история которой также перевалила за сотню лет. Приобретение компании CUNO принесло 3M пакет из более, чем 200 патентов на идеи и технологии в области фильтрации. Компания CUNO являлась первым мировым разработчиком и производителем щелевых самоочищающихся фильтров Turno-Klean™, первого материала Zeta Plus™ (1973 г), заменившего асбестоцеоллюлозные фильтры, нейлоновых стерилизующих мембранных фильтров LifeASSURE™ (бывший Zetapor™ (1981 г)), первых глубоких фильтров с градиентом пористости из волокна, производимых по технологии импрегнирования термополимеризующейся смолой Micro-Klean™, патент и первое производство глубоких полипропиленовых патронов по оригинальной интрузионной технологии Micro-Klean™ (бывший PolyKLEAN™) и многих других современных технологий производства пористых материалов и изделий с их применением.

Кроме того, несколько прорывных разработок по мембранным технологиям (FlexN™, APT™ и др.) вывели компанию на оперативный простор инновационных предложений рынку. Финансовые возможности корпорации 3M позволили инвестировать в разработки, находившиеся на различных этапах на пути к рынку, и за период с 2005 по 2013 каждый год знаменуется выведением на рынок новых актуальных изделий. Эти инвестиции существенно усилили портфель разработок и изделий для фильтрации и сепарации, сделав компанию 3M одним из крупных мировых игроков в данном бизнесе. Теперь бизнес-группа 3M, занимающаяся продукцией для фильтрации, носит название 3M Purification.



Рис. 1 Оригинальный способ гофрирования мембраны в патроне, изготовленном с использованием технологии APT™ виден на срезе патрона.

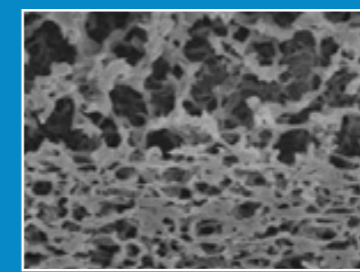


Рис. 2 Фото с экрана электронного микроскопа среза нейлоновой мембраны, изготовленной по технологии FlexN™. Движение потока при фильтрации продукта вертикально сверху - вниз.

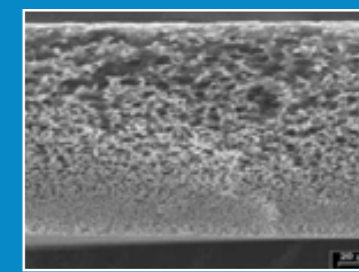


Рис. 3 Фото с экрана электронного микроскопа среза одного фильтрующего слоя полиэфирсульфоновой мембраны мембранного фильтра LifeASSURE™ PDA. Движение потока при фильтрации продукта вертикально сверху - вниз.

К сегодняшнему моменту бизнес группа 3M Purification имеет в своем продуктовом портфеле продукцию, находящую спрос в разных секторах производства от микроэлектроники и фармпроизводства до водоочистки и нефтепереработки. Для фармпроизводства компания 3M предлагает группу оригинальных стерилизующих мембранных материалов и изделий из них. Это традиционная и существенно обновленная технология производства нейлоновых мембран. Фильтропатроны LifeASSURE™ 020SP с модифицированным зарядом нейлоновой мембраны (Neylon 66), позволяют сочетать стерилизующую фильтрацию препаратов с контролем уровня эндотоксинов в препарате. Этот материал с непревзойденным уровнем плотности заряда на мембране обладает очень высокой сорбционной емкостью по эндотоксинам.

Развитие технологий производства нейлоновых мембран принесло успех при создании нового поколения мембран FlexN™. Их производство основано на технологии вертикального нанесения мембраны и позволяет со-

четать в одной мембранной структуре до трех слоев с различными размерами пор. При меньшем сопротивлении потоку такая мембранная структура позволяет распределять загрязнение различных размерных классов по разным зонам одной и той же мембранной структуры, что радикально увеличивает ресурсные характеристики таких мембран. Например, при традиционной организации финальной стерилизующей фильтрации последовательно располагаются друг за другом мембраны 0,45 мкм и мембрана 0,2 мкм. Применение технологии FlexN™ при той же общей толщине мембранных слоев легко обеспечивает структуру 0,8 мкм - 0,65 мкм - 0,45 мкм - 0,2 мкм. При этом производительность фильтрации в расчете на единицу поверхности нейлоновой мембраны существенно увеличивается.

Современные тенденции в развитии технологий стерилизующей фильтрации – применение полиэфирсульфоновых мембранных структур компания 3M реализовала, выпустив мембранные патроны с высокоасси-

метричной структурой пор. По сути дела - это мембранная структура с непрерывным градиентом размеров пор. Эта структура пор сделала фильтропатроны LifeASSURE™ PDA очень конкурентоспособным продуктом на рынке. Химическая стойкость полиэфирсульфона в сочетании с такой структурой пор придала этим изделиям такое выгодное сочетание потребительских характеристик, что этот патрон сейчас является одним из уверенных лидеров рынка стерилизующих патронов в мире. Все перечисленные мембранные фильтропатроны 3M производятся с применением оригинальной запатентованной технологии гофрирования APT™. Она позволяет избежать переуплотнения складок, прилегающих к центральному сердечнику патрона при гофрировании мембраны в конструкции патрона. Эта технология при фильтрации на таком патроне значительно улучшает доступность потока к складкам мембраны, увеличивает ресурс и сокращает для потребителя расходы на фильтрацию. Все лучшие и передовые технологические достижения 3M использованы при производстве стерилизующего патрона LifeASSURE™ PFS на основе гидрофобной фторопластовой мембраны. Этот патрон уверенно занимает ведущее место в группе лучших изделий в мире для полной гарантированной стерилизации воздушных потоков и потоков сжатых газов. Его отличают высокая производительность и стойкость к множественным стандартным циклам стерилизации.

Валидационный пакет каждого из перечисленных стерилизующих фильтров содержит полный список необходимых данных, позволяющих заказчикам организовывать финальную стерилизующую фильтрацию на



Рис. 4 Формы выпуска мембранных патронов для финальной стерилизующей фильтрации компании 3M.

самом современном технологическом уровне. Такое руководство по валидации является развернутым паспортом изделия квалифицированного как стерилизующий фильтр, откуда технологи и сотудники отделов валидации могут черпать важную информацию и методологические подходы для проведения специальной валидации технологии финальной стерилизующей фильтрации на препаратах, которые требуют этой процедуры.

Передовые мембранные технологии 3M Purification применены в полной мере и для изготовления изделий для организации предварительных стадий мембранной очистки для целей микрофильтрации. Нейлоновые мембранные префильтры 3M LifeASSURE™ PLA (Нейлон, однослойная мембрана по технологии FlexN™ с распределением пор 0,8 – 0,45 мкм, или 0,65 -0,2 мкм). Полиэфирсульфоновые префильтры LifeASSURE™ PNA с непрерывным градиентом пор однослойной мембраны с финальным квалифицирующим слоем 0,45 мкм и 0,2 мкм. Эти префильтры надежно и экономично работают на различных технологических этапах в производстве биопрепаратов, продуктов биотехнологии и синтетических лекарственных средств.

Отдельно следует остановиться на знаменитом семействе фильтров Zeta Plus™, концепция которого была сформулирована и запатентована в 1973 году. Этот глубокий фильтрационный материал компания выпустила первой в мире, предложив рынку его, как альтернативу запрещенным к применению в пищевой и фармацевтике асбесто-целлюлозным фильтрационным материалам. Основа базового материала – высокочистая целлюлоза и неор-



Рис. 5 Капсульные изделия Zeta Plus™ BC.

ганические фильтрационные добавки, скрепленные в высокопористом фильтрующем слое специальными биологически инертными смолами. Эти смолы, кроме функции связывающего агента придают всем поровым поверхностям материала положительный заряд (дзета-потенциал), благодаря которому материалы этого семейства обладают выраженной сорбционной функцией в отношении тонких коллоидов, эндотоксинов, различных субмикронных загрязнений, включая вирусные частицы. За 40 лет развития технология Zeta Plus™ совершила большой и успешный инновационный путь, дав начало более, чем 15 специализированным сериям материалов различного назначения и форм выпуска. Теперь в эту группу продукции входят материалы для осветления инфузионных растворов Zeta Plus™ серий CA, SA, LA, LP, серия Zeta Plus™ DEL предназначенная для сорбционного задержания липидов, Zeta Plus™ ZA – материал с форсированным уровнем заряда материала, специализированный материал Zeta Plus™ VR (от Virus Reduction) для сорбционного связывания вирусных частиц, 3M™ Activated Carbon – содержащий высококачественные апиrogenные активированные угли для обесцвечивания фармацевтических препаратов. Материалы имеют специфические составы компонентов, позволяющие реализовать свои сорбционные свойства при различных уровнях pH и ионной силы раствора.

Кроме разработки специализированных материалов указанных серий, 3M Purification активно работает над формами их выпуска, которые позволяют технологам разрабатывать экономичные схемы фильтрации для самых разных по масштабам процессов и оптимизировать существующие технологические процессы, начиная с лабораторных мини-капсулей для тестирования и испытаний и заканчивая мощными производственными установками. Серия изделий Zeta Plus™ BC предоставляет возможность заказчикам протестировать фильтрационные возможности материалов по качеству и ресурс-

ным показателям на малых объемах продукта (500 -1000 мл) с площадью фильтрации 25 см², подтвердить полученные результаты в пилотном режиме на малых полупромышленных партиях 1 -25 л с площадями фильтрации 170 - 1020 см². В форме таких изделий выпускаются материалы Zeta Plus™ практически из любой серии.

Для оптимизации технологических процессов глубокой осветляющей и обеспложивающей фильтрации 3M активно разрабатывает удобные фильтрационные изделия, позволяющие сочетать в одной единице корпусного оборудования два этапа фильтрации. Для этого разработаны двухслойные фильтропатроны, имеющие слои разного уровня фильтрации. Часто это дает возможность значительной компактизации технологического оборудования, снижения потерь продукта и повышения его выхода. Серии таких патронов Zeta Plus™ имеют маркировку MH (содержат фильтрационные слои вдвое меньшей толщины, по сравнению со стандартными материалами), или Zeta Plus™ EXT SP (содержит два слоя стандартных фармацевтической квалификации материалов в любом сочетании размеров пор по слоям). Серия изделий Zeta Plus™ EXT ZA (содержит два слоя стандартных фармацевтической квалификации материалов с форсированным зарядом в любом сочетании размеров пор по слоям материалов серии ZA).

Одна из совсем недавних разработок компании в направлении расширения семейства Zeta Plus™ – создание серии Zeta Plus™ Encapsulated. Поэтому остановимся на его характеристиках чуть подробнее. Это новшество учитывает современные тенденции, особенно развития биотехнологических производств и биопрепаратов на использование все большего числа гигиеничных одноразовых изделий в технологическом процессе. Такой подход определяет высокую гибкость производства, снижение затрат на мойку, восстановление, валидацию отмывки оборудования,



Рис. 6 Фильтропатроны Zeta Plus™ различных диаметров и корпуса для их установки в традиционном исполнении.



Рис. 7 Конструкция линзовидной ячейки фильтров Zeta Plus™ серии MH с двумя слоями материала различного уровня фильтрации. Из ячеек такой конструкции на производстве 3M собираются фильтропатроны.

которые неизбежны при многократном использовании фильтрационных устройств. По оценкам специалистов биотехнологических производств, применение одноразовых средств производства (фильтры, емкости, колонки и др.) может существенно снизить производственные расходы. Фильтры Zeta Plus™ Encapsulated обеспечивают возможность одноразового использования высокоемкой по коллоидным загрязнениям глубокой фильтрации. При этом очень просто масштабировать процесс путем, например, удвоения числа применяемых капсул, как правило, без дополнительных капиталовложений при необходимости увеличить его производительность вдвое. Отдельные капсулы (фильтрационные модули) выдерживают стерилизацию в автоклаве, имеют рабочую площадь фильтрации каждого из двух слоев, заключенных внутри, 0,23 м², или 1,6 м² и оригинальную систему распределения потока внутри надежной герметизации капсул между собой. В единичной стандартной установке можно набрать любую площадь фильтрации, кратную площади 1,6 м² максимально до 11,2 м², установив 7 больших модулей. Специальные установки вмещают до 35 модулей и более для организации двух стадий очистки с фильтрующей площадью до 56 м² каждая. При разработке этой системы были учтены все требования заказчиков по эргономике и технологичности ее использования. На этой установке можно организовать и 4-стадийную фильтрацию, установив в одном держателе две группы патронов по 3 штуки с различным уровнем фильтрации и соединив их специальным образом. При этом последовательно будут работать две группы капсулей, в каждой из которых патроны имеют по два фильтрующих слоя. В таком формате можно за один проход добиться высочайшего уровня осветления продукта даже при его высокой исходной мутности. Загрузка капсулей происходит на уровне пояса оператора, что минимизирует трудозатраты. Колон-

на капсулей переводится в рабочее вертикальное положение легким вращением небольшого штурвала и занимает в рабочем положении не более 1 м². Капсулы полупрозрачны и уровень продукта внутри установки легко контролировать визуально. Перед разборкой установки оператор может

переместить фильтродержатель на колесах к месту, удобному для этого. При разборке оператор не контактирует с загрязнениями, задержанными на фильтрах в ходе очистки, минимальны проливы продукта и мертвый объем капсул.

Таким образом, находясь в тесном сотрудничестве с производством и ориентируясь на его сегодняшние и перспективные запросы, компания развивает потенциал для инноваций, нужных производству. Уже в 2013 году 3M объявила о выводе на рынок 2 новых фильтрационных продуктов. В портфеле компании несколько десятков перспективных проектов по фильтрации, находящихся в интенсивной разработке.

В отрасли известны семинары 3M по микрофильтрации в фармпроизводстве, которые имеют хорошую репутацию у специалистов и регулярно собирают заинтересованную аудиторию.



Рис. 8 Применение фильтров Zeta Plus™ Encapsulated. Держатель для промышленной установки на 7 больших капсулей в положении загрузки капсулей (8.1), загрузка капсулей оператором (8.2), полностью загруженная установка в рабочем положении (8.3), специальная установка для обеспечения больших площадей фильтрации (8.4)



Рис. 9 Капсульное исполнение фильтров Zeta Plus™ Encapsulated на втором плане.



**Фильтрационные материалы и оборудование**  
3M Россия  
121614 Москва,  
ул. Крылатская, 17, стр. 3

**Бизнес-Парк «Крылатские Холмы»**  
Тел.: +7 (495) 784 7474  
Тел.: +7 (495) 784 7479  
Факс: +7 (495) 784 7475  
www.3Mfiltration.ru