

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,
металлургии и химической промышленности



исследовательская группа

www.infomine.ru

Обзор рынка ионообменных смол в России и СНГ

Москва
август, 2018

Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <http://www.infomine.ru/research/18/578>

Общее количество страниц: 82 стр.

Стоимость отчета – 60 000 рублей

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИГ «Инфомайн» исключительно в целях информации. Содержащаяся в настоящем отчете информация была получена из источников, которые, по мнению экспертов ИНФОМАЙН, являются надежными, однако ИНФОМАЙН не гарантирует точности и полноты информации для любых целей. Информация, представленная в этом отчете, не должна быть истолкована, прямо или косвенно, как информация, содержащая рекомендации по инвестициям. Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и подлежат изменению без предупреждения. ИНФОМАЙН не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем отчете, включая опубликованные мнения или заключения, а также последствия, вызванные неполнотой представленной информации. Информация, представленная в настоящем отчете, получена из открытых источников либо предоставлена упомянутыми в отчете компаниями. Дополнительная информация предоставляется по запросу. Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения ИНФОМАЙН либо тиражироваться любыми способами.

Copyright © ООО «ИГ «Инфомайн».

INFOMINE Research Group www.infomine.ru; e-mail: info@infomine.ru; тел. +7 (495) 988-1123

Содержание

Аннотация.....	9
1.Классификация ИС, технологии производства, требования к качеству ионообменных смол (ГОСТы, ТУ).....	10
1.1. Классификация ионообменных смол	10
1.2. Технологии производства ионообменных смол.....	15
2. Производство ионообменных смол (ИС) в странах СНГ	22
2.1. Динамика выпуска ионообменных смол в СНГ (2010-2017 гг.)	22
2.2. Россия	23
2.2.1. Динамика производства ионообменных смол в России в 2010-2017 гг.....	23
2.2.2. Основные производители ионообменных смол в России.....	25
ООО Производственное объединение «Токем».....	25
Холдинг «ПАО «Уралхимпласт» (ПАО «УХП»).....	31
2.3. Украина.....	36
2.3.1. Динамика производства ионообменных смол в Украине в 2010-2017 гг.....	36
2.3.2. Основные производители ионообменных смол в Украины	38
Государственное предприятие «Смолы».....	38
«ПАО «Азот»	41
3. Внешнеторговые операции с ионообменными смолами в СНГ	45
3.1. Россия	45
3.1.1. Общая динамика экспорта и импорта, география поставок ионообменных смол в России в 2010-2017 гг.....	45
3.1.2. Поставщики, получатели и цены на ионообменные смолы	51
3.2. Украина.....	55
3.2.1. Общая динамика экспорта и импорта, география поставок ионообменных смол в Украину в 2010-2017 гг.	55
3.2.2. Поставщики, получатели и цены на ионообменные смолы	60
3.3. Внешнеторговые операции с ионообменными смолами других стран СНГ в 2010-2017 гг.....	63
3.3.1. Казахстан	63
3.3.2. Узбекистан	65
3.3.3. Другие страны СНГ.....	67
4. Потребление ионообменных смол в России.....	68
4.1. Баланс производства и потребления ионообменных смол в России в 2010-2017 гг.....	68
4.2. Оценка структуры потребления ионообменных смол в России в 2016-2017 гг.....	70

4.3. Основные отрасли и компании-потребители в 2010-2017 гг.....	71
<i>Производство питьевой воды</i>	74
<i>Химическая промышленность</i>	74
<i>Энергетика</i>	74
<i>Горнодобывающая промышленность</i>	75
<i>Добыча урана</i>	77
<i>Основные компании потребители ионообменных смол</i>	77
<i>ЗАО «Энергопромсервис»</i>	77
<i>ООО «Аквафор»</i>	77
<i>ООО «Экодар-Л»</i>	78
<i>ООО «БВТ Барьер Рус»</i>	78

5. Прогноз производства и потребления ионообменных смол в России до 2025 г. 80

Приложение 1. Промышленные предприятия-потребители импортных ионообменных смол в России в 2010-2017 гг., т	81
Приложение 2. Контактная информация об основных участниках рынка ионообменных смол	82

Список таблиц

- Таблица 1. Динамика поставок сырья для выпуска ионообменных смол на ООО «ПО «Токем» в 2013-2017 гг., тыс. т.
- Таблица 2. Марки производимых в России ионообменных смол в разрезе компаний и областей применений
- Таблица 3. Динамика производства ионообменных смол в СНГ
- Таблица 4. Динамика производства ионообменных смол в России в 2010-2017 гг., в разрезе компаний-производителей, тыс. т.
- Таблица 5. Основные характеристики марок компании ПО «Токем»
- Таблица 6. Динамика производства и экспорта ионообменных смол ПО «Токем» в 2010-2017 гг., тыс. т
- Таблица 7. Основные направления поставок ионообменных смол ПО «Токем» в 2010-2017 гг., тыс. т.
- Таблица 8. Основные компании получатели ионообменных смол от компании ПО «Токем» в 2004-2009 гг., т
- Таблица 9. Основные финансовые показатели ПО «Токем»
- Таблица 10. Сравнительные характеристики марок ионообменных смол компании ПАО «Уралхимпласт»
- Таблица 11. Динамика производства и экспорта ионообменных смол ПАО «Уралхимпласт» в 2010-2017 гг., тыс. т.
- Таблица 12. Основные направления поставок ионообменных смол ПАО «Уралхимпласт» в 2010-2017 гг., тыс. т.
- Таблица 13. Основные компании получатели ионообменных смол от компании «Уралхимпласт» в 2004-2009 гг., т
- Таблица 14. Основные финансовые показатели ПАО «Уралхимпласт» в 2010-2017 гг., млн. рублей.
- Таблица 15. Динамика производства ионообменных смол в Украине в 2010-2017 гг., в разрезе компаний-производителей, тыс. т.
- Таблица 16. Основные характеристики марок компании ГК «Смолы»
- Таблица 17. Динамика производства и экспорта ионообменных смол ГК «Смолы» в 2010-2017 гг., тыс. т
- Таблица 18. Основные направления поставок ионообменных смол ГК «Смолы» в 2010-2017 гг., тыс. т.
- Таблица 19. Основные характеристики марок компании ГК «Смолы»
- Таблица 20. Динамика производства и экспорта ионообменных смол ПАО «Азот» в 2010-2017 гг., тыс. т.
- Таблица 21. Основные направления поставок ионообменных смол
- Таблица 22. Основные направления экспорта ионообменных смол из России в 2010-2017 гг., тыс. т
- Таблица 23. Основные направления импорта ионообменных смол России в 2010-2017 гг., тыс. т
- Таблица 24. Основные поставщики ионообменных смол в Россию

- Таблица 25. Средняя цена на основные марки импортируемых Россией ионообменных смол в 2010-2017 гг., \$/кг
- Таблица 26. Основные российские компании-импортеры ионообменных смол в 2010-2017 гг., тыс. т
- Таблица 27. Основные направления экспорта ионообменных смол из Украины в 2010-2017 гг., тыс. т
- Таблица 28. Основные направления импорта ионообменных смол Украине в 2010-2017 гг., тыс. т
- Таблица 29. Основные поставщики ионообменных смол в Украину
- Таблица 30. Средняя цена на основные марки импортируемых Россией ионообменных смол в 2010-2017 гг., \$/кг
- Таблица 31. Основные украинские компании-импортеры ионообменных смол в 2010-2017 гг., тыс. т
- Таблица 32. Направления поставок ионообменных смол в Казахстан (2010-2017 гг.), тыс. т
- Таблица 33. Среднегодовые цены на ионообменные смолы разных стран-поставщиков в Казахстан, \$/кг
- Таблица 34. Направления поставок ионообменных смол в Узбекистан (2010-2017 гг.), тыс. т
- Таблица 35. Среднегодовые цены на ионообменные смолы разных стран-поставщиков в Узбекистан, \$/кг
- Таблица 36. Направления поставок ионообменных смол в страны СНГ (2010-2017 гг.), т
- Таблица 37. Баланс производств и потребления ионообменных смол в России в 2010-2017 гг., тыс. т
- Таблица 38. Промышленные предприятия-получатели ионообменных смол железнодорожным транспортом в 2010-2017 гг, т
- Таблица 39. Крупнейшие тендеры на приобретение ионообменных смол в конце 2017 – начале 2018 гг
- Таблица 40. Прогноз производства и потребления ионообменных смол до 2025 года., тыс. т.

Список рисунков

- Рисунок 1. Распределение размеров и характер упаковки зерен, характерный для моно- и полидисперсных смол.
- Рисунок 2. Доля стран-производителей ионообменных смол в СНГ
- Рисунок 3. Динамика производства ионообменных смол в России
- Рисунок 4. Доля компаний-производителей ионообменных смол
- Рисунок 5. Производство ионообменных смол компанией ПО «Токем» в 2010-2017 гг., тыс. т.
- Рисунок 6. Объем экспорта ионообменных смол ПО «Токем»
- Рисунок 7. Производство ионообменных смол компанией ПАО «Уралхимпласт» в 2010-2017 гг., тыс. т.
- Рисунок 8. Объем экспорта ионообменных смол ПАО «Уралхимпласт» в 2010-2017 гг., тыс. т.
- Рисунок 9. Динамика производства ионообменных смол в Украине
- Рисунок 10. Доля компаний-производителей ионообменных смол на Украине в 2010-2017 гг., %
- Рисунок 11. Производство ионообменных смол компанией ГП «Смолы» в 2010-2017 гг., тыс. т.
- Рисунок 12. Объем экспорта ионообменных смол ГК «Смолы»
- Рисунок 13. Производство ионообменных смол компанией ПАО «Азот» в 2010-2017 гг., тыс. т.
- Рисунок 14. Объем экспорта ионообменных смол ПАО «Азот» в 2010-2017 гг., тыс. т.
- Рисунок 15. Динамика экспортных операций ионообменных смол в России в 2010-2017 гг., тыс. т/млн долл
- Рисунок 16. Географическая структура поставок из России ионообменных смол в 2010-2017 гг., %
- Рисунок 17. Динамика импортных операций ионообменных смол в России в 2010-2017 гг., тыс. т/млн долл
- Рисунок 18. Географическая структура поставок в Россию ионообменных смол в 2010-2017 гг., %
- Рисунок 19. Динамика экспортных операций ионообменных смол в Украине в 2010-2017 гг., тыс. т/млн долл
- Рисунок 20. Географическая структура поставок ионообменных смол из Украины в 2010-2017 гг., %
- Рисунок 21. Динамика импортных операций ионообменных смол в Украины в 2010-2017 гг., тыс. т/млн долл
- Рисунок 22. Географическая структура поставок в Украину ионообменных смол в 2010-2017 гг., %
- Рисунок 23. Динамика импорта ионообменных смол в Казахстан
- Рисунок 24. Динамика импорта ионообменных смол Узбекистана
- Рисунок 25. Динамика производства, экспорта, импорта и «видимого» потребления ионообменных смол в России в 2010-2017 гг., тыс. т

Рисунок 26. Оценочная структура потребления ионообменных смол в России в 2016-2017 гг., %

Рисунок 27: Применяемые в России технологии извлечения золота, %

Аннотация

Данное исследование посвящено анализу рынка ионообменных смол в России и СНГ.

Мониторинг рынка ведется с 2010 года.

Цель исследования – анализ рынка ионообменных смол.

Объектом исследования является ионообменные смолы.

Данная работа представляет собой **кабинетное исследование**. В качестве источников информации использовались данные Росстата, Федеральной таможенной службы РФ, статистики железнодорожных перевозок РФ, материалы отраслевой и региональной прессы и научно-техническая литература.

Хронологические рамки исследования: 2010-2017 гг.; прогноз – 2018-2025 гг.

География исследования: Российская Федерация – комплексный подробный анализ рынка. Казахстан и Узбекистан – информация об импорте ионообменных смол.

Отчет состоит из **5** частей, содержит **82** страницы, в том числе **27** рисунков, **40** таблиц и **2** приложения.

В **первой главе** даны классификация ионообменных смол, технологии производства, требования к качеству и ГОСТы.

Во **второй главе** подробно рассмотрено производство ионообменных смол в России и Украине в разрезе годов. Также подробно рассмотрены основные производители ионообменных смол.

В **третьей главе** отчета приводятся данные о внешнеторговых операциях в России, Казахстане и Узбекистане с ионообменными смолами. В том числе рассмотрены основные поставщики и цены. Также подробно рассмотрен экспорт-импорт ионообменных смол Украины.

В **четвертой главе** проанализированы данные о потреблении ионообменных смол в России

В **пятой главе** приводится прогноз развития российского рынка ионообменных смол на период до 2025 г.

В **приложениях** приведены адреса и контактные данные основных потребителей ионообменных смол и информация о крупнейших импортёрах ионообменных смол в России.

Целевая аудитория исследования:

- участники рынка ионообменных смол – производители, потребители, трейдеры;
- потенциальные инвесторы.

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для служб маркетинга и специалистов, принимающих управленческие решения, работающих в химической отрасли.

1. Классификация ИС, технологии производства, требования к качеству ионообменных смол (ГОСТы, ТУ)

1.1. Классификация ионообменных смол

Ионообменными смолами называют полимерные сорбенты, имеющие трехмерную сетчатую структуру, содержащие ионогенные группы, способные к диссоциации и обмену с ионами окружающей среды. Отличительная особенность этого класса полиэлектролитов состоит в том, что они нерастворимы в воде и других растворителях, хотя способны набухать в них.

Нерастворимость достигается путем сшивания линейных макромолекул в трехмерную сетку за счет создания мостиков между заранее полученными линейными молекулами или за счет синтеза полимеров из смеси бифункциональных и полифункциональных мономеров. Число и длина мостиков, определяющих "густоту" сетки, зависит от количества и природы использованных при реакции "сшивающих агентов" и оказывает очень сильное влияние на свойства ионитов.

По способу получения ионообменные смолы делятся на *стандартные* или *гелиевые, макропористые* и *иониты в смешанном слое*.

Гелиевые иониты получают на основе пространственно сшитых полимеров или сополимеров, синтез которых проводят в блоке. Сами сополимеры, в которые вводят ионогенные группы, называют скелетом, каркасом или матрицей. На матрице закреплены группы, несущие заряд (так называемые фиксированные ионы). Ионы, компенсирующие заряд матрицы, называются противоионами. При введении ионита в ионизирующую среду, противоионы в пределах матрицы приобретают определенную подвижность, что и обуславливает способность ионита к обмену ионов.

Иониты обладают высокой поглотительной способностью; как правило, объем пор у них очень мал и они поглощают ионы малых размеров. Ионы больших размеров они поглощают только из сред, в которых набухают. Способность смолы к набуханию зависит от степени гидратации ионогенных групп, которая определяет сродство смолы к воде, природы сорбируемых ионов и числа поперечных связей в полимере. Чем больше число поперечных связей, тем меньше степень набухания и возможность диффузии крупных ионов вглубь полимерной матрицы.

Большая способность ионита к набуханию приводит к резкому снижению его механической прочности. Поэтому очень важно иметь иониты, которые могли бы сорбировать ионы из сред, в которых они не набухают, то есть иониты с развитой пористой структурой. Этому требованию удовлетворяют макропористые иониты.

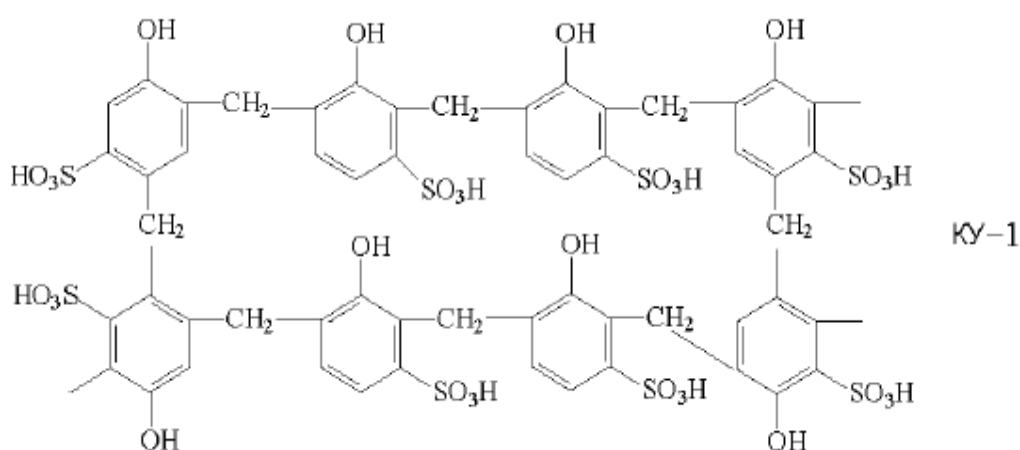
Макропористые иониты получают трехмерной сополимеризацией двух мономеров в присутствии индифферентной жидкости, которая их

хорошо растворяет и не участвует в реакции сополимеризации. Пористость сополимеров тем больше, чем больше взято растворителя. Макропористые иониты обладают улучшенными кинетическими и механическими свойствами и высокой химической стойкостью. Иониты в смешанном слое - это механическая смесь катионитов и анионитов, получаемая путем пропитки ионитов мономерами, содержащими ионогенные группы противоположного характера, с последующей полимеризацией. Метод деионизации растворов этими ионитами весьма эффективен. Достигается высокая степень очистки, практически не зависящая от исходной концентрации электролитов и обусловленная наличием второго ионита, возможность проведения процессов в нейтральной среде, что важно для биологических объектов и т.д.

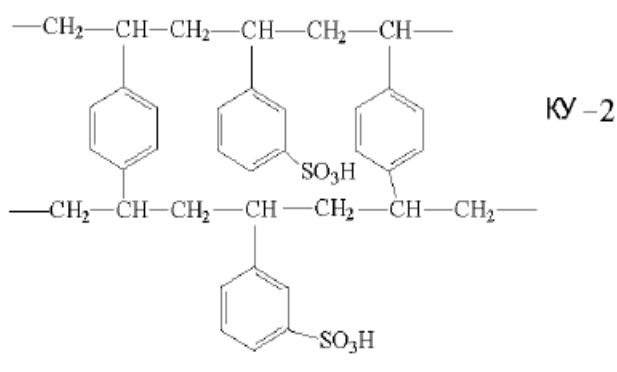
В связи с развитием ряда биохимических методов исследования большое значение приобрели **целлюлозоиониты**, которые могут быть использованы в виде порошка, ткани или бумаги. Макромолекулы их практически полностью выпрямлены и не связаны между собой в трехмерной сетке, поэтому ионный обмен протекает на поверхности тончайших волокон, обеспечивающих высокоразвитую поверхность, а следовательно, и высокую скорость обменных реакций. Из целлюлозоионитов наиболее часто применяют сульфоэтил(метил)-целлюлозу, фосфорилированную целлюлозу и карбоксиметилцеллюлозу.

Иониты делятся на *катиониты*, *аниониты* и *амфотерные*.

Катиониты - это нерастворимые сшитые поликислоты или их соли, состоящие из фиксированного отрицательного макроиона и малых подвижных положительных ионов, способных к обмену. В состав полифункциональных кислот входят группы - COOH, -SO₃H, -OH, -SH, остатки фосфорной и мышьяковой кислоты и т.д. В качестве примера можно привести распространенные катиониты КУ-1 (1) и КУ-2 (2).



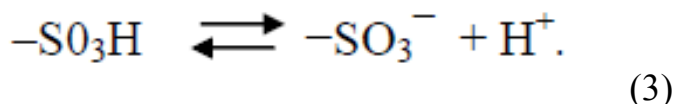
(1)



KY 1 - бифункциональный катионит на основе продукта конденсации фенола и формальдегида (ионообменные группы $-SO_3H$ и $-OH$).

KY-2 - монофункциональный катионит на основе продукта сополимеризации стирола и дивинилбензола, выступающего в роли сшивающего агента.

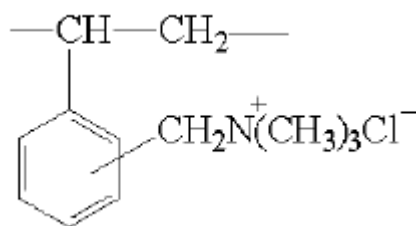
В водной среде $-SO_3H$ группы диссоциируют по следующей схеме:



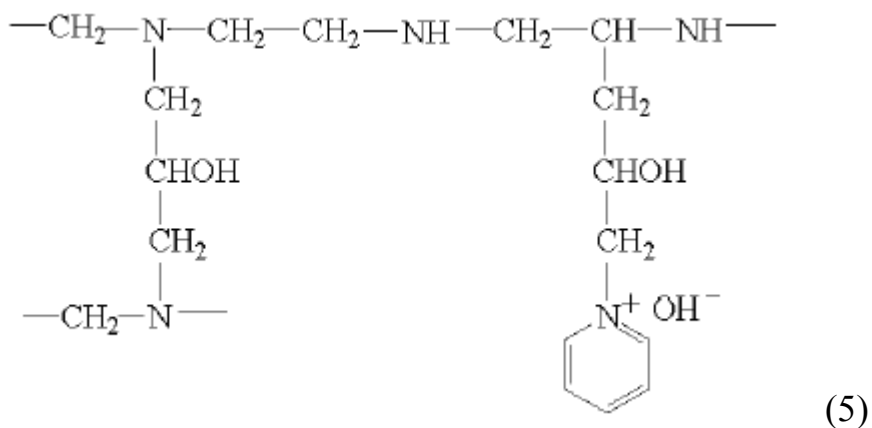
Подвижные катионы образуют диффузную оболочку около отрицательно заряженной поверхности сшитого полимера. Они способны обмениваться на положительные ионы, имеющиеся в растворе.

Аниониты - это нерастворимые сшитые полиоснования или их соли, состоящие из неподвижного положительного макроиона и малых подвижных отрицательных ионов, способных к обмену. В их состав входят такие основные группы как $-NH_2$, $-N^+H_3OH^-$, $-NHR$, $-NR_2$, остатки четвертичных сульфониевых и фосфониевых оснований и т.д.

AB-17 - монофункциональный анионит, получаемый аминированием триметиламином хлорметирированного сополимера стирола с дивинилбензолом, содержащий группы (4):



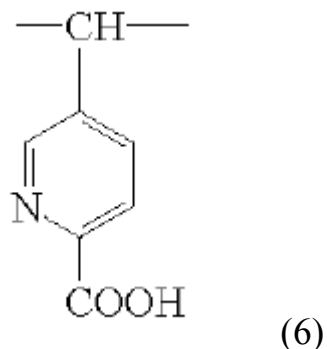
AB-16 - полифункциональный анионит поликонденсационного типа, содержащий вторичные и третичные аминогруппы алифатического ряда и сильноосновную пиридиновую группу (5).



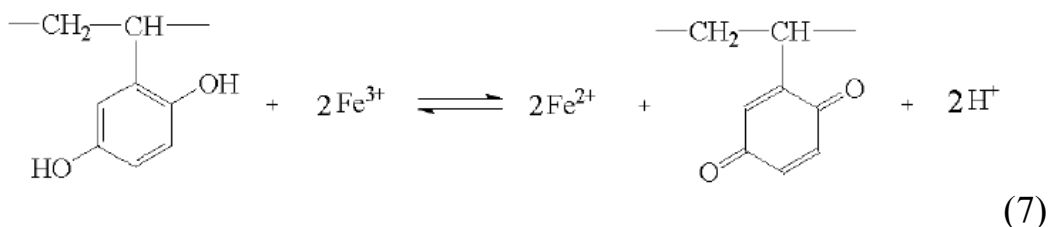
Как видно из приведенных примеров, ионообменные смолы могут содержать однотипные и разнотипные ионогенные группы, т.е. группы различной кислотности и основности.

По степени ионизации иониты подразделяются на *сильнокислотные*, *слабокислотные*, *сильноосновные* и *слабоосновные*.

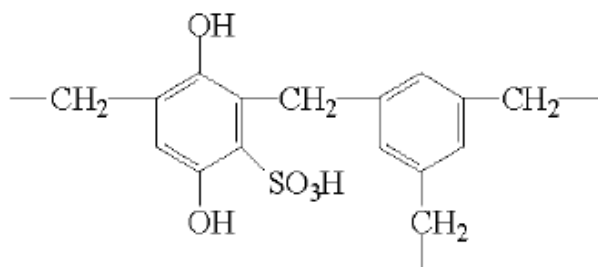
Существуют также **амфотерные иониты**, которые в зависимости от pH среды могут диссоциировать по кислотному или основному типу. Например, полифункциональный амфотерный ионит ВПК, полученный на основе сополимера α-метилвинилпиридина и дивинилбензола с последующим окислением СН₃-группы до COOH, содержит фрагменты (6):



Особую разновидность представляют **окислительно-восстановительные полимеры**, способные к переносу электронов, т.е. участвующие в окислительно-восстановительных реакциях с веществами, находящимися в растворе (7).



Эти полимеры могут содержать и ионообменную группу. Например, смола ЭО-7, кроме гидрохинонной структуры, содержит -SO₃H-группу (8).



(8)

Преимущество в использовании окислительно-восстановительных смол по сравнению с низкомолекулярными восстановителями (окислителями) заключается в том, что они не загрязняют рабочие растворы. Их используют для удаления из воды растворенного в ней кислорода, что важно, например, при борьбе с коррозией.

1.2. Технологии производства ионообменных смол

Методы синтеза ионообменных смол условно можно разделить на три группы:

- Поликонденсация с участием содержащих соответствующие фрагменты соединений;
- Полимеризация мономеров, содержащих ионогенные функциональные группы;
- Химическая модификация основных типов синтетических смол.

Несмотря на кажущуюся привлекательность простоту и экономическую привлекательность первого метода, базирующегося на сырьевой базе наиболее распространенных (фенол- и карбамидоформальдегидных) смол, получаемых методом поликонденсации, этот метод имеет скорее историческое, чем практическое значение. Это связано с недостатками присущими данному методу поликонденсации, к которому участвуют и ионогенные и функциональные группы. Это приводит к тому, что составы исходных мономеров и элементарных звеньев полученных смол не идентичны. Кроме того, технологический синтез ионитов методом поликонденсации в виде сферических гранул осуществить сложно. Химическая стойкость и механическая прочность поликонденсационных ионообменных смол также обычно ниже, чем у полимеризационных.

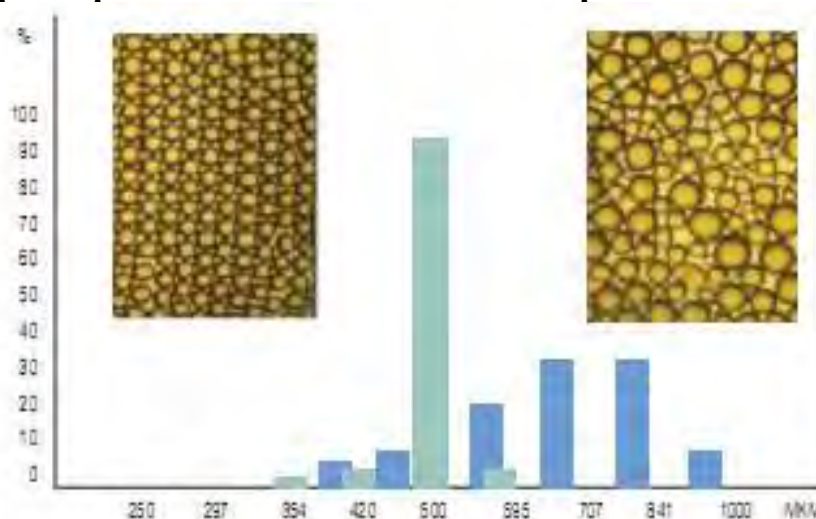
Второй метод, заключающийся в сополимеризации функционализированных виниловых мономеров с дивиниловыми, обеспечивает прямое получение смол с большой однородностью молекулярной ионогенных групп и хорошим физико-химическим и механическим свойствами. Однако промышленное использование и развитие этого, несомненно, перспективного метода сдерживается трудностями получения соответствующих виниловых мономеров.

Технология получения ионообменных смол путем химической модификации смол путем химической модификации полимеров также связана с рядом трудностей, к которым относятся многостадийность химических превращений и необходимость использования высокотоксичных активных реагентов, таких как монохлордиметиловый эфир, хлористый сульфурил, различные амины, в количествах намного превышающих стехиометрическое соотношение. Кроме этого, в процессе функционализации происходит частичная деструкция макромолекул исходных полимеров и редко достигается полнота химических превращений.

Несмотря на приведенные трудности и недостатки, именно третий метод наиболее широко применяется в мировой практике, поскольку для его осуществления не требуется специальных исходных соединений. Основные типы катионитов и анионитов производятся на базе сополимеров стирола с дивинилбензолом и акрилатов.

Для дальнейшего использования в технологии получения ионообменных смол полимеризация в структуре указанных типов обычно осуществляется суспензионным методом в воде, в процессе которой образуется твердые сферические гранулы полимерной матрицы. Использование специальных технологических приемов на стадиях синтеза и выделения позволяют получать так называемые «монодисперсные» формы ионообменных смол улучшенными физико-химическими и эксплуатационными свойствами. Новое поколение ионитов – смол с однородным гранулометрическим составом зерен, полученных по специальной технологии производства, а не методами тривиального отсева, впервые предложила компания Dow Chemical.

Рисунок 1. Распределение размеров и характер упаковки зерен, характерный для моно- и полидисперсных смол.



Источник: обзор научно-технической литературы

Внешний вид обычной и монодисперсной ионообменной смолы, а также характер кривых распределения зерен по размерам позволяет с высокой степенью вероятности определить, была ли рассматриваемая ионообменная смола получена по специальной технологии или путем отсева мелких и крупных фракций. Как правило, наличие острого пика свидетельствует о «технологической» природе монодисперсности, а пологий характер кривой – об использовании отсева. Однако объективное заключение о происхождении ионообменной смолы, обладающей однородным гранулометрическим составом, может быть получено только на основе комплексного анализа её структуры и свойств.

Основным преимуществом монодисперсных смол по сравнению с полидисперсными является повышенная механическая прочность и более длительный срок службы, низкое гидравлическое сопротивление слоя и возможность реализации процессов при более высоких скоростях.

В настоящее время базовыми матричными структурами для химической модификации и получения ионитов являются сшитые дивинилбензолом стирольные и акриловые сополимеры. Регулируя условия сополимеризации, можно получить не только заданный размер, но и другие важные для синтеза ионитов параметры гранул исходного полимера, прежде всего пористость.

В качестве сшивающего агента при сополимеризации со стиролом или акрилатами используется дивинилбензол (ДВБ). В результате образуются неплавкие нерастворимые сополимеры с трехмерной структурой макромолекул. В зависимости от количества ДВБ, участвующего в сополимеризации с моновиниловыми мономерами, в дальнейшем получают иониты с различной способностью к набуханию и поглощению ионов различного размера.

В качестве сырья для ионообменных смол, которые получают при помощи метода полимеризации используются мономеры, которые содержат мономерные группы. В случае полимераналогичных превращений ионогенные группы вводятся в инертный полимер.

Возможен синтез ионообменных смол способом поликонденсации, однако эти ионообменные смолы имеют менее однородную структуру, меньшую осмотическую стабильность и химическую стойкость.

Чаще всего используются сетчатые полимеры. Мономер стирол при нагреве полимеризуется в твердый полистирол. Этот продукт растворим в органических растворителях, а после введения в него гидрофильной функциональной группы, растворим в воде. Чтобы предотвратить такого рода растворимость и для усиления межмолекулярных связей в стирол вводят второй мономер для поперечной сшивки (структурирования). Наиболее часто используется мономер дивинилбензол (ДВБ). При увеличении доли дивинилбензола в смеси мономеров пропорционально нарастает количество сшивок, что приводит к меньшей подвижности полимерных цепочек за счет усиления межмолекулярных связей. В результате полимер приобретает большую устойчивость к воздействию окислителей, т.е. к деструктуризации, и вместе с тем снижается его способность к активизации, т.е. к процессу прививки функциональных групп, а в процессе работы уменьшается способность к сорбции-десорбции ионов. Поэтому при производстве ионообменных смол используется оптимальное количество дивинилбензола - 7-12% по весу.

Сферическая форма частиц, характерная для большинства ионообменных смол - результат проведения процесса в условиях суспензионной полимеризации. Этот метод основан на том, что стирол практически нерастворим в воде, а смесь мономеров (стирол, дивинилбензол и инициатор) при перемешивании распадаются на мелкие мономерные капельки и образуют взвесь в воде – так называемую суспензию. В воду добавляют суспендирующие агенты, которые способствуют образованию