



Textbook for the Master Programme
“Complex Usage of Water Resources”

Membranes and membrane processes

Мембраны и мембранные процессы

Учебное пособие для магистерской программы
“Комплексное использование водных ресурсов”



Joint Project TEMPUS “Network for Master Training in Technologies of
Water Resources Management”

Совместный проект ТЕМПУС “Сеть университетов для обучения
магистров в области технологий управления водными ресурсами”

Совместный проект ТЕМПУС
«Сеть университетов для обучения магистров в области технологий
управления водными ресурсами» (NETWATER)

Редакционный совет серии
учебных пособий проекта «Netwater»:
профессор Г. Капаннелли
Университет г. Генуи, Италия
профессор Г. Павлихин
Московский государственный технический
университет им. Н.Э. Баумана
профессор Н. Попов
Тамбовский государственный технический
университет
профессор Х. Гарелик
Университет Мидлсекс, Великобритания

МЕМБРАНЫ И МЕМБРАННЫЕ ПРОЦЕССЫ

Учебное пособие (в 2-х частях)

Часть 2 допущена Учебно-методическим объединением вузов по университетскому
политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших
учебных заведений, обучающихся по направлению 280700
«Техносферная безопасность» (квалификация/степень - магистр)

УДК 504:517.352.4 (075.8)

ББК Л113.91я73

М-49

Рецензенты:

доктор технических наук, профессор **А.А. Колесников**
Ивановский государственный химико-технологический университет

доктор биологических наук, профессор **М.А. Мазиров**
Российский государственный аграрный университет МСХА имени К.А.Тимирязева

Авторы:

А. Боттино, Г. Капаннелли, А. Комите, А. Джебзовска,
Г.Б.Браляловский, Е.В.Мигалатий, Ю.Т.Панов, Ю.А. Федотов.

Ответственный редактор:

проф. Г. Капаннелли

М - 49 Мембраны и мембранные процессы: учеб. пособие в 2 частях / Под общ. ред. Ю.Т. Панова, Н.С. Полова. – Тамбов: Изд-во ИП Чеснокова А.В., 2011. – 148 с.

ISBN 978-5-903435-88-3

Часть 1 написана преподавателями Генуэзского университета (Боттино А., Капаннелли Г., Комите А., Джебзовска А.). Часть 2 подготовлена преподавателями Владимирского государственного университета (Панов Ю.Т., Федотов Ю.А., разделы 1-5, 7-12), совместно с коллегами из Уральского федерального университета им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (Браляловский Г.Б., Мигалатий Е.В., раздел 6).

Данное учебное пособие входит в состав серии пособий по специальным дисциплинам проекта «Сеть университетов для обучения магистров в области технологий управления водными ресурсами» (Netwater).

В нем содержатся современные материалы по технологии изготовления и применения мембран в промышленности и научной сфере. Приведена классификация мембран, описаны их свойства, даны рекомендации по целевому использованию. Показано, какие факторы внешней среды и режимные переменные необходимо учитывать при организации мембранных процессов. Особое внимание уделено использованию мембранных процессов для водоподготовки.

Пособие предназначено для бакалавров и магистрантов, обучающихся по направлениям 280700 «Техносферная безопасность», 022000 «Экология и природопользование», 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» и 270800 «Строительство», а также для аспирантов, преподавателей и научно-технических работников, занятых разработкой технологий водоподготовки, очистки сточных вод, проектированием систем водоснабжения и водоотведения городов и промпредприятий и специализирующихся в практике применения английского языка.

УДК 504: 517.352.4 (075.8)

ББК Л113.91я73

© Авторы публикаций, 2011

© Дизайн обложки Кобзеев С.В., 2011

© Оформление Изд-ва ИП Чеснокова А.В., 2011

ISBN 978-5-903435-88-3

СОДЕРЖАНИЕ

Foreword (вступительное слово научного координатора проекта).....	5
Вступительное слово	6
Часть 1. Изготовление мембран и их характеристики (Membrane preparation and characterization).....	8
1. Introduction to membrane and pressure driven membrane processes for waste & drinking water treatment.....	8
1.1. Membrane definition and function.....	8
1.2. Membrane classification.....	10
2. Materials for polymeric membrane manufacturing	13
2.1. Introduction	13
2.2. Polymers for membrane manufacturing.....	15
3. Preparation of porous symmetric polymeric membrane.....	22
3.1. Introduction	22
3.2. Preparation of capillary pore membrane by track-etching	23
3.3. Preparation of tortuous pore membrane	24
4. Preparation of porous asymmetric polymeric membrane by phase separation process: theoretical aspects	29
4.1. Introduction	29
4.2. Mechanism of membrane formation	30
4.3. Preparative parameters and membrane formation	32
5. Preparation of porous asymmetric polymeric membrane by phase separation process: practical aspects	35
5.1. Polymer solution preparation	35
5.2. Polymer solution casting (flat sheet membrane).....	36
5.3. Cast solution immersion (flat sheet membrane)	38
5.4. Tubular and capillary membranes.....	40
6. Preparation of skinned and composite polymeric membranes.....	42
6.1. Skinned membranes	42
6.2. Composite membranes	43
6.3. Preparation methods.....	43
7. Inorganic membrane.....	53
7.1. Introduction	53
7.2. Inorganic membrane classification.....	54
7.3. Inorganic membrane geometries and modules	55
7.4. Inorganic membrane cleaning.....	56
7.5. Operation with inorganic membrane	57
7.6. Applications of inorganic membranes in water and wastewater treatment.....	57
8. Materials for inorganic membrane manufacturing	58
8.1. Introduction	58
8.2. Porous metal membrane.....	59
8.3. Porous ceramic membrane	60
8.4. Zeolite membrane	62
8.5. Carbon membrane	62
8.6. Microporous glass membrane.....	62
9. Methods for the preparation of tortuous pore inorganic membrane	63