

УДК 678+504.064

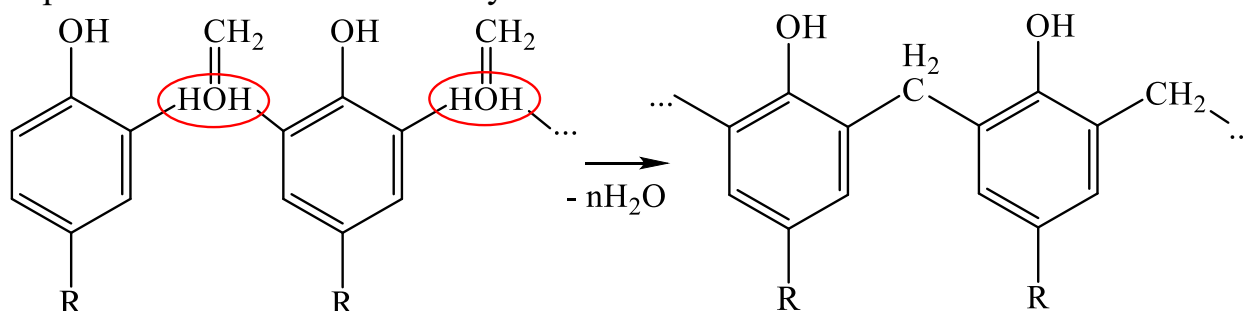
АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СТОЧНЫХ ВОД И ВОЗДУХА РАБОЧЕЙ ЗОНЫ НА ПРОИЗВОДСТВЕ ИОНООБМЕННЫХ И ФЕНОЛЬНЫХ СМОЛ

Федоренко А. С., студент гр. ХОм-251, I курс,
Коробова В. А., студент гр. ХОм-251, I курс,
Котельникова Т. С., к.х.н., доцент, Боркина Г. Г., к.х.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

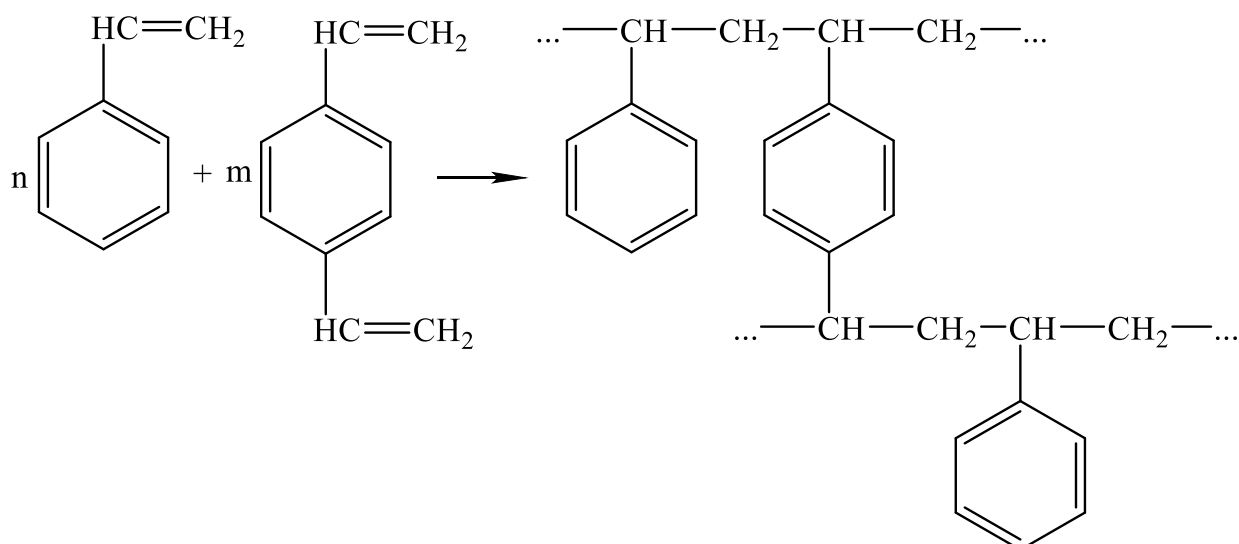
Крупнейший производитель ионообменных смол для очистки воды в России ООО ПО «Токем» находится в г. Кемерово. Предприятие основано в 1942 году и в настоящее время занимает лидирующую позицию по объемам производства широкого ассортимента ионообменных смол, используемых в пищевой индустрии, для очистки воды в быту и на производстве [1]. Кроме того, на предприятии производят фенольные смолы, применяемые в производстве пластмасс и полимеров, клеев и покрытий, композитных и изоляционных материалов, печатных плат.

Синтез ионообменных смол заключается в получении пространственной сетчатой матрицы из углеводородных цепей с закрепленными в ней ионогенными группами. Из мономерных органических электролитов путем поликонденсации или полимеризации создают матрицу с поперечными связями, а ионогенные группы вводят либо в готовое высокомолекулярное соединение, либо во время поликонденсации [2].

Поликонденсация *n*-замещенного фенола с формальдегидом приводит к образованию линейных молекул:



При добавке незамещенного фенола получают матрицу с поперечными связями. Полимеризация стирола приводит к получению линейного полистирола. При добавке к стиролу дивинилбензола получают матрицу с поперечными связями:



В результате деятельности промышленных объектов различного назначения (предприятия химического и энергетического комплекса, автомобильный и железнодорожный транспорт и др.) атмосферный воздух обогащается рядом загрязнителей. Подавляющая доля загрязнений приходится на такие соединения как оксид углерода (II), оксид азота (IV), оксид азота (II), диоксид серы (IV), сероводород, бензол, толуол, метан, озон, формальдегид, фенол [3]. Формальдегид и фенол непосредственно используются в производстве фенольных смол.

Токсические свойства формальдегида хорошо изучены в экспериментах на животных. Основной путь попадания этого газа в организм – ингаляционный. Формальдегид оказывает выраженное токсическое действие на организм, раздражает слизистые оболочки глаз, горла, дыхательных путей, вызывает головную боль и тошноту. Помимо общетоксического действия, у него выявлено наличие канцерогенных свойств [4].

В производственной среде воздействие фенола на человеческий организм осуществляется вдыханием его паров или путем контакта рабочего раствора с кожей. Это провоцирует химические ожоги, серьезное раздражение слизистых оболочек дыхательных путей и глаз, а также вызывает нарушение функций нервной системы [5]. Механизм токсичности фенолов проявляется в изменении структуры белковых молекул и нарушении функционирования клеток тела.

Промышленные сточные воды, содержащие фенолы, – опасные и токсичные виды стоков, подлежащие обязательной утилизации или очистке.

Таким образом, одной из первостепенных задач на производстве ионообменных и фенольных смол является аналитический контроль воздуха рабочей зоны и сточных вод.

При определении основных контролируемых показателей сточных вод на ООО ПО «Токем» используется следующее оборудование:

- Иономер лабораторный И-160МИ
- Фотоэлектроколориметр КФК 3-01-«ЗОМЗ»

- Экстрактор ЭЛ-1
- Весы лабораторные ВЛ-220
- Концентрамер КН-2М
- Газовый хроматограф Кристаллюкс-4000М.

Перечень контролируемых показателей сточных вод и методы их определения:

1. Ионы аммония (ПНД Ф 14.1:2.4-262-10)

Фотометрический метод основан на взаимодействии ионов аммония с тетрамеркуратом калия в щелочной среде (реактив Несслера) с образованием коричневой, нерастворимой в воде соли, переходящей в коллоидную форму желтого цвета при малых концентрациях ионов аммония.

2. Фенол (ПНД Ф 14.1:2.105-97)

Фотометрический метод основан на отгонке фенолов из подкисленной пробы воды, взаимодействии фенолов в отгоне с 4-аминоантипирином в присутствии гексацианоферрата калия (III) и экстракции образующегося окрашенного соединения хлороформом.

3. Формальдегид (ПНД Ф 14.1:2.4.84-96)

Фотометрический метод основан на образовании окрашенного в желто-лимонный цвет соединения формальдегида с ацетилацетоном в среде уксуснокислого аммония.

4. Нитрит-ион (ПНД Ф 14.1:2.3:4.3-2023)

Фотометрический метод основан на способности нитритов, содержащихся в пробах вод, диазотировать сульфаниловую кислоту с образованием красно-фиолетового диазосоединения с α -нафтиламином.

5. Фосфат-ион (ПНД Ф 14.1:2.3:4.112-2023)

Фотометрический метод основан на взаимодействии фосфатов в кислой среде с молибдатом аммония и образованием фосфорно-молибденовой гетерополикислоты, которая восстанавливается аскорбиновой кислотой в присутствии сурьмяно-виннокислого калия до фосфорно-молибденового комплекса, окрашенного в голубой цвет.

6. Метанол (ПНД Ф 14.1:2.102-97)

Фотометрический метод основан на отгонке метанола из пробы водяным паром, окислении метанола в дистилляте перманганатом калия в кислой среде до формальдегида и последующем фотометрическом определении формальдегида после реакции с хромотроповой кислотой, с которой формальдегид в сильноокислой среде образует окрашенное в фиолетовый цвет соединение.

7. Нефтепродукты (ПНД Ф 14.1.272-2012)

ИК-спектрофотометрический анализ после извлечения эмульгированных и растворенных компонентов из воды экстракцией четыреххлористым углеродом и хроматографического разделения нефтепродуктов и сопутствующих органических соединений других классов на колонке, заполненной оксидом алюминия.

8. Сульфат-ион (ПНД Ф 14.1:2.159-2000)

Фотометрический метод основан на образовании стабилизированной суспензии сульфата бария в солянокислой среде.

9. Железо общее (ПНД Ф 14.1:2:3:4.50-2023)

Фотометрический метод основан на взаимодействии ионов железа с сульфосалициловой кислотой: в слабокислой среде взаимодействие с солями железа (III), а в слабощелочной – с солями железа (II) и (III). Для создания щелочной среды используется раствор аммиака.

10. Хлорид-ион (ПНД Ф 14.1:2:3:4.111-97)

Меркуриметрический метод основан на взаимодействии хлорид-ионов с ионами ртути (II) с образованием слабодиссоциирующего соединения хлорида ртути (II). После достижения точки эквивалентности в анализируемой пробе появившиеся избыточные Hg^{2+} -ионы обнаруживаются при помощи индикатора дифенилкарбазона, образующего окрашенный в сине-фиолетовый цвет комплекс соединений ртути (II) в кислой среде.

11. 1,2-Дихлорэтан (ПНД Ф 14.1:2:7-95)

Метод газожидкостной хроматографии с детектором электронного захвата и прямым вводом пробы в капиллярную колонку. В качестве газа носителя используется азот.

12. Водородный показатель (рН) (ПНД Ф 14.1:2:3:4.121-97)

Метод основан на измерении ЭДС электродной системы, состоящей из стеклянного электрода, потенциал которого определяется активностью водородных ионов, и вспомогательного электрода сравнения с известным потенциалом.

13. Бихроматная окисляемость (ПНД Ф 14.1:2:3.100-97)

Титриметрический метод основан на окислении органических веществ избытком бихромата калия в растворе серной кислоты при нагревании в присутствии катализатора – сульфата серебра. Остаток бихромата калия находят титрованием раствором соли Мора и по разности определяют количество бихромата, израсходованное на окисление органических веществ.

Показатели предельно допустимых концентраций для указанных выше загрязняющих веществ сточных вод жестко регламентируются, их значения приведены в табл. 1.

Контроль показателей воздуха рабочей зоны на ООО ПО «Токем» осуществляется с использованием следующего оборудования:

- Аспиратор ПУ-4Э
- Патроны для фильтров и фильтры АФА
- Фотоэлектроколориметр КФК 3-01-«ЗОМЗ»
- Иономер лабораторный И-160МИ
- Поглотители с пористой пластинкой
- Поглотительные приборы Рихтера
- Газовые пипетки
- Газовый хроматограф Кристаллюкс-4000М
- Поглотительные приборы Зайцева
- Весы лабораторные ВЛ-220.

Таблица 1

Показатели ПДК для загрязняющих сточные воды веществ

№	Показатель	Норма по санитарной документации*
1	NH ₄ -ион	32,4 мг/дм ³
2	NO ₂ -ион	0,129 мг/дм ³
3	Взвешенные вещества	48,4 мг/дм ³
4	pH	6-9
5	Fe общее	0,48 мг/дм ³
6	Метанол	20 мг/дм ³
7	Нефтепродукты	1,83 мг/дм ³
8	Сульфаты	138,1 мг/дм ³
9	Фенолы	0,067 мг/дм ³
10	Формальдегид	0,032 мг/дм ³
11	Фосфаты	0,28 мг/дм ³
12	ХПК (химическое потребление кислорода)	500 мг/дм ³
13	Хлориды	78,6 мг/дм ³

* - по внутренней документации предприятия

Перечень контролируемых показателей воздуха рабочей зоны и методы их определения:**1. Серная кислота (МУ №1641-77)**

Фотометрический метод основан на взаимодействии серной кислоты с хлоридом бария, в результате образуется белый осадок сульфата бария.

2. Фенол (МУ 5926-91)

Фотометрический метод основан на взаимодействии фенола с 4-аминоантипирином в присутствии калия железосинеродистого.

3. Формальдегид (МУК 4.1.4106-24)

Фотометрический метод основан на реакции взаимодействия формальдегида с ацетилацетоном в среде уксуснокислого аммония и последующем измерении оптической плотности окрашенного в желтый цвет продукта реакции.

4. 1,2-дихлорэтан (МУ 4178-86)

Определение основано на газожидкостной хроматографии на приборе с пламенно-ионизационным детектором. Газ носитель – азот.

5. Озон (МУК 4.1.3824-22)

Фотометрический метод основан на концентрировании вещества из воздуха рабочей зоны, которое осуществляется с помощью поглотительного прибора, содержащего 1% раствор йодида калия. Установление массовой концентрации осуществляется с помощью реагента N-N-диметил-п-

фенилендиамина. Сначала измеряется масса йода, которая образуется в результате взаимодействия озона с раствором йодида калия. Затем производится пересчет установленной массы йода в массовую концентрацию озона в воздухе.

6. Азота оксиды (МУК 4.1.2473-09)

Содержание определяется фотометрическим методом путем измерения оптической плотности полученного соединения, в результате следующих реакций: 1) Окисление NO до NO₂ в момент отбора пробы; 2) Взаимодействие NO₂ с KI с образованием KNO₂; 3) Взаимодействие KNO₂ с реактивом Грисса.

Показатели предельно допустимых концентраций для указанных выше загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны строго нормируются, их значения приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатели ПДК загрязняющих веществ
в воздухе рабочей зоны [6]

№	Показатель	Норма по санитарной документации	Нормативный документ
1	Фенол	0,3 мг/м ³	СанПиН 1.2.3685-21
2	Формальдегид	0,5 мг/м ³	
3	1,2-дихлорэтан	10 мг/м ³	
4	Дивинилбензол	5 мг/м ³	МУ 5939-91
5	Стирол	30 мг/м ³	СанПиН 1.2.3685-21
6	Озон	0,1 мг/м ³	
7	Cr ₂ O ₃	0,01 мг/м ³	
8	Марганец	0,2 мг/м ³	
9	NO	5 мг/м ³	
10	NO ₂	2 мг/м ³	
11	H ₂ SO ₄	1 мг/м ³	

Учитывая токсическое действие сырья, используемого для производства ионообменных и фенольных смол, на живые организмы, критически важно проводить постоянный мониторинг показателей ПДК вредных веществ как в воздухе рабочей зоны, так и в сточных водах. Подобный мониторинг позволяет обеспечивать защиту здоровья населения, контролировать уровень загрязнения окружающей среды, предупреждать разрушение экосистем, применять меры по совершенствованию технологии и оборудования, используемых на предприятии.

Список литературы:

1. ООО ПО "ТОКЕМ" : официальный сайт. – Кемерово.– URL: <https://www.token.ru/ru/o-kompani/o-kompanii/ooo-potokem.html> (дата обращения: 18.03.2026). – Текст : электронный.

2. Гельферих, Ф. Иониты. Основы ионного обмена : монография / Ф. Гельферих // перевод с нем. Ф.А. Белинской, Е.А. Матеровой, О.К. Стефановой; под ред. С.М. Черноброва. – Москва : Издательство иностранной литературы, 1962. – 491 с. – ISBN: 5-0616933-A – Текст : непосредственный.

3. Куленцан, А. Л. Анализ воздействия на человека и окружающую среду загрязняющих веществ / А. Л. Куленцан, Н.А. Марчук. – Текст : электронный // Известия ВУЗов. Химия и химическая технология. – 2022. – №1. – С.116-121. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vozdeystviya-na-cheloveka-i-okruzhayuschuyu-sredu-zagryaznyayuschih-veschestv> (дата обращения: 18.03.2026).

4. Дорогова, В. Б. Формальдегид в окружающей среде и его влияние на организм (обзор) / В.Б. Дорогова, Н.А. Тараненко, О.А. Рычагова. – Текст : электронный // Acta Biomedica Scientifica. – 2010. – №1. – С. 32-35. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formaldegid-v-okruzhayuschey-srede-i-ego-vliyanie-na-organizm-obzor> (дата обращения: 18.03.2026).

5. Иванова, М. И. Токсичное действие фенола на организм человека на производстве / М.И. Иванов, В.А. Юровских. – Текст : электронный // Вестник науки. – 2023. – №7(64). – С. 221-224. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/toksichnoe-deystvie-fenola-na-organizm-cheloveka-na-proizvodstve> (дата обращения: 18.03.2026).

6. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания. Утверждены постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 №2; зарегистрировано в Минюсте России 29.01.2021 № 62296; введен в действие с 1 марта 2021 года. – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202102030022> (дата обращения: 18.03.2026). – Текст : электронный.