



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Самарский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «СамГТУ»)

К а ф е д р а аналитической и физической химии

ИОНООБМЕННАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ

Методические указания
к лабораторным работам № 6, 7

Самара
Самарский государственный технический университет
2017

Печатается по решению методического совета химико-технологического факультета СамГТУ

УДК 543.544.6

Ионообменная хроматография: метод. указ. к лабор. занятиям / Сост. Б. М. Стифатов, Ю. В. Рублинецкая. Самара; Самар. гос. техн. ун-т, 2017. - 14 с.: ил.

Рассмотрены теоретические основы и примеры практического применения ионообменной хроматографии для количественного определения ряда веществ в водных растворах.

Указания рассчитаны на студентов, изучающих физико-химические методы анализа в рамках бакалавриата по направлениям 04.03.01, 04.03.02, 18.03.01, 18.03.02, 18.05.01, 19.03.01, 19.03.02 и 19.03.04.

УДК 543.544.6

Составитель канд. хим. наук Б.М. Стифатов,
докт. хим. наук Ю.В. Рублинецкая.
Рецензент канд. хим. наук А.Г. Назмутдинов

@ Б.М. Стифатов, Ю.В. Рублинецкая,
составление, 2017

@ Самарский государственный
технический университет, 2017

Цель работы: изучение теоретических основ и практических применений ионообменной хроматографии как одной из разновидностей физико-химических методов анализа.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

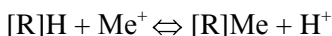
В основе *ионообменной* хроматографии лежит обратимый стехиометрический обмен ионов анализируемого раствора на подвижные ионы сорбентов, называемых *ионитами* или *ионообменниками*. Причиной разделения является различная способность ионов анализируемого раствора к обмену.

В качестве *ионитов* используют природные или синтетические, твердые, нерастворимые в воде неорганические и органические высокомолекулярные кислоты, основания и их соли, содержащие в своем составе активные (*ионогенные*) группы. Иониты делятся на *катиониты* и *аниониты*.

Катиониты - сорбенты, способные к обмену катионами. Катиониты содержат в своем составе ионогенные группы различной степени кислотности, например, сульфогруппу - SO_3H , карбоксильную группу - COOH , ион водорода которых способен к катионному обмену.

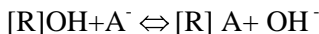
Химическую формулу катионитов схематично изображают $\text{RSO}_3^- \text{H}^+$, $\text{RSO}_3^- \text{Na}^+$ или просто $[\text{R}]\text{H}$, $[\text{R}]\text{Na}$, где R- сложный органический радикал. Наиболее часто применяются сильнокислотные катиониты марок КУ-1, КУ-2, СДВ-2 и др.

Схема катионного обмена:



Аниониты - сорбенты, способные к обмену анионами.

Аниониты содержат в своем составе основные ионогенные группы, например, аминогруппы различной степени замещения: $-\text{NH}_2$, $=\text{NH}$, $\equiv\text{N}$, $=\text{NH}_2\text{OH}$, $\equiv\text{NH OH}$, способные к обмену гидроксид-ионов на различные анионы. Формулы анионитов схематично изображают: $\text{RNH}_3^+ \text{OH}^-$, $\text{RNH}_3^+ \text{Cl}^-$ или просто $[\text{R}]\text{OH}$, $[\text{R}]\text{Cl}$. Схема анионного обмена :



Применяют аниониты марок АВ-17, АН-1, ЭДЭ-10 и др.

Существуют также *амфотерные иониты* - сорбенты, способные как к катионному, так и к анионному обмену.

Поглощение ионов зависит от природы и структуры ионита, природы анализируемых веществ, условий проведения эксперимента (температуры, рН и др.). Каждый ионит способен поглощать определенное количество ионов, т.е. обладает определенной *емкостью*. Различают *статическую обменную емкость* (СОЕ) - количество ммоль эквивалентов иона, поглощенного за определенное время 1 г сухого ионита, и *динамическую обменную емкость* (ДОЕ) - количество эквивалентов ионов, поглощенных слоем ионита высотой 20 см и поперечным сечением 1 см² при скорости пропускания 0,5 дм³/ч.

Эффект поглощения данного иона характеризуется *коэффициентом распределения*

$$K_{распр} = \frac{C_{ионит} \cdot m}{C_{раств} \cdot V},$$

где $C_{ионит}$ и $C_{р-р}$ - равновесные концентрации ионов в соответствующих фазах; m - масса ионита; г; V - объем водной фазы, см³.

Ионный обмен является *физико-химическим процессом*, поэтому на коэффициент разделения влияют как химические, так и чисто физические факторы.

К *химическим факторам* относятся: рН раствора, природа разделяемых ионов, их концентрация в растворе, склонность к гидратации, химический состав ионита и т.д. Например, с увеличением рН катионит увеличивает обменную емкость, а анионит - уменьшает.

К *физическим факторам* относятся: скорость протекания раствора через колонку, размер зерен ионита, высота колонки, температура раствора и т.д.

Для достижения оптимального разделения существенно подобрать необходимое количество ионита. Если известна константа распределения $K_{расп}$ и емкость данного ионита Q , то величина отношения массы ионита (m , г) к объему анализируемого раствора (V , см³), которая обеспечит уменьшение концентрации иона Me^{n+} в растворе от начальной величины $C_{нач}$ до требуемого значения $C_{кон}$,

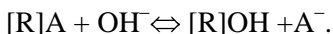
$$\frac{m}{V} = 100 \frac{C_{нач} - C_{кон}}{a} \left(\frac{(C_{нач} - C_{кон})^{1/p}}{K_{распр} \cdot C_{нач}^{1/q}} + 1 \right),$$

где p и q – стехиометрические коэффициенты в уравнении ионного обмена.

Перед анализом ионообменную колонку регенерируют, т.е. переводят заполняющий ее ионит в определенную ионообменную форму. Зарядка катионита H^+ ионами, а анионита OH^- ионами проводится путем пропускания через колонку определенного количества кислоты или основания. Затем ионит отмывают водой от избытка кислоты или основания и пропускают через него с определенной скоростью анализируемый раствор. Колонку промывают водой или другим элюентом, собирая элюат целиком или по фракциям. Ионы, поглощенные ионитом, могут быть элюированы соответствующим растворителем. Катионы, как правило, элюируют кислотой:



а анионы – щелочью:



Ионообменную хроматографию применяют для:

1) разделения компонентов анализируемой смеси, отделения катионов и анионов, разделения катионов, разделения анионов и т.д. Например, при добавлении к смеси ионов Cu^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , Bi^{3+} соляной кислоты образуются хлоридные комплексы $[CuCl_4]^{2-}$, $[ZnCl_4]^{2-}$, $[CdCl_4]^{2-}$, $[PbCl_3]^-$, $[BiCl_4]^-$, стойкость которых растет от Cu к Bi . При пропускании через анионитную колонку комплексы поглощаются. Далее последовательно вымывают металлы разбавленной HCl , H_2O и HNO_3 ; 2-молярным раствором HCl вымывают Cu , 0.6 M HCl - Zn , 0.3M HCl - Cd , H_2O - Pb , HNO_3 – Bi ;

2) получения аналитических концентратов. При пропускании больших объемов разбавленных растворов через слой ионита и последующем извлечении поглощенного вещества малым объемом растворителя возможно повышение концентрации вещества в 200-500 раз;

3) обнаружения ионов. Разработаны методы выделения и обнаружения всех наиболее важных ионов.

2. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

**Определение кальция методом
ионного обмена**

Цель работы: изучение анализа с использованием катионитной хроматографической колонки на примере определения кальция в водном растворе.

1. Сущность метода

При пропускании анализируемого раствора хлорида кальция через ионообменную хроматографическую колонку с катионитом, находящимся в ней в виде высокомолекулярной сульфокислоты, ионы кальция обмениваются (замещаются) на ионы водорода:



За счет этого в растворе, прошедшем через колонку (элюате), появляется эквивалентное ионам калия количество ионов водорода, а ионы кальция связываются катионитом с образованием кальциевой соли соответствующей высокомолекулярной кислоты. Количество ионов кальция в исходном растворе определяют по результатам отитрования ионов водорода в элюате стандартным раствором щелочи.

Таким образом, хроматография выступает в данном случае только как метод выделения определяемого вещества, а собственно анализ выполняется титриметрически.

2. Приборы и реактивы

- 1) стеклянная хроматографическая колонка (рис. 1), содержащая катионит универсальный КУ-2 в H^+ -форме;
- 2) штатив лабораторный;
- 3) делительная воронка стеклянная на 200 см³;
- 4) колба коническая на 250 см³;
- 5) стакан химический на 50 см³;
- 6) цилиндр мерный на 10 см³;
- 7) бюретка на 25 см³;
- 8) раствор хлороводородной кислоты (1:1);

- 9) раствор гидроксида натрия с $c(\text{NaOH}) = 0,05$ моль/дм³;
- 10) универсальная индикаторная бумага.

3. План выполнения работы

- 1) Провести регенерацию хроматографической колонки, переве-
дя ее в H^+ - форму.
- 2) Провести ионный обмен ионов кальция анализируемого рас-
твора на ионы водорода катионита.
- 3) Установить титрованием содержание ионов водорода в элюа-
те.
- 4) Рассчитать содержание ионов кальция в анализируемом рас-
творе по объему титранта, пошедшего на титрование элюата.
- 5) Составить отчет по лабораторной работе со схематичным изо-
бражением ионообменной хроматографической колони и
сдать результат анализа преподавателю для оценки.

4. Порядок выполнения работы

Работа выполняется с помощью простой хроматографической ко-
лонки, схематично представленной на рис. 1.

Регенерацию хроматографической колонки провести путем про-
мывки ее концентрированным раствором HCl (1:1). Для этого мерным
цилиндром на 10 мл отмерить 5 мл раствора кислоты и порциями при-
близительно по 1 мл прокапать через колонку, наливая следующую
порцию в колонку только после окончательного прокапывания преды-
дущей. Избыток кислоты вымыть из катионита дистиллированной во-
дой. Для этого заполнить делительную воронку дистиллированной во-
дой и отладить краном воронки подачу воды в колонку таким образом,
чтобы из носика колонки вода прокапывала со скоростью приблизи-
тельно 80 – 120 капель в минуту. Промывные воды собирать в кри-
сталлизатор. Отмывку катионита вести до тех пор, пока отобранная на
полоску универсальной индикаторной бумаги капля фильтрата не по-
кажет *нейтральную среду* фильтрата ($\text{pH} = 7$). Нейтральность среды
определить сравнением окраски свежесмоченной каплей фильтрата
полоски универсальной индикаторной бумаги со шкалой pH на футля-
ре бумаги или в пробном стаканчике по индикатору метиловому крас-
ному.

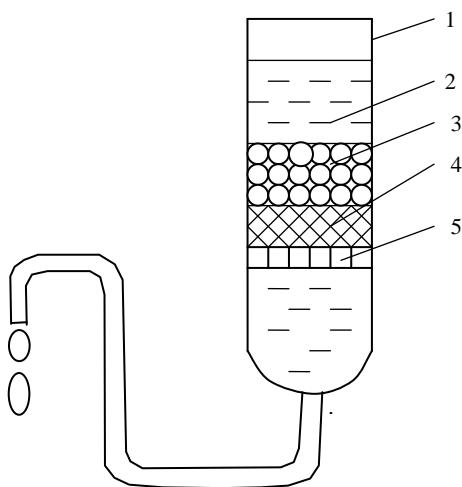


Рис. 1. Схема ионообменной хроматографической колонки: 1- стеклянный корпус; 2 – раствор; 3 – зерна ионита; 4 – стеклолата; 5 – стеклянная перегородка с отверстиями.

После установления нейтральности среды фильтрата получить у лаборанта контрольный раствор хлорида кальция в стаканчик на 50 мл. Разбавить раствор приблизительно до 50 мл дистиллированной водой из промывалки. Установить под носик хроматографической колонки коническую колбу на 250 мл, вылить содержимое стаканчика в делительную воронку и пропустить через колонку в режиме 60 – 80 капель в минуту, собирая фильтрат (элюат) в колбу. Стаканчик ополоснуть сначала 50 мл дистиллированной воды, а затем приблизительно 25 мл, пропустить промывные воды через колонку, собирая их в колбу для титрования до последней капли.

К раствору хлористоводородной кислоты в колбе, полученному после пропускания через хроматографическую колонку исследуемого раствора хлористого кальция, добавить 5-6 капель индикатора метилового красного до отчетливой розовой окраски и титровать этот раствор из бюретки стандартным раствором щелочи до желтой окраски. По объему щелочи, пошедшей на титрование, рассчитать массу ионов кальция в контрольном растворе по формуле:

$$m(\text{Ca}) = \frac{c(\text{NaOH}) \cdot V(\text{NaOH}) \cdot M(\frac{1}{2}\text{Ca})}{1000},$$

где $m(\text{Ca})$ – масса ионов кальция, г; $V(\text{NaOH})$ – объем раствора NaOH , пошедший на титрование, мл; $c(\text{NaOH})$ – концентрация раствора гидроксида натрия, моль/дм³; $M(1/2\text{Ca})$ – молярная масса ионов кальция, г/моль.

Цель работы: изучение анализа с использованием анионитной хроматографической колонки на примере определении цинка и магния в водном растворе при совместном присутствии.

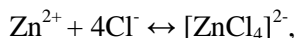
1. Сущность метода

Разделение элементов в сильноокислых растворах можно выполнить при помощи анионитов, которые поглощают из растворов все элементы, образующие анионы. Элементы, входящие в состав анионов, отделяются таким образом от элементов необразующих анионы и остающихся в растворе. На этом основано разделение и количественное определение цинка и магния при их совместном присутствии в растворе, поскольку цинк, образующий хлоридный комплекс, связывается анионитом, а магний, не образующий подобного комплекса, остается в растворе, пропущенном через анионитную колонку. Процесс разделения начинают с регенерации анионита в хроматографической колонке путем его промывания раствором соляной кислоты. При этом анионит приобретает состав, который условно можно выразить формулой RCl и способен диссоциировать по схеме

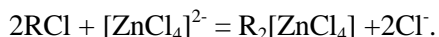


где R^+ - высокомолекулярный катион.

Анализируемый раствор обрабатывают соляной кислотой. При этом ион цинка Zn^{2+} при достаточно высокой концентрации хлорид ионов образует комплексный анион

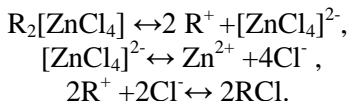


а магний остается в виде катиона Mg^{2+} . Пропускание через колонку с анионитом анализируемого раствора, содержащего ионы $[ZnCl_4]^{2-}$ и Mg^{2+} , приводит к ионообменной реакции



Анионный комплекс цинка задерживается анионитом, а выходящий из колонки раствор (1-й элюат) содержит только магний в виде Mg^{2+} .

Промывание колонки водой приводит к понижению концентрации хлорид ионов, что вызывает диссоциацию сорбированной комплексной соли и ее ионов



Или суммарно



В результате анионит переходит в первоначальную форму, а катионы Zn^{2+} оказываются в растворе (2-й элюат), вытекающем из колонки.

Определение ионов магния и цинка заканчивают титрованием полученных растворов (элюатов) с помощью стандартного раствора комплексона III (этилендиаминтетраацетата динатрия - ЭДТА), упрощенно изображаемого формулой $Na_2H_2Y \cdot 2H_2O$.

При титровании к раствору содержащему ионы определяемого металла приливают буферный раствор, обеспечивающий необходимое значение pH, и вводят индикатор. Индикатор образует цветное комплексное соединение с ионами металла, окрашенное иначе, чем сам индикатор и менее прочное, чем с комплексом III. В процессе титрования, при введении химически эквивалентного количества ЭДТА, индикатор выделяется в свободном виде и наблюдается изменение окраски титруемого раствора. По измеренному объему титранта, пошедшему на титрование, рассчитывают содержание ионов в растворе по формуле закона эквивалентности.

Таким образом, ионообменная хроматография выступает в данном случае только как метод разделения определяемых веществ при их совместном присутствии, а собственно анализ выполняется титриметрически.

2. Приборы и реактивы

- 1) стеклянная хроматографическая колонка, содержащая анионит ЭДЭ-10П;
- 2) штатив лабораторный;

- 3) колба коническая на 250 см³ (3 шт.);
- 4) стакан химический на 50 см³;
- 5) цилиндр мерный на 10 см³;
- 6) цилиндр мерный на 20 см³;
- 7) бюретка на 25 см³;
- 8) раствор хлороводородной кислоты (2М HCl);
- 9) раствор хлороводородной кислоты (6М HCl);
- 10) раствор ЭДТА (0,05 н.);
- 11) аммиачный буферный раствор;
- 12) индикатор метиловый оранжевый;
- 13) индикатор хромоген черный Т;
- 14) дистиллированная вода в промывалке.

3. План выполнения работы

1. Провести регенерацию анионита в ионообменной хроматографической колонке.
2. Провести разделение ионов магния и цинка в анализируемом растворе ионным обменом.
3. Установить титрованием содержание ионов магния и цинка в элюате.
4. Рассчитать содержание ионов магния и цинка в анализируемом растворе по объему титранта, пошедшего на титрование элюата.
5. Составить отчет по лабораторной работе со схематичным изображением ионообменной хроматографической колонки и сдать результат анализа преподавателю для оценки.

4. Порядок выполнения работы

Выполнение работы начать с регенерации анионита в ионообменной хроматографической колонке. Для этого промыть колонку 30 мл дистиллированной воды порциями приблизительно по 10 мл. Очередную порцию приливать из стаканчика на 50 мл только после прекращения вытекания предыдущей. Затем аналогично промыть колонку приблизительно 70 мл 2М раствора HCl.

Получить контрольный раствор у лаборанта в мерную колбу на 100 мл, разбавить до риски дистиллированной водой и тщательно пе-

ремешать. Приготовленный *раствор №1* содержит ионы магния и цинка.

Подставить под носик колонки *колбу №2* на 250 мл. Промыть аналитическую пипетку на 20 мл этим раствором и перенести ею порцию раствора в стаканчик на 50 мл. В стаканчик добавить мерным цилиндром 8 - 9 мл 6М раствора HCl. Полученный таким образом приблизительно 2М раствор по HCl, содержащий $[ZnCl_4]^{2-}$ и Mg^{2+} , пропустить через подготовленную колонку, собирая элюат в *колбу №2*. Стаканчик промыть 2М раствором HCl и промывные воды тоже пропустить через колонку. Ионы $[ZnCl_4]^{2-}$ связываются анионитом, а *раствор (элюат) №2*, выходящий из колонки содержит только ионы Mg^{2+} .

После окончания сбора раствора *№2*, подставить под носик колонки *колбу №3* и извлечь из анионита ионы цинка. Для этого пропустить через колонку приблизительно 70 мл дистиллированной воды. Ион $[ZnCl_4]^{2-}$ диссоциирует с образованием иона Zn^{2+} . Вытекающий из колонки *раствор (элюат) №3* собрать в коническую *колбу №3*.

Затем приступить к титриметрическому анализу растворов *№1,2,3* в соответствующих колбах. Для освоения методики титрования следует начать с анализа исходного раствора *№1*. Для этого в *колбу №1* перенести пипеткой на 20 мл пробу исходного раствора, добавить приблизительно до 100 мл дистиллированной воды, 10 мл аммиачного буфера, несколько кристалликов индикатора «*хромогена черного Т*» и полученный красно-фиолетовый раствор *медленно* титровать раствором комплексона III до синего цвета без фиолетового оттенка. Записать объем титранта, пошедший на титрование (V_1). Определение содержания магния провести в растворе *колбы №2*, а цинка – в растворе *колбы №3*. Для этого в раствор *№2* добавить из капельницы 2-3 капли индикатора метилового оранжевого. В полученный розовый раствор добавить из капельницы 6М раствор аммиака до желтого цвета, 10 мл аммиачного буфера, приблизительно 50 мл дистиллированной воды, несколько кристалликов индикатора и *медленно* титровать стандартным раствором комплексона III от красно-фиолетового цвета до синего (*объем* V_2). Аналогично оттитровать содержимое *колбы №3* (*объем* V_3). При правильном титровании $V_1 = V_2 + V_3$.

По объему раствора комплексона III (V_2 и V_3), пошедшего на титрование, рассчитать массу ионов магния и цинка в контрольном растворе по формулам:

$$m(\text{Mg}^{2+}) = \frac{c(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y})V_2(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y})M(\frac{1}{2}\text{Mg})}{1000},$$

$$m(\text{Zn}^{2+}) = \frac{c(\frac{1}{2}\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}) \cdot V_3(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}) \cdot M(\frac{1}{2}\text{Zn})}{1000}.$$

где $m(\text{Mg}^{2+})$ и $m(\text{Zn}^{2+})$ – массы ионов магния и цинка, г; $V(\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y})$ – объем раствора $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$, пошедший на титрование, мл; $c(1/2\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y})$ – молярная концентрация эквивалента раствора $\text{Na}_2\text{H}_2\text{Y}$, моль/дм³; $M(\text{Mg}^{2+})$ и $M(\text{Zn}^{2+})$ – молярные масса эквивалента ионов магния и цинка, г/моль.

Контрольные вопросы

1. В чем сущность хроматографии?
2. В чем сущность работ М.С. Цвета, открывшего хроматографический анализ?
3. Как классифицируют хроматографические методы анализа: а) по агрегатному состоянию подвижной неподвижной фазы; б) по механизму взаимодействия веществ анализируемой смеси и сорбента; в) по природе явлений, лежащих в основе разделения; г) по способу оформления метода; д) по способу проведения анализа?
4. В чем сущность хроматографического разделения по методу: а) газодсорбционной хроматографии (ГАХ); б) газо-жидкостной хроматографии (ГЖХ); в) распределительной жидкостной хроматографии; г) осадочной хроматографии; д) тонкослойной хроматографии (ТСХ); е) ионообменной хроматографии (ИОХ); ж) молекулярно-ситовой хроматографии (МСХ)?
5. Чем отличается хроматографическое разделение на плоскости от разделения с помощью хроматографических колонок? Какие из хроматографических методов относятся к плоскостным, а какие к колоночным?
6. В чем различие фронтального, вытеснительного и элюентного (проявительного) способов хроматографирования? Какой вид имеет выходная кривая (хроматограмма) в каждом случае? Какой вариант имеет наибольшее значение?
7. Что характеризуют коэффициенты емкости, разделения, распределения, время и индекс удерживания, а также ширина и разрешение пиков в элюентной колоночной хроматографии?
8. В чем сущность качественного хроматографического анализа смеси веществ по времени удерживания?
9. В чем сущность методов количественного хроматографического анализа: а) абсолютной калибровки; б) внутреннего стандарта; в) нормировки (внутренней нормализации)?

10. В чем сущность теории теоретических тарелок и кинетической теории, объясняющих явления, происходящие в хроматографических колонках и служащие для их расчета?

11. Какие факторы влияют на эффективность хроматографической колонки и как их связывает уравнение Ван-Деемтера?

12. В чем сущность жидкостной хроматографии (ЖХ)? Природа подвижной и неподвижной фаз (ПФ и НФ), адсорбционная и распределительная, высокоэффективная ЖХ. Плоскостная и колоночная ЖХ.

13. В чем сущность бумажной и тонкослойной хроматографии? Качественный и количественный анализ.

14. В чем сущность ионообменной хроматографии (ИОХ)?

15. Ионообменные хроматографические колонки и их практическое применение.

16. Что такое иониты, их классификация?

17. Как с помощью ионообменников проводят разделение катионов и анионов?

18. Какие практические применения ИОХ?

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Аналитическая химия. Физические и физико-химические методы анализа: Учеб. для вузов / Под ред. О. М. Петрухина. - М.: Химия, 2001.
2. Основы аналитической химии. Практическое руководство: Учеб. пособие для вузов / Под ред. Ю. А. Золотова. - М.: Высш. шк., 2002.
3. Васильев В.П. Аналитическая химия. Лабораторный практикум: Пособие для вузов. / Под ред. В.П. Васильева. - М.: Дрофа, 2004.
4. Стифатов Б.М., Лосева М.А., Рублинецкая Ю.В. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Учеб. пособие. - Самара: Самар. гос. тех. ун-т, 2004.
5. Аналитическая химия. В 2ч. Ч.2. Физико-химические методы анализа: Практикум./ В.В. Слепушкин, Б.М. Стифатов, Ю.В. Рублинецкая, Е.Ю. Мощенская. - Самара: Самар. гос. тех. ун-т, 2011.-286 с. ISBN 978-5-7964-1461-3.

Ионообменная хроматография

Составители: *СТИФАТОВ Борис Михайлович*
РУБЛИНЕЦКАЯ Юлия Вячеславовна

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка Стифатов Б.М.

Подписано в печать 19.02.17
Формат 60x84/16 Бумага типогр. №2
Усл. п.л. 0,93 Уч.изд.л. 0,89
Тираж 50 экз.

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Самарский государственный технический университет»
443100. г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус.

Отпечатано в типографии Самарского
государственного технического университета
443100. г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Корпус №8.

