

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кубанский государственный университет»  
Факультет химии и высоких технологий



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
и инновациям, профессор

М.Г. Барышев

2018

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### Б1.В.ОД.5 СОВРЕМЕННЫЕ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Направление подготовки  
**04.06.01 Химические науки**

Направленность (профиль) программы  
**02.00.05 Электрохимия**


Квалификация выпускника:  
**Исследователь. Преподаватель-Исследователь**

Форма обучения  
**очная, заочная**

Краснодар 2018

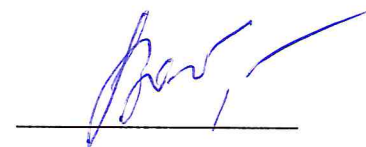
Рабочая программа дисциплины Б1.В.ОД.5 «Современные электромембранные процессы и технологии» разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования, утвержденным приказом Минобрнауки России от 30.07.2014 № 869 по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и учебным планом основной образовательной программы по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки, профиль 02.00.05 Электрохимия.

Рабочую программу составил:

профессор кафедры  
физической химии, д-р хим. наук, проф. Письменская Н.Д. 

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры физической химии «10» апреля 2018 г. протокол № 11.

Заведующий кафедрой физической химии  
д-р хим. наук, профессор Заболоцкий В.И.



Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета 20 апреля 2018 г, протокол № 5.

Председатель УМК факультета  
канд.хим.наук, доцент Стороженко Т.П.



Зав. отделом аспирантуры  
д-р физ.-мат. наук, доцент Строганова Е.В.



## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель дисциплины

Изучение современных электромембранных процессов и технологий, в основе которых лежат фундаментальные знания в области электрохимии.

### 1.2 Задачи дисциплины

- сформировать знания об общих, специфических и частных задачах современных электромембранных процессов и технологий;
- обеспечить усвоение теоретических основ функционирования современных электромембранных процессов;
- сформировать представления о принципах выбора и реализации современных электромембранных процессов и технологий для решения различных научно-технических задач;
- привить навыки выбора методов исследования, а также представления результатов научных исследований перед научным сообществом и в научно-популярном виде, в том числе, для трансляции полученных знаний посредством средств массовой информации;
- привить навыки использования полученных знаний в области современных электромембранных процессов и технологий, а также смежных дисциплин для разработки новых электромембранных процессов и расширения сфер их применения.

### 1.3 Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Современные электромембранные процессы и технологии» относится к обязательным дисциплинам вариативной части блока Б1 "Дисциплины (модули)" ООП ВО направления 04.06.01 «Химические науки», направленность Электрохимия. Изучению дисциплины «Современные электромембранные процессы и технологии» должно предшествовать изучение таких дисциплин, как «Логика и методология научного познания», «Иностранный язык в специальности» и «Физикохимия ионообменных материалов». Данная дисциплина является основой для изучения дисциплины «Фундаментальные основы интенсификации мембранных процессов».

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-1; ПК-1.

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ОПК-1	Способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соот-	<b>основные</b> закономерности протекания электромембранных про-		

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
		ветствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	цессов <b>(Шифр: 3 (ОПК-1) – 3)</b>		
2	ПК-1	Способностью применять основные принципы, теории и концепции современной электрохимии для решения фундаментальных и прикладных задач	основные этапы разработки современных электрохимических технологий и процессов <b>(Шифр: 3 (ПК-1)-1).</b>	определять и обеспечивать условия, необходимые для оптимального протекания электрохимических процессов <b>(Шифр: У (ПК-1)–1)</b>	навыками использования современных достижений в области электрохимии, а также смежных дисциплин для разработки новых технологий <b>(Шифр: В (ПК-1)–1)</b>

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 3 зач.ед. (108 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

#### Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс (часы)			
		2			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	108	108			
В том числе:					
Занятия лекционного типа	8	8			
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	6	6			
Лабораторные занятия	16	16			
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	78	78			
В том числе:					
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>	16	16			
<i>Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>	42	42			
<i>Реферат</i>	-	-			
<i>Подготовка к текущему контролю</i>	30	30			
<b>Промежуточная аттестации (зачет)</b>	-	-			

Общая трудоемкость	час	108				
	зач. ед.	3				

### Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Курс (часы)				
		2	3			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	108	36	72			
В том числе:						
Занятия лекционного типа	8	4	4			
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)	10	4	6			
Лабораторные занятия	12	-	12			
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	78	28	50			
В том числе:						
<i>Проработка учебного (теоретического) материала</i>	18	6	12			
<i>Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)</i>	44	18	26			
<i>Реферат</i>		-				
<i>Подготовка к текущему контролю</i>	16	4	12			
<b>Промежуточная аттестации (зачет)</b>						
Общая трудоемкость	час	108	36	72		
	зач. ед.	3	1	2		

## 2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

### Очная форма обучения

№ раздела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Современные мембранные процессы как альтернатива «чёрной» химии.	20	2			18
2.	Электромембранные технологии очистки, разделения и концентрирования веществ.	32	2	2	8	20
3.	Электрохимические процессы и явления, лежащие в основе современных мембранных технологий.	28	2	2	4	20

№ раз-дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
4.	Осадкообразование и отравление заряженных мембран в современных электромембранных технологиях.	28	2	2	4	20
	<i>Всего:</i>	108	8	6	16	78

**Разделы дисциплины, изучаемые на 2 курсе (для студентов ЗФО)**

№ раз-дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Современные мембранные процессы как альтернатива «чёрной» химии.	20	2	-	-	18
2.	Электромембранные технологии очистки, разделения и концентрирования веществ.	6	2	4	-	20
	<i>Всего:</i>	36	4	4	-	28

**Разделы дисциплины, изучаемые на 3 курсе (для студентов ЗФО)**

№ раз-дела	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Самостоятельная работа
			Л	ПЗ	ЛР	
1	2	3	4	5	6	7
3.	Электрохимические процессы и явления, лежащие в основе современных мембранных технологий.	40	2	4	8	26
4.	Осадкообразование и отравление заряженных мембран в современных электромембранных технологиях.	32	2	2	4	24
	<i>Всего:</i>	72	4	6	12	50
	<i>ИТОГО по 2 годам обучения</i>	108	8	10	12	78

**2.3 Содержание разделов дисциплины**

**2.3.1 Занятия лекционного типа**

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Современные мембранные процессы как альтернатива «чёрной» химии.	Введение. Экологические и экономические предпосылки для перехода к новым ресурсо- и энергосберегающим технологиям. Примеры реализации новых энерго- и ресурсосберегающих электромембранных технологий в химической промышленности и смежных областях.	Устный опрос
2.	Электромембранные технологии очистки, разделения и концентрирования веществ.	Конструкции электромембранных модулей, предназначенных для очистки, разделения и концентрирования веществ. Их преимущества и недостатки. Оптимальные условия реализации электромембранных процессов. Их достоинства и недостатки.	Устный опрос
3.	Электрохимические процессы и явления, лежащие в основе современных мембранных технологий.	Механизмы переноса ионов и воды в мембранных системах в условиях протекания электрического тока. Особенности реализации электромембранных процессов в пищевой, фармацевтической промышленности и в медицине.	Устный опрос
4.	Осадкообразование и отравление заряженных мембран в современных электромембранных технологиях.	Особенности функционирования заряженных мембран в многокомпонентных растворах. Механизмы процессов осадкообразования и отравления мембран.	Устный опрос

### 2.3.2 Занятия семинарского типа

№	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Электромембранные технологии очистки, разделения и концентрирования веществ.	Принципы выбора оптимальных технологий очистки, разделения и концентрирования веществ в зависимости от конкретных условий. Гибридные мембранные технологии с применением электромембранных модулей. Решение ситуационных задач	Тестирование, решение ситуационных задач
2.	Электрохимические процессы и явления, лежащие в основе современных мембранных технологий.	Диффузионные, миграционные, конвективные и смешанные механизмы транспорта ионов и воды в электромембранных модулях. Влияние токовых режимов на эффективность электромембранных процессов.	Устный опрос
3.	Осадкообразование и	Химические основы образования малорастворимых веществ у поверхностей и	Устный опрос

	отравление заряженных мембран в современных электромембранных технологиях.	в объеме заряженных мембран в условиях протекания электрического тока. Способы продления срока службы заряженных мембран в электромембранных процессах.	
--	----------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

### 2.3.3 Лабораторные занятия

№	Наименование раздела	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1.	Электромембранные технологии очистки, разделения и концентрирования веществ	Обессоливание водных растворов методом электродиализа.	Защита лабораторной работы
		Предельное концентрирование водных растворов.	Защита лабораторной работы
2.	Электрохимические процессы и явления, лежащие в основе современных мембранных технологий.	Определение вкладов эффекта экзальтации предельного тока, гравитационной и электро- конвекции в сверхпредельный массоперенос.	Защита лабораторной работы
3.	Осадкообразование и отравление заряженных мембран в современных электромембранных технологиях.	Изучение процесса осадкообразования в процессе электродиализа природных вод.	Защита лабораторной работы

### 2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Курсовые работы не предусмотрены учебным планом

## 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к системе МУДЛ КубГУ, доступом через Интернет к информационно-аналитическим базам данных РИНЦ и Scopus, а также к библиотечным фондам (электронная библиотека диссертаций РГБ, Электронная библиотека grebennikon.ru, Информационные ресурсы компании «Интегрум-Техно», Научные базы компании «Ист Вью Информейшн Сервисиз, Инк», ЭБД компании EBSCO, Научные эл. журналы SAGE, Электронная библиотечная система издательства «Лань», Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда и др. )



Обеспечение обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья учебно-методическими ресурсами осуществляется в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

№	Наименование раздела	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1.	Современные мембранные процессы как альтернатива «чёрной» химии.	<p>1. Pourcelly, G., Nikonenko, V.V., Pismenskaya, N.D. and Yaroslavtsev, A.B. (2012): Applications of charged membranes in separation, fuel cells and emerging processes. In: Ionic Interactions in Natural and Synthetic Macromolecules, Eds. Ciferri, A and Perico, A. (Hoboken, NJ: John Wiley &amp; Sons, Inc.), 761-816. (МУДЛ КубГУ, - база информационных потребностей, <a href="http://infoneeds.kubsu.ru/">http://infoneeds.kubsu.ru/</a>; библиотека кафедры физхимии КубГУ).</p> <p>2. Seung-Hyeon Moon and Sung-Hyun Yun Process integration of electrodialysis for a cleaner environment, Current Opinion in Chemical Engineering, 4 (2014) 25–31 (МУДЛ КубГУ, доступна в Интернет <a href="http://www.sciencedirect.com">www.sciencedirect.com</a> <a href="http://dx.doi.org/10.1016/j.coche.2014.01.001">http://dx.doi.org/10.1016/j.coche.2014.01.001</a>)</p>
2.	Электромембранные технологии очистки, разделения и концентрирования веществ.	<p>1. Pourcelly, G., Nikonenko, V.V., Pismenskaya, N.D. and Yaroslavtsev, A.B. (2012): Applications of charged membranes in separation, fuel cells and emerging processes. In: Ionic Interactions in Natural and Synthetic Macromolecules, Eds. Ciferri, A and Perico, A. (Hoboken, NJ: John Wiley &amp; Sons, Inc.), 761-816. (МУДЛ КубГУ, библиотека кафедры физхимии КубГУ).</p> <p>2. Brian Bolto, Manh Hoang, Thuy Tran Review of piezodialysis — salt removal with charge mosaic membranes, Desalination 254 (2010) 1–5. (МУДЛ КубГУ, Scopus)</p>
3.	Электрохимические процессы и явления, лежащие в основе современных мембранных технологий.	<p>1. Youri Gendel, Alexandra Klara Elisabeth Rommerskirchen, Oana David, Matthias Wessling. Batch mode and continuous desalination of water using flowing carbon deionization (FCDI) technology, Electrochemistry Communications 46 (2014) 152–156. (МУДЛ КубГУ, библиотека кафедры физхимии КубГУ)</p> <p>2. Nikonenko V. V., Yaroslavtsev A. B. and Pourcelly G. Ch. 9. Ion Transfer in and through Charged Membranes: Structure, Properties and Theory / in: Ionic Interactions in Natural and Synthetic Macromolecules. ED. 1. / Edited by Alberto Ciferri and Angelo Perico / New Jersey. - John Wiley &amp; Sons. - 2012. - P. 267-236. (МУДЛ КубГУ, библиотека кафедры физхимии КубГУ)</p>
4.	Осадкообразование и отравление заряженных мембран в современных электромембранных технологиях.	<p>1. Sharif Ibeid, Maria Elektorowicz, Jan A. Oleszkiewicz Electro-conditioning of activated sludge in a membrane electro-bioreactor for improved dewatering and reduced membrane fouling Journal of Membrane Science, 494 (2015) 136-142 (МУДЛ КубГУ, Scopus)</p>

### 3. Образовательные технологии

При реализации учебной работы по освоению курса «Современные электромембранные процессы и технологии» используются современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- проектные методы обучения;
- исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу аспирантов и руководство этой работой со стороны преподавателя.

Для формирования профессиональных компетенций в процессе освоения курса используется технология профессионально-развивающего обучения, предусматривающая не только передачу теоретического материала, но и стимулирование и развитие продуктивных познавательных действий студентов (на основе психолого-педагогической теории поэтапного формирования умственных действий).

Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
<i>Л</i>	Лекция-беседа, метод поиска быстрых решений в группе	6
<i>ПР</i>	Проблемный семинар	6
<i>ЛР</i>	Работа в малых группах	12
<i>Итого:</i>		24

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья реализуются индивидуальные образовательные технологии, которые позволяют полностью индивидуализировать содержание, методы и темпы учебной деятельности инвалида, вносить вовремя необходимые коррективы как в деятельность студента-инвалида, так и в деятельность преподавателя.

### 4. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации аспирантов

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

#### Лекционные занятия

**Вопросы для устного опроса по разделу «Современные мембранные процессы как альтернатива «чёрной» химии»**

1. В чем основные различия между «черной» и «зеленой» химией?
2. Как происходит переход на «зеленые» технологии в России?
3. Чем обусловлен переход к новым ресурсо- и энергосберегающим мембранным технологиям в странах с развитыми экономиками?

4. Перечислите основные принципы «зеленой» химии.
5. Какие из принципов «зеленой» химии могут быть реализованы в электро-мембранных технологиях?
6. Расшифруйте термин ZLD. Каково место электромембранных процессов для реализации ZLD технологий?
7. Поясните термин «гибридные мембранные технологии»?

**Вопросы для устного опроса по разделу «Электромембранные технологии очистки, разделения и концентрирования веществ»**

1. Чем отличаются электролизеры и электродиализаторы?
2. Каковы достоинства и ограничения традиционного электродиализа?
3. Каковы основные тренды совершенствования мембранных пакетов электродиализаторов?
4. Перечислите параметры инертных спейсеров, которые определяют интенсивность процесса обессоливания в традиционном электродиализе.
5. Почему для осуществления электродеионизации инертные спейсеры заменяют ионообменными?
6. Каковы основные конструкции ионообменных спейсеров?
7. Каковы преимущества и недостатки мембранных методов получения электроэнергии?

**Вопросы для устного опроса по разделу «Электрохимические процессы и явления, лежащие в основе современных мембранных технологий»**

1. В чем суть и каковы движущие силы диффузионного транспорта ионов?
2. В чем суть и каковы движущие силы электромиграционного транспорта ионов?
3. В чем суть и каковы движущие силы конвективного транспорта ионов?
4. Какова роль химических реакций в электромембранных процессах, реализуемых в фармацевтической и пищевой промышленности?
5. Почему для этих видов промышленности к мембранам предъявляют повышенные требования?
6. Назовите известные Вам электромембранные процессы, которые используют в медицине.

**Вопросы для устного опроса по разделу «Осадкообразование и отравление заряженных мембран в современных электромембранных технологиях»**

1. Имеют ли электромембранные методы какие-либо ограничения?
2. С какими проблемами сталкиваются те, кто пытается заменить традиционные технологии электромембранными?
3. Какие вещества в наибольшей степени сокращают жизненный цикл мембран и почему?
4. Почему львиная доля научных публикаций в области мембран посвящена борьбе с осадкообразованием и отравлением мембран?
5. Какие меры вы предприняли бы, чтобы увеличить жизненный цикл мембран при переработке многокомпонентных растворов?

## Семинарские занятия

### Пример тестового задания по разделу «Электромембранные технологии очистки, разделения и концентрирования веществ»

1. Какое отношение расстояния между жилками сетки ( $l$ ) к ее толщине ( $h$ ) является оптимальным?
  - а)  $l/h=1$ ;
  - б)  $3 < l/h < 5$ ;
  - в)  $l/h=8$ ;
2. Какой из ионообменных спейсеров обеспечивает минимальный «выброс соли»?
  - а) смешанный полислой катионо- и анионообменной смолы;
  - б) полислой анионообменной смолы;
  - в) монослой катионо- и анионообменной смолы;
  - г) биполярная вставка из катионо- и анионообменных волокон.

### Примеры ситуационных задач по разделу «Электромембранные технологии очистки, разделения и концентрирования веществ»

1. Вам нужно обеспечить непрерывную деионизацию разбавленных радиоактивных стоков, концентрация радионуклидов в которых равна 5 мг/л, скорость поступления этих стоков равна 1 куб. м/ч. Какая конструкция мембранного модуля и какие токовые режимы Вы выберете? Какими принципами будете руководствоваться при выборе мембран и других конструкционных материалов?
2. В связи с распространением на Россию европейских норм на сброс разбавленных стоков в открытые водоемы, Вам срочно нужно подать заявку на конкурс научных проектов. В заявке Вы должны предложить и обосновать самую эффективную и экологически целесообразную технологию предотвращения таких сбросов. Какую технологию Вы предложите? Какую дополнительную информацию запросите у потенциальных заказчиков? На какие разделы конкурсной документации обратите особое внимание?

### Вопросы для устного опроса по разделу «Электрохимические процессы и явления, лежащие в основе современных мембранных технологий»

1. Каковы движущие силы диффузионного, электромиграционного и конвективного транспорта ионов?
2. Какими уравнениями они описываются?
3. В каких электромембранных процессах и почему нужно учитывать перенос воды через мембраны? Каковы механизмы этого переноса?
4. В каких электромембранных процессах и почему необходимо стимулировать электроконвекцию или гравитационную конвекцию?
5. В какой степени и почему токовые режимы влияют на электромембранные процессы?
6. Какие токовые режимы Вам известны?

## **Вопросы для устного опроса по разделу «Осадкообразование и отравление заряженных мембран в современных электромембранных технологиях»**

1. Каковы теоретические основы процессов осадкообразования в электромембранных системах?
2. Каким образом процессы осадкообразования учитываются в современных модельных представлениях?
3. Почему в научной литературе для описания процессов, связанных с сокращением срока службы мембран используют два термина: scaling и fouling?
4. Какие механизмы отравления мембран Вам известны?
5. Каковы основные способы борьбы с отравлением мембран?
6. Можно ли снизить процесс отравления мембран, варьируя гидродинамические и токовые режимы?

## **Лабораторные занятия**

### **Вопросы к лабораторным работам**

*Лабораторная работа: «Обессоливание водных растворов методом электродиализа»*

1. Какие требования предъявляются к растворам, которые подаются на электродиализный модуль для обессоливания.
2. Как осуществляется подготовка таких растворов?
3. Как рассчитать выход по току, фактор обессоливания, энергозатраты на процесс обессоливания?
4. При каких токовых режимах осуществляется процесс обессоливания?
5. Как правильно выбрать эти режимы?

*Лабораторная работа: «Предельное концентрирование водных растворов»*

1. Какие требования предъявляются к растворам, которые подаются на электродиализный модуль для предельного концентрирования?
2. Как осуществляется подготовка таких растворов?
3. При каких токовых режимах осуществляется процесс предельного концентрирования?
4. Как правильно выбрать эти режимы?
5. Как рассчитать энергозатраты на процесс предельного концентрирования?

*Лабораторная работа: «Определение вкладов эффекта экзальтации предельного тока, гравитационной и электро- конвекции в сверхпредельный массоперенос».*

1. Что такое экзальтация предельного тока?

2. Почему для оценки вклада этого эффекта нужно измерить парциальный ток по ионам – продуктам диссоциации воды на границе мембрана/раствор.
3. Как разделить вклады гравитационной конвекции и электроконвекции в перенос ионов соли?
4. Как осуществляется процесс изучения массообменных характеристик электродиализных каналов обессоливания?

*Лабораторная работа: «Изучение процесса осадкообразования в процессе электродиализа природных вод».*

1. Какие электрохимические методы позволяют проследить динамику осадкообразования на ионообменных мембранах?
2. Как оценить рост энергозатрат и снижение эффективности электродиализа, вызванные осадкообразованием на мембранах?
3. Как произвести процесс регенерации мембран электрохимическим методом?

### **Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации для студентов ОФО**

#### **Вопросы к зачету:**

1. Основные различия между «черной» и «зеленой» химией.
2. Предпосылки перехода к новым ресурсо- и энергосберегающим технологиям.
3. Основные принципы «зеленой» химии.
4. Какие из принципов «зеленой» химии могут быть реализованы в электромембранных технологиях?
5. Современные ZLD технологии.
6. Гибридные мембранные технологии с применением электромембранных модулей.
7. Методы обезвреживания жидких низко радиоактивных отходов.
8. Конструкция мембранных модулей для традиционного электродиализа.
9. Назначение инертных спейсеров, разделяющих мембраны.
10. Конструкции мембранных модулей для электродеионизации.
11. Назначение ионообменных спейсеров, разделяющих мембраны в модулях для электродеионизации.
12. Конструкции мембранных модулей для получения электроэнергии.
13. Механизмы переноса ионов и воды в мембранных системах в условиях протекания электрического тока.
14. Конструкции мембранных модулей, применяемых в фармацевтической и пищевой промышленности.

15. Требования, предъявляемые к материалам электромембранных модулей, применяемых в медицине, фармацевтической и пищевой промышленности.
16. Конструкции мембранных модулей, применяемых для предельного концентрирования растворов.
17. Конструкции мембранных модулей, применяемых для осуществления процессов конверсии солей в кислоты и основания.
18. Особенности функционирования заряженных мембран в многокомпонентных растворах.
19. Процессы, препятствующие более широкому внедрению электромембранных технологий в промышленность.
20. В каких случаях и почему возникает опасность вывода из строя мембран и электродов в результате осадкообразования?
21. В каких случаях и почему возникает опасность вывода из строя мембран в результате их отравления?
22. Способы борьбы с осадкообразованием.
23. Механизмы отравления мембран.
24. Основные меры, предпринимаемые для борьбы с отравлением мембран.

### **Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации для студентов ЗФО**

#### **Вопросы к зачету на 2 курсе для студентов ЗФО**

1. Основные различия между «черной» и «зеленой» химией.
2. Предпосылки перехода к новым ресурсо- и энергосберегающим технологиям.
3. Основные принципы «зеленой» химии.
4. Какие из принципов «зеленой» химии могут быть реализованы в электромембранных технологиях?
5. Современные ZLD технологии.
6. Гибридные мембранные технологии с применением электромембранных модулей.
7. Методы обезвреживания жидких низко радиоактивных отходов.
8. Конструкция мембранных модулей для традиционного электродиализа.
9. Назначение инертных спейсеров, разделяющих мембраны.
10. Конструкции мембранных модулей для электродеионизации.
11. Назначение ионообменных спейсеров, разделяющих мембраны в модулях для электродеионизации.
12. Конструкции мембранных модулей для получения электроэнергии.

### Вопросы к зачету на 3 курсе для студентов ЗФО

1. Механизмы переноса ионов и воды в мембранных системах в условиях протекания электрического тока.
2. Конструкции мембранных модулей, применяемых в фармацевтической и пищевой промышленности.
3. Требования, предъявляемые к материалам электромембранных модулей, применяемых в медицине, фармацевтической и пищевой промышленности.
4. Конструкции мембранных модулей, применяемых для предельного концентрирования растворов.
5. Конструкции мембранных модулей, применяемых для осуществления процессов конверсии солей в кислоты и основания.
6. Особенности функционирования заряженных мембран в многокомпонентных растворах.
7. Процессы, препятствующие более широкому внедрению электромембранных технологий в промышленность.
8. В каких случаях и почему возникает опасность вывода из строя мембран и электродов в результате осадкообразования?
9. В каких случаях и почему возникает опасность вывода из строя мембран в результате их отравления?
10. Способы борьбы с осадкообразованием.
11. Механизмы отравления мембран.
12. Основные меры, предпринимаемые для борьбы с отравлением мембран.

Форма контроля для проведения промежуточной аттестации по дисциплине – зачет.

Студенты обязаны сдать зачет в соответствии с расписанием и учебным планом. Зачет является формой контроля усвоения студентом учебной программы по дисциплине, выполнения лабораторных и контрольных работ. Зачет по прослушанному курсу может быть выставлен на основании оценки деятельности студента в семестре, а именно - по посещаемости лекций, результатам выполнения заданий и лабораторных работ. Защита лабораторных работ осуществляется после выполнения работы на основании проверки письменного отчета и устного и/или письменного опроса обучающихся по теме лабораторной работы. Для получения зачета обучающийся должен дать удовлетворительные ответы на все вопросы.

#### Критерии оценки:

- **оценка «зачтено»:** студент владеет теоретическими знаниями основ функционирования современных электромембранных процессов, демонстрирует основные знания об общих, специфических и частных задачах совре-



менных электромембранных процессов и технологий; имеет сформированные представления о принципах выбора и реализации современных электромембранных процессов и технологий для решения различных научно-технических задач.

- **оценка «не зачтено»:** материал не усвоен или усвоен частично, отсутствуют целостные знания об общих, специфических и частных задачах современных электромембранных процессов и технологий; студент затрудняется в объяснении принципах выбора и реализации современных электромембранных процессов и технологий для решения различных научно-технических задач.

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

### **5.1 Основная литература**

1. Мембраны и мембранные технологии, под ред. А.Б. Ярославцева [Электронный ресурс] : М.: Научный мир, 2013. – 611 с. Режим доступа: [http://biblioclub.ru/index.php?page=book\\_red&id=468334&sr=1](http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=468334&sr=1)

### **5.2 Дополнительная литература**

1. Мулдер М. Введение в мембранную технологию. М.: Мир, 1999. 513 с.

### **5.3. Периодические издания**

1. Журнал «Электрохимия»

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. Русское мембранное общество «Мембраны и мембранные технологии»: <http://memtech.ru/index.php/ru/>

2. МУДЛ КубГУ

([http://moodle.kubsu.ru/pluginfile.php/15451/mod\\_resource/content/2/Ciferri\\_927\\_0\\_c20\\_main.pdf](http://moodle.kubsu.ru/pluginfile.php/15451/mod_resource/content/2/Ciferri_927_0_c20_main.pdf)) Pourcelly, G., Nikonenko, V.V., Pismenskaya, N.D. and Yaroslavtsev, A.B. (2012): Applications of charged membranes in separation, fuel cells and emerging processes. In: Ionic Interactions in Natural and Synthetic Macromolecules, Eds. Ciferri, A and Perico, A. (Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.), 761-816.

Springer, <http://www.springerlink.com>

ScienceDirect, <http://www.sciencedirect.com/>

Информационно-аналитические базы данных РИНЦ и Scopus, а также библиотечные фонды (электронная библиотека диссертаций РГБ, Электронная библиотека grebennikon.ru, Информационные ресурсы компании «Интегрум-Техно», Научные базы компании «Ист Вью

Информейшн Сервисиз, Инк», ЭБД компании EBSCO, Научные эл. журналы SAGE, Электронная библиотечная система издательства «Лань», Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда и др.)

## **7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Самостоятельная работа аспирантов осуществляется в форме изучения научной литературы, публикуемой в высоко рейтинговых периодических изданиях с дальнейшим разбором или обсуждением прочитанных статей (в том числе на иностранных языках) на семинарских аудиторных занятиях. Выбор иностранных статей и их перевод происходит в тесном сотрудничестве с преподавателем дисциплины «Иностранный язык». Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом через Интернет к информационным базам данных и библиотечным фондам ведущих университетов.

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **8.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

Microsoft Windows 8, 10

Microsoft Office Professional Plus

Специализированная авторская база данных «ED-manager» (предоставляется преподавателем).

### **8.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

Scopus, <http://www.scopus.com/>

eLIBRARY.RU (НЭБ), <http://www.elibrary.ru/>

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Для проведения занятий по дисциплине имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Аудитория 343с, оснащенная учебной мебелью, компьютером с соответствующим программным обеспечением (Windows, Microsoft Office), переносным проектором, меловой доской.
2.	Семинарские занятия	Аудитория (ауд. 343с), оснащенная учебной мебелью,

		компьютером с соответствующим программным обеспечением (Windows, Microsoft Office), переносным проектором, меловой доской.
3.	Лабораторные занятия	<p>Лаборатория электромембранных явлений, укомплектованная специализированной мебелью, вытяжной системой вентиляции, меловой доской, средствами пожарной безопасности и оказания первой медицинской помощи, лабораторным оборудованием: потенциостат Autolab PGSTAT 100 N; источник тока-вольтметр Keithley 2200-60-2 ; источник тока-вольтметр Keithley 2100/E ; нановольтметр Keithley 6221/2182 А; вольтметр универсальный В7-71/1; насос шприцевой Dixon Instillar 1428; рН метр – иономер Эксперт-001; кондуктометр Эксперт-002; насос перистальтический многоканальный Heidolph Pumpdrive 5001; рН метр FER20-ATC Kit рН; кондуктометр FER30-KIT; весы аналитические Ohaus PA 214C; анализатор влагосодержания Ohaus MB-25; термостат Isotemp 6200 H7; сушильный шкаф BINDER FD 1150; сушильный шкаф Binder FD 53; шейкер экоприбор; мешалка Heidolph; мешалка ЛАБ-ПУ-01; термостат ТЖ-ТС-01; программатор ПР-8; потенциостат ПИ-50-1.1; плитка электрическая ШЛФ С-MAG HS 7; насос перистальтический одноканальный; рабочая станция.</p> <p>Лаборатория электромембранного синтеза № 330С, укомплектованная специализированной мебелью, вытяжной системой вентиляции, средствами пожарной безопасности и оказания первой медицинской помощи, лабораторным оборудованием: потенциостат-гальваностат Р-30I, импедансметр Z-1000P, измеритель-анализатор импеданса, вольтамперных и переходных характеристик мембран, потенциостат-гальваностат Autolab PGSTAT 100N, рН-метр иономер ЭКСПЕРТ-001, титратор автоматический TitroLine 6000, иономер И-130, кондуктометр ЭКСПЕРТ-002, фотометр фотоэлектрический КФК-3, вольтметр универсальный В7-78/1, вольтметр универсальный В7-34А, генератор сигналов специальной формы Г6-33, источник питания постоянного тока Б5-50, весы электронные лабораторные HR-120, насос перистальтический ЛАБ-НП-1, термостат жидкостной ЛАБ-ТЖ-ТС-01, перемешивающее устройство ЛАБ-ПУ-01</p>
4.	Групповые (индивидуальные) консультации	Учебная аудитория, укомплектованная учебной мебелью (ауд. 343С, № 328С, № 334С)
5.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Учебная аудитория для проведения практических занятий (ауд. № 343С, № 328С, № 334С), оснащенная учебной мебелью
6.	Самостоятельная работа	Аудитории, оснащенные учебной мебелью и компьютерной техникой с возможностью подключения к сети

		«Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета (№ 140, № 341С, № 329С)
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------