

Пройдет еще 100 лет и в XXII веке ученые, социологи, историки, политики, не говоря уже о журналистах, будут предлагать и спорить о символах нынешнего столетия. Впрочем, уже сегодня в научных и популярных изданиях, электронных средствах массовой информации повторяется в различных вариантах словосочетание НАНО – наноразмеры, наноматериалы, нанотехнологии, nanoиндустрия и т.д. В обобщенном определении перечисленных понятий - наносистемах многие видят точку опоры для революционных изменений в сфере высоких технологий практически во всех областях деятельности человека. Среди наноматериалов пористые мембраны занимают совершенно уникальное положение. Основные причины для этого следующие: - сами мембраны являются типичными наноструктурами, представляя собой системы трехмерно связанных или отдельных нанопор в матричном полимерном или неорганическом каркасе. Тонкие селективные слои мембран, в которых, в основном, и функционируют нано-поры, сами зачастую представляют нанослой толщиной до 100 нм; - на основе мембран методами матричного или шаблонного ("темплейтного" от англ. template – шаблон) синтеза могут быть получены так называемые вторичные структуры; - поры мембран, модифицированные так называемыми "умными" (smart) полимерами – основное звено наноустройств сенсорного типа и др. [1]. Мембраны являются наукоемкой продукцией межотраслевого применения, без которой невозможно прорывное развитие базовых и высокотехнологичных секторов экономики, развитие науки, а также эффективное решение важных задач социальной сферы и проблем экологии. Вряд ли можно указать область деятельности человека, в которой не потребовалось бы применение мембран. Именно поэтому мембранная наука и технология всегда была предметом пристального внимания государства. В СССР координация работ в области мембран осуществлялась в рамках Межотраслевого научно-технического комплекса «Мембраны» (МНТК «Мембраны»). Сегодня научные и технологические разработки в области мембран финансируются на конкурсной основе Федеральным агентством по науке и инновациям по приоритетному направлению «Индустрия наносистем и материалов» в рамках критической технологии «Технологии создания мембран и каталитических систем». Следует особо подчеркнуть, что даже в тяжелые для российской экономики 1990-ые годы мембранная технология оказалась востребованной. В этот период сформировались десятки предприятий малого и среднего бизнеса по выпуску мембран и мембранной техники. Сегодня на российском рынке работает более пятидесяти мембранных компаний, многие из которых были созданы и укомплектованы высококвалифицированными специалистами из организаций оборонного комплекса (например, ООО «Воронеж-Аква», ЗАО «Газоразделительные системы» (ГРАСИС), АПКТ АСПЕКТ, ООО «НПО «Керамикфильтр») [2]. Россия существенно отстает от общемировых тенденций в использовании мембран в водоподготовке, водоочистке и разделении смесей.

Есть все основания предполагать, что это отставание будет рано или поздно преодолено: у мембранных методов нет конкурентов по эффективности и стоимости. Сравнивая отношение объема рынка мембран к объему ВВП развитых европейских стран, а также с рынком США, получаются достаточно стабильные соотношения. Россия по этому показателю резко отстает. Таблица 1 - Рынок мембранных технологий (2010 г.) ВВП, млрд.\$ Объем рынка жидкофазных мембранных процессов, млн.\$ Доля в ВВП, % Германия Франция Италия Россия

3818	2978	2399	1757	821	573	460	21	0,0215	0,0192	0,0192	0,0012
------	------	------	------	-----	-----	-----	----	--------	--------	--------	--------

Таким образом потенциал роста российского рынка более чем 15-кратный, т.е. с \$21 млн на 2010г. до \$360 млн на 2020г., если за основу взять соотношение примерно равное 0,02% от ВВП. По данным компании «Гидротех», поводом для исследования рынка применения технологии полуволоконной ультрафильтрации в составе водоподготовительных установок на промышленных объектах (Россия и СНГ), суммарный объем данного сегмента рынка составил 32 \$млн. по мембранным модулям (при этом 10 \$млн. приходится на долю российских компаний) и 118 \$млн. по установкам. Таким образом, спрос есть, но серьезный его рост возможен только с появлением компаний, готовых внедрять отечественные решения. В настоящее время в России всерьез можно говорить только о рынке водоподготовки (получение сверхчистой воды для энергетики и микроэлектроники, питьевой воды, проч.), остальные сегменты характеризуются лишь единичными случаями применения мембранной технологии. Американский рынок УФ мембран (рис. 1) имеет развитую структуру, мембранные технологии используются во многих отраслях промышленности. Рис. 1 - Американский рынок УФ-мембран

В настоящее время распределение объектов водоподготовки и водоочистки в России выглядит следующим образом (таблица 2). Таблица 2 - Ключевые отрасли - потребители мембран в России

Отрасль промышленности	Количество объектов, шт.	Количество объектов, %	Суммарная производительность по воде, %
Энергетика	34	35,1	21,8
Химическая	10	10,3	17,2
Нефтяная и газовая	10	10,3	5,9
Металлургия	20	20,6	7,2
Муниципальное водоснабжение	11	11,3	45,8
Пищевая	10	10,3	2,0
Легкая	1	1,0	0,05
Целлюлозно-бумажная	1	1,0	0,1
ИТОГО:	97	100	100

Среди наиболее перспективных отраслей следует выделить очистку стоков (Драйверами этих применений мембранной технологии являются ужесточающиеся экологические нормативы, постоянно повышающаяся цена на забор свежей воды и сброс стоков. В цивилизованном мире сегодня принята концепция наилучших доступных технологий, что означает модернизацию всех производств под минимальный экологический ущерб. Технологически это означает: сокращение расхода реагентов, максимальная конверсия сырья, минимальный водозабор, т.е. многократный водный рецикл, максимальная утилизация побочных продуктов. Все это невозможно сделать без мембранных процессов разделения [3]. Любая из перечисленных проблем требует своей индивидуальной разработки. В составе

НИОКР обязательно решение следующих задач: выбор мембран – технология  
 подготовки растворов – методика регенерации мембран – обращение с  
 концентратами. Совершенно очевидно, что организация водооборота заметно  
 снижает себестоимость продукции. В США планируется ежегодно обновлять  
 очистные сооружения на \$ 7,5 млрд.). Очищенные стоки становятся новым  
 источником воды. Сегодня рынок оборудования для очистки стоков до уровня  
 рецикла растет на 30% в год. Наиболее активны на этом рынке следующие  
 мембранные компании – первые 3 занимают 80% рынка. Если сейчас не  
 предпринять усилий, в России тоже появятся они, и этот бизнес для российских  
 участников будет потерян. Таблица 3 - Основные игроки рынка мембран в мире 1

1	GE Water
2	Koch
3	Siemens
4	Pall
5	Norit
6	Hydranautics
7	TriSep
8	Degremont

Рынок полупроницаемых мембран в России, как и во всем мире, - один из наиболее  
 динамичных и стабильных рынков, что связано с относительно короткой пока  
 продолжительностью жизни этого продукта. Мембранная технология (МТ) стала  
 достойным конкурентом на рынке процессов разделения. На рис.3 представлена  
 диаграмма применения различных методов разделения смесей, где видно, что  
 мембранные методы охватывают весь диапазон – от ионов до коллоидных  
 частиц. Такие преимущества МТ, как безреагентность, отсутствие отходов,  
 простота оборудования и управления им, более низкие энергозатраты  
 обеспечили ей опережающий рост. Объем российского рынка как совокупный,  
 так и по выделенным товарным группам, в 2008 году представлен в табл.4.

Конкуренцию на мембранном российском рынке необходимо рассматривать с  
 двух позиций – конкуренция среди производителей внутри каждой товарной  
 группы и конкуренция среди исполнителей заказа, т.е. изготовителей  
 мембранной установки. Обусловлено это тем, что мембранные модули не  
 являются конечным товаром потребления, а приобретаются у производителей  
 как ключевое, но далеко не единственное комплектующее изделие,  
 необходимое для изготовления мембранной установки. Таблица 4 - Объем

Наименование товарной группы	Производитель продукта	Поставка в натуральном выражении, м <sup>2</sup>	Стоимость поставки, тыс.долл.
Модули на основе полимерных диффузионных капиллярных мембран для газоразделения			
Всего	Generon UBE Industri	120 000 480 000	600 000 16 000 66 750 82 750
Рулонные мембранные модули на полимерной пористой мембране всех классов			
Всего	GE Osmonics Dow Chemical Saehan Toray Hydranautics Владипор	120 000 290 000 32 000 62 000 95 000 12 000 611 000 870 3 120 180 350 860 140 5 520	
Патронные мембранные модули на полимерной пористой мембране			
Всего	Cuno Pall Millipore	60 600 42 000 40 400 142 000 1 210 840 810 2 860	
Трубчатые мембранные модули на полимерной пористой мембране			
Всего	Владипор	1 000 1 000 150 150	
Капиллярные напорные модули на полимерной пористой мембране			
Всего	Inge Norit	9 000 45 300 54 300 620 3 180 3 800	
Погружные модули на полимерной			

пористой мембране Всего Motimo Norit Zenon 2 500 800 1 000 4 300 900 300 300 1 500 Трубчатые модули на керамической пористой мембране Всего TAMI Drager Medics Керамик фильтр 100 40 200 340 40 20 90 150 Мембраны полимерные пористые Всего Pall Millipore Aqua Filter Sartorius Soclema Владипор 18 000 270 000 8 000 300 800 22 000 318 000 510 5 380 140 10 20 940 7 000 ИТОГО 1 730940 103 730 Среди инжиниринговых компаний, создающих конечный продукт – мембранную установку, на нашем рынке представлены исключительно российские компании, которые и конкурируют между собой в борьбе за получение заказа. Заказ можно получить, только выиграв тендер, условия которого всегда индивидуальны. Как правило, в тендере участвует 2-3 инжиниринговые компании. Безусловно, цена предложения является базовым фактором выбора исполнителя, но очень часто решающими факторами становятся совершенно не рыночные обстоятельства. Среди рыночных конкурентных преимуществ инжиниринговой компании обычно учитываются следующие: Наличие опыта выполнения аналогичного заказа. Наличие собственно проектного и конструкторского отделов. Продолжительность работы на рынке. Наличие собственной производственной базы. Уровень гарантийных обязательств. Уровень сервисного обслуживания. В отдельных случаях – наличие соответствующей лицензии. Обычно еще до объявления тендера претендующие на победу в нем инжиниринговые компании проводят подготовительную работу с заказчиком. Она включает в себя просветительную и образовательную активность (например, в виде семинаров для технологов, презентаций у заказчиков), участие в предварительных этапах (выполнение технико-экономических исследований, создание и испытание пилотной установки), поиск и склонение на свою сторону ключевых фигур среди сотрудников, топ-менеджеров и собственников заказчика. Ключевым преимуществом инжиниринговой компании является наличие готовой технологии очистки и разделения смеси, имеющейся у заказчика. Основными элементами этой технологии являются следующие пункты: - выбор оптимальной мембраны и мембранного модуля; - разработка оптимальной схемы соединения модулей для достижения необходимых степени очистки и коэффициента концентрирования; - разработка схемы и выбор методов предочистки; - разработка методов и выбор средств регенерации мембран. Сегодня среди российских инжиниринговых компаний нет ярко выраженных лидеров, обладающих этим ключевым преимуществом, поскольку подавляющее их большинство занимается водоподготовкой, технология которой хоть и сложна, но хорошо известна, и разделением воздуха на азот и кислород, что тоже давно разработано. Только единицы берутся за новые процессы, связанные с очисткой промстоков, использованием мембран в технологиях различных продуктов и т.п., что резко деформирует российский рынок и тормозит его развитие. Вторая сторона конкурентной борьбы – это конкуренция среди производителей мембранных

модулей внутри каждой товарной группы. Особых признаков такой борьбы не наблюдается по причине того, что сегодня российский рынок не превышает и 1% мирового рынка мембран, и мировые лидеры ждут его разворачивания. В аналитических рыночных обзорах обсуждаются политическая и экономическая ситуация в РФ и высказываются различные предположения о динамике развития мембранной технологии. Производители мембранных модулей не проявляют явной маркетинговой активности на рынке РФ: - инжиниринговые компании не связаны контрактными обязательствами с каким-либо производителем, а сами производители не стремятся предложить уникальные условия поставок в обмен на лояльность потребителей; - представительства крупных зарубежных производителей не сформировали удобные схемы обеспечения своей продукцией, что вынуждает инжиниринговые компании самостоятельно производить закупки за рубежом; - производители не готовы предлагать значительные скидки в обмен на заказ крупных партий собственного товара. Эта информация была получена из интервью с представителями инжиниринговых компаний. Сами инжиниринговые компании заинтересованы в снижении цены – дисконт в размере 10-15% был назван основанием для перехода на продукцию другого производителя; - производители мембран не проводят каких-либо заметных маркетинговых мероприятий, направленных на популяризацию своей продукции. Зачастую отсутствует даже интернет-сайт на русском языке. Продукция, которая реализуется на российском рынке, представляет собой мембраны и мембранные модули. Сложившаяся на российском рынке тенденция превалирования сегмента ГР будет сохраняться до тех пор, пока не проявят себя перечисленные выше драйверы развития других сегментов. Но, видимо, сравняться с аналогичным распределением на мировом рынке и на рынке развитых стран, где сегмент ГР составляет от 8 до 12% исходя из денежного выражения, не получится до тех пор, пока экономика РФ будет оставаться преимущественно сырьевой по энергоносителям. Восемь товарных групп насыщают своей продукцией практически все ведущие мировые производители мембранных модулей, а также немногочисленные российские компании. Продукция этих производителей во многом схожа по модулям одного типа, практически взаимозаменяема. До 1990 года рынок СССР был весьма привлекательным для производителей мембранных модулей в силу своего устойчивого роста и большого количества научно-исследовательских организаций и групп, разрабатывающих новые сферы применения мембранной технологии. После развала СССР новый интерес к российскому рынку появился лишь в конце прошлого века, что сопровождалось поиском компаний, бравших на себя функции представительств, затем открытием представительств с юридическим статусом. Рис. 2 - Доли рынка по классам мембран (в натуральном выражении) Надо отметить, что сегодня российский мембранный рынок составляет не более 1% мирового, и пока привлекательность его больше

потенциальная. Организации, производящие мембранные установки и водоочистители, имеют различные родословные. Часть из них существовали еще в СССР и деятельность в мембранной технологии начинали более 20 лет назад. В основном же они были созданы в новых экономических условиях частными предпринимателями, правильно оценившими растущий потенциал мембранной технологии. Успешными на рынке почти исключительно стали те компании, которые были основаны специалистами-мембранщиками, либо привлекли в свой состав оставшихся свободными специалистов и выпускников РХТУ им.Д.И.Менделеева. За последние 3 года новых инжиниринговых компаний на рынке не появлялось. Объединений или укрупнений компаний тоже не происходило. Большинство инжиниринговых компаний работают в области водоподготовки и питьевого водоснабжения, где практически не требуется проводить каких-либо научных исследований. В РФ инжиниринговых компаний насчитывается более 120. Они крайне неравномерно распределены по регионам (рис.3), что определяется не промышленным потенциалом региона, а наличием специалистов (например, в дальневосточном регионе инжиниринговых компаний нет). Очевидным недостатком отечественного рынка является отсутствие собственных крупных производителей мембран и мембранных модулей, способных конкурировать с мировыми лидерами. Все опрошенные руководители инжиниринговых компаний выразили готовность сотрудничать в таких производителях и пользоваться их продукцией. Стимулами к такому сотрудничеству являются: 1 – ожидание более низкой цены продукции; 2 – исключение необходимости контактировать с таможенными службами; 3 – патриотическое отношение к российским производителям. Рис. 3 - Региональное распределение инжиниринговых компаний

В этих условиях не следует ожидать появления крупных торговых организаций, осуществляющих посреднические услуги между производителями и инжиниринговыми компаниями. Эти функции могут взять на себя фирменные посредники в виде представительств каждого изготовителя. При росте рынка возникнет конкуренция между ними. Уже много лет российский рынок развивается почти с тем же темпом, как и мировой мембранный рынок, но в абсолютном выражении составляет не более 1% от последнего. При этом в последние годы происходили экстремальные события, которые могли дать толчок взрывному характеру развития, но этого не случилось. Речь идет о таких крупных единичных проектах, как строительство опреснительной станции в г. Актау (Казахстан), осуществленное ФГУП «Центр Келдыша», по снабжению города питьевой водой из Каспийского моря, и строительство станции финишной очистки водопроводной воды, разработанной ФГУП «ВодоканалНИИпроект» для Московского водоканала. К сожалению, даже масса положительных отзывов об этих проектах не изменили в целом консервативного отношения руководителей соответствующих ведомств к мембранной технологии и темпов развития внутреннего мембранного рынка не

ускорили. Прогноз развития мембранного рынка в России следует строить, исходя из следующих обстоятельств: 1. В условиях глобализации относительные рыночные показатели в разных странах будут сопоставимы. 2. Объем мембранного рынка в определенной степени определяется общим экономическим положением в стране, в частности, величиной ВВП. 3. Темпы роста мембранного рынка в стране будут тем выше, чем больше данный рынок отстает от мирового (по относительным показателям). 4. Соотношение сегментов мембранного рынка в стране должно в определенной степени координироваться с аналогичным соотношением на мировом рынке. 5. Значительные отличия в соотношении сегментов национального рынка от мирового могут возникать в соответствии с особенностями национальной экономики. При построении прогноза следует учесть следующие особенности российской действительности: 1. Еще долгие годы российская экономика будет оставаться деформированной в сторону сырьевой энергетики. 2. Не следует рассчитывать на кардинальное изменение внутренней политики в отношении экологических проблем страны. 3. До настоящего времени государство не участвовало в становлении и развитии мембранного рынка. Стихийный прогресс МТ продолжится еще несколько лет, хотя некоторые предпосылки для возникновения протекционистской политики государства в отношении МТ имеются уже сегодня. 4. Региональных особенностей развития внутреннего рынка не существует. Положение с обеспечением полноценной питьевой водой и с очисткой коммунальных стоков примерно одинаково плохо везде. Как уже неоднократно отмечалось, география не оказывает влияния на развитие мембранного рынка.

Таблица 5 - Прогнозный рост мембранного рынка России

Объем рынка	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Пессимистический вариант (12% годовых), тысяч \$	103	730	116	178	130	119
Оптимистический вариант (16% годовых), тысяч \$	103	730	120	327	139	579
Оценка в физическом объеме, м <sup>2</sup>	1730940	1983890	2274433	2608237	2991836	3432765

Безусловно, свои коррективы может внести глобальный экономический кризис. По оценке правительства, спад ВВП в РФ в 2009 году составит около 10%. В то же время, судя по предыдущим годам, возможен скачкообразный характер роста рынка при начале реализации крупного государственного проекта. Сложившаяся сегодня деформация российского рынка в сторону газоразделения с годами должна корректироваться, приближаясь к среднемировому распределению. Поскольку мы уже неоднократно заявляли, что рыночные сегменты по сути представляют собой самостоятельные рынки, проведем отдельный анализ рынка жидкофазных мембранных процессов. Для начала определим коэффициент мембранного рынка жидкофазных процессов. Здесь картина еще более удручающая, российский мембранный рынок меньше европейских в 15 раз. Можно рассчитывать на еще более высокие темпы роста этой выделенной части рынка.

Таблица 6 - Соотношение объемом национального мембранного рынка жидкофазных процессов и национального ВВП ВВП, млрд.\$ Объем рынка жидкофазных мембранных процессов, млн.\$ Доля в ВВП, % Германия Франция Италия Россия 3818 2978 2399 1757 821 573 460 24 0,0215 0,0192 0,0192 0,0014

Более 20 лет назад на предприятиях Минатома России научились изготавливать новый тип микрофильтрационного материала, который с точки зрения науки о фильтрации является идеальным для очистки жидкостей и газов от микропримесей (пыли, взвеси, бактерий и т. д.). Исследования проводились в Объединенном институте ядерных исследований (г. Дубна) под руководством академика Г.Н.Флерова. В последующие годы производство трековых мембран было создано в Физико-энергетическом институте имени А. И. Лейпунского (г. Обнинск). Трековая мембрана «РЕАТРЕК» — тонкая полимерная пленка толщиной около 10 микрон, на поверхности которой на каждом квадратном сантиметре находятся сотни миллионов пор (отверстий) диаметром 0.2 и 0.4 микрона (примерно в 1000 раз тоньше человеческого волоса), что обеспечивает гарантированное качество фильтрации. Одной из перспективнейших фирм России считается ЗАО «САРТОГОСМ» — совместное российско-германское предприятие концерна Sartorius, основанное в Санкт-Петербурге в 1991 году. ЗАО «САРТОГОСМ» имеет свою производственную базу по выпуску современных электронных весов: от полумикро- и аналитических до промышленных весов. 20 летний опыт разработок лабораторных весов совместно с Sartorius, использование в производстве элементной базы, технологий и высокоинтеллектуального программного обеспечения Sartorius, гарантируют высокое качество продукции и обеспечивают репутацию надежного производителя и высокое признание на российском рынке. Переоснащение предприятий и организаций современными высокоточными средствами измерения массы и оборудованием для передовых биотехнологий с целью модернизации российской промышленности, развития приоритетных направлений науки, создания высокотехнологичной конкурентоспособной продукции, повышения производительности, усиления контроля за экологией и качеством. Сегодня предприятие «САРТОГОСМ» поставляет на российский рынок весь ассортимент продукции Sartorius, внедряя на отечественные предприятия только высокотехнологичную и качественную продукцию, предлагает комплексные решения в области мехатроники и биотехнологии. ЗАО «Владисарт» – передовое предприятие, занимающееся разработкой, производством, сбытом и техническим обслуживанием фильтрационной техники и расходных материалов, а также сопутствующего оборудования в различных областях. Уже на протяжении 20 лет ЗАО «Владисарт» является официальным представителем в России крупнейшего концерна в области сепарации и фильтрации компании Сарториус («Sartorius AG» (Germany)), поставляя высокотехнологичное оборудование и материалы, качество которых

подтверждено международными и российскими сертификатами. Используя передовой мировой опыт Сарториус, компания производит фильтрационное оборудование и фильтрационные материалы под своим брендом, специально адаптированные к российским условиям. На предприятии внедрена и действует система менеджмента качества в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001 применительно к производству, поставке и обслуживанию фильтрующих элементов из микро- и ультрафильтрационных мембран и фильтрационного оборудования для вакуумной, напорной и тангенциальной фильтрации. Продукция ЗАО «Владисарт» успешно применяется в биотехнологии, фармацевтической и пищевой индустрии. ЗАО «Владисарт» предлагает высокотехнологичное лабораторное оборудование и системы водоснабжения наряду с модернизированными решениями для работы с жидкостями, фильтрации и ферментации. Надежность является мощным брендом, символизирующим качество и новаторство в научно-исследовательской работе на протяжении десятилетий. Основным направлением деятельности ЗАО НТЦ «Владипор» является создание различных типов полимерных мембран, разделительных элементов и установок на их основе. ЗАО НТЦ «Владипор» — организовано в 1998 году на базе научных подразделений и опытно-промышленного цеха ОАО «Полимерсинтез» (до 1992 года НПО «Полимерсинтез»), занимающихся разработкой и изготовлением мембранной продукции более 35 лет. НПО «Полимерсинтез» был головной организацией в Межотраслевом научно-техническом комплексе (МНТК) «Мембраны» и координировал все научно-исследовательские работы, проводившиеся в стране в области полимерных мембран и мембранных процессов. В период существования МНТК «Мембраны», созданного в 1985 году в соответствии с решениями Правительства, в стране происходил заметный рост исследований и создания производств полимерных мембран и фильтрующих элементов на их основе и областей использования мембранных технологий разделения жидких и газообразных смесей, и в первую очередь в таких отраслях производства, как микроэлектроника, биотехнология, пищевая промышленность, фармакология, медицина и других. В российском г. Владимире построили самый крупный в Европе завод по выпуску мембран и разделительных модулей для очистки воды. В проекте участвуют ЗАО «Русские Мембраны Нанотех», проектная компания ОАО «Роснано». Общий бюджет совместного проекта госкорпорации (ныне ОАО) «Роснано», ЗАО НТЦ «Владипор» и ОАО «Полимерсинтез» составляет 1,92 миллиарда рублей. «Роснано» внесло в уставный капитал «РМ Нанотех» 350 миллионов рублей, а также предоставило проектной компании заем на 460 миллионов рублей. Продукция предприятия: мембранное полотно и мембранные рулонные модули, которые используются в процессе фильтрации и обратного осмоса. Мембраны, производящиеся в рамках проекта, имеют размеры пор от 1 до 100 нанометров. Мембранные модули наиболее востребованы в энергетике,

машиностроении, химической промышленности, электронике, фармацевтике и медицине, пищевой промышленности. Планируется, что прямыми покупателями продукции проекта станут инжиниринговые компании, которые производят установки по очистки воды для конечного пользователя. В [3] сообщается, что в последнее время в России и странах СНГ технология применения геосинтетических материалов, в частности геомембран, становится все более востребованной. Экономическая эффективность использования геомембран в противofильтрационных системах различного назначения уже не вызывает у большинства российских заказчиков никаких сомнений: в предельно сжатые сроки достигается максимальная степень надежности конструкции при минимальных затратах на материал и проводимые работы. Авторы [4] используют для удаления соли из морской воды в основном 2 типа методов: мембранные и дистилляционные. Проведено сравнение технико-экономической эффективности двух наиболее перспективных технологических процессов опреснения – обратный осмос (ОО) и метод многоступенчатой дистилляции. Полученные данные показывают, что метод ОО является наиболее эффективным для получения пресной воды при концентрации соли в исходной воде до 35 г/л; для более высоких концентраций предпочтительным методом является многоступенчатая дистилляция с горизонтальными трубными пучками (MED-НТФЕ) и механич. компрессией пара. Комбинирование мембранных и дистилляционных методов позволяет увеличить суммарную степень извлечения пресной воды из морской при сохранении низкой себестоимости. В частности, при использовании ОО как первичного процесса опреснения морской воды из Атлантического океана (соленость около 33 г/л) получается до 45% от исходной воды концентрата с соленостью 45 г/л, который может быть подвергнут опреснению дистилляцией. Таким образом, суммарная степень извлечения пресной воды из морской может быть доведена 80%. В [54] рассмотрено применение мембранных методов подготовки воды в котельной. Приведены принципиальная технологическая схема подготовки воды для паровых котлов, расход сточных вод, ПДК по отдельным компонентам, их суммарный годовой сброс, затраты на оплату сброса отдельных компонентов в пределах норм и при их превышении, капитальные и эксплуатационные затраты. Анализ представленных в таблицах данных показывает, что очистка воды мембранными методами с использованием разрешенных реагентов для ингибирования и промывки аппаратов приводит к появлению сточных вод, сброс которых в системы канализации не вызывает трудностей при согласовании в соответствующих организациях; собственно затраты на сброс составляют 0,2 руб/м<sup>3</sup> очищенной воды, а в целом для условий Москвы не превышают 0,5% общих эксплуатационных затрат. Работа выполнена на оборудовании ЦКП «Наноматериалы и нанотехнологии» при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках федеральной целевой

программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы» по госконтракту 16.552.11.7060.