**«Обращенная газовая хроматография: физико-химические основы метода, применение, современное аппаратурное оформление»**

Содержание

Глава 1. Газовая хроматография

Глава 2. Обращенная газовая хроматография

Глава 3. Применение обращенной газовой хроматографии

Глава 4. Современное оборудование

Литература

**ГЛАВА 1. ГАЗОВАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ**

Газовая хроматография это, прежде всего универсальный метод качественного и количественного анализа сложных смесей и способ получения отдельных компонентов в чистом виде. Газовая хроматография (ГХ) находит также широкое применение для изучения адсорбционных явлений, термодинамики растворов, фазовых переходов, в кинетике, катализе и в других областях науки.

В газохроматографическом процессе проявляются малейшие различия в физико-химических свойствах компонентов системы благодаря многократному повторению процессов распределения вещества (сорбата) между неподвижной фазой (жидкость или твердое тело, общий термин - сорбент) и подвижной фазой (газ-носитель). Положение и форма хроматографических пиков дают информацию, необходимую для полной аналитической характеристики веществ, и допускают термодинамическую трактовку. В отличие от аналитической хроматографии, в которой главной задачей является разделение хроматографических пиков с помощью оптимального выбора сорбента и условий эксперимента, при использовании метода ГХ в физической химии применяют сорбаты различного химического строения и объектом исследования является взаимодействие в системе сорбат-сорбент. Из величин сорбции получают сведения о физико-химических характеристиках твердых и жидких веществ, включая адсорбенты, катализаторы, полимеры, жидкие кристаллы и, в том числе, лекарственные препараты. В этом случае метод газовой хроматографии получил специальное название – «обращенной газовой хроматографии». В газо-жидкостной хроматографии сорбентом, как правило, является жидкость, предварительно нанесенная на инертный твердый носитель или на стенки капилляра. В современной газовой хроматографии наиболее широкое применение находят капиллярные колонки с химически привитыми жидкими фазами. При этом сорбат взаимодействует с жидкостью (неподвижной жидкой фазой), растворяясь в последней. В газо-адсорбционной хроматографии неподвижной фазой является твердое тело (получило название адсорбент). В этом случае исследуемый сорбат принято называть адсорбатом.

В хроматографе газ протекает через хроматографическую колонку с конечной скоростью и, строго говоря, в ней не успевает установиться термодинамическое равновесие. Однако при благоприятных условиях (выбор оптимальной скорости подвижной фазы, температуры, размера пор материала, размера и формы зерен сорбента, их упаковки и других условий) реальные процессы в хроматографической колонке приближаются к равновесным. Такие процессы описываются уравнениями теории равновесной хроматографии, и наблюдается хорошее совпадение результатов газохроматографического исследования и данных, полученных калориметрическими или статическими методами [3, 4].

Исключительное значение метод ГХ имеет при исследовании чрезвычайно малых количеств сорбата (нанограммы и даже пикограммы), когда другие классические статические методы практически непригодны.

**ГЛАВА 2. ОБРАЩЕННАЯ ГАЗОВАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ**

Исследование теоретических основ процесса сорбции летучих веществ неподвижной фазой для установления корреляций между условиями процесса и параметрами получаемых пиков позволило оценить физико-химические величины, характеризующие распределение вещества между двумя фазами и силами взаимодействия компонентов пробы и жидкой фазы колонки, по данным хроматографических опытов. Предсказанное Д. Е. Мартиным в 1955 г. неаналитическое применение газовой хроматографии в настоящее время стало мощным средством развития теории сорбции, термодинамики и других областей физической химии благодаря сравнительной простоте используемой аппаратуры, универсальности метода и высокой точности получаемых результатов. Газовая хроматография широко используется и в химии высокомолекулярных соединений, в частности в тех областях, где формы ее применения являются традиционными (определение примесей в мономерах и растворителях для полимеризации, изучение летучих продуктов деструкции и др.). Случаи применения метода газовой хроматографии в химии полимеров обобщены в книге В. Г. Березкина, В. Р. Алишоева и И. Б. Немировской «Газовая хроматография в химии полимеров».

В последние годы для исследования полимеров находит применение неаналитический вариант газовой хроматографии, так называемый метод обращенной газовой хроматографии, где объектом исследования является неподвижная фаза. Термин «обращенная газовая хроматография» предложен в 1966 г. Девисом с сотрудниками и Березкиным. Поскольку в обращенной газовой хроматографии используются непосредственное взаимодействие стандартных хроматогра-фируемых летучих соединений с исследуемой полимерной фазой и установление определенных связей между характеристиками этих летучих соединений со свойствами полимерной фазы, то этот метод может рассматриваться как прямой метод исследования высокомолекулярных соединений.

Метод обращенной газовой хроматографии для исследования полимеров получил развитие благодаря работам Гиллета с сотрудниками, показавшими возможность его применения для определения температур стеклования или плавления, степени кристалличности, параметров термодинамического взаимодействия Флори — Хаггинса для систем полимер — растворитель, а также для исследования кинетики кристаллизации полимеров из расплава.

**Основы метода обращенной газовой хроматографии**

1. Основные положения теории газовой хроматографии как метода физико-химических измерений.

В основе физико-химических измерений с помощью газовой хроматографии лежит связь между значениями определяемых величин с параметрами хроматографических зон. Так, время удерживания максимума зоны компонента является функцией его коэффициента активности или адсорбции, что позволяет определить коэффициенты активности и другие термодинамические характеристики жидких и твердых тел, используемых в качестве неподвижных фаз. Исходя из температурной зависимости удерживаемых объемов, можно найти важнейшие характеристики смешения — энтальпию и энтропию.

Основным параметром, определяемым в газовой хроматографии, является время удерживания (или удерживаемый объем) сорбата неподвижной фазой.

Время удерживания сорбата в хроматографической колонке есть функция коэффициента распределения вещества между жидкой и газовой фазами, функция коэффициентов адсорбции на поверхности газ — жидкость, газ — твердое тело и жидкость — твердое тело, величины объема колонки, занятой газом и неподвижной фазой, скорости газа-носителя, среднего давления в колонке и величиной перепада давления на входе и выходе из колонки. Под действием потока газа-носителя молекулы сорбата перемещаются вдоль колонки. Скорость этого перемещения обратно пропорциональна константе распределения их между газовой и неподвижной фазами. Количественно процесс элюирования из колонки может быть описан при кинетическом рассмотрении элементарных процессов движения молекул в колонке. Линейная скорость максимума зоны компонента в данной точке колонки. В последние годы в физической химии полимеров широкое распространение получил метод обращенной газовой хроматографии, основанный на неаналитическом применении газоадсорбционной и газожидкостной хроматографии. Термин «обращенная газовая хроматография» был предложен в 1966 г. одновременно Дэвисом с сотрудниками и В. Г. Березкиным. Название этого метода обусловлено тем, что с его помощью в отличие от классической газовой хроматографии решается «обратная» задача, т. е. исследуются свойства неподвижной фазы. Для исследования свойств неподвижных фаз полимеров этот метод начал широко применяться после выхода в свет в 1969 г', работы Смидсрода и Гиллета [9], которые показали, что, используя его, можно непосредственно оценивать параметры термодинамического взаимодействия полимер — растворитель, такие, как коэффициенты активности, парциальные избыточные свободные энергии, энтальпии и энтропии смешения. В дальнейшем благодаря работам Гиллета с сотрудниками, показавшими, что этим методом можно вычислять температуры стеклования и плакления, степень кристалличности полимеров, исследовать кинетику кристаллизации и главным образом определять параметры термодинамического взаимодействия полимер — растворитель, методом обращенной газовой хроматографии было исследовано большое число полимеров и их растворов в низкомолекулярных растворителях. Особенно интенсивно этот метод стали использовать в последние годы для изучения термодинамических свойств смесей полимеров. Установлено, что он может успешно применяться для оценки поверхностных свойств полимеров, определения параметров растворимости, степени кристалличности смесей полимеров и сополимеров, влияния наполнителей на термодинамические свойства бинарных полимерных систем

Предложены модели для описания газохроматографических процессов при различных физических состояниях неподвижной полимерной фазы, позволившие существенно увеличить точность эксперимента и интерпретацию получаемых экспериментальных данных, например при оценке температур стеклования, степени кристалличности, параметров термодинамического взаимодействия в системах полимер — растворитель, полимер — полимер и др. Поскольку значительная часть этих сведений приведена в основном в оригинальных публикациях, а в последние годы метод обращенной газовой хроматографии из-за простоты и доступности находит все большее применение при исследовании полимер.

**ГЛАВА 3. ПРИМЕНЕНИЕ ОБРАЩЕННОЙ ГАЗОВОЙ ХРОМАТОГРАФИИ**

**О методиках исследования взаимодействия волокнообразующих пеков с органическими растворителями методом обращенной газовой хроматографии**

Метод обращенной газовой хроматографии (ОГХ) используется для определения температур фазовых переходов, степени кристалличности полимеров и термодинамических параметров взаимодействия "полимер-растворитель", а также для исследования кинетики кристаллизации из расплава [1,2]. Знание аналогичных характеристик для волокнообразующих пеков, коксов и промежуточных карбонизующихся масс, образующихся в процессах пеко - и коксообразования, представляет научный и практический интерес [3].

Эффективность применения ЭДОСа для модификации водно - дисперсионных материалов Общим направлением технического прогресса в настоящее время является переход на энергосберегающие технологии и ужесточение требований к защите окружающей среды. Одним из эффективных путей решения указанных проблем в строительстве является расширение применения вододисперсионных клеящих и лакокрасочных полимерных материалов. [1, 2]. Они отличаются экологической полноценностью, экономичностью и высокой пожаростойкостью. При использовании вододисперсионных клеев и красок снижаются капитальные затраты на вентиляцию, значительно облегчается очистка сточных вод, не происходит загрязнения окружающей среды парами органических растворителей, улучшаются санитарно-гигиенические условия применения.

В то же время вододисперсионные материалы отличает невысокая устойчивость в процессе хранения и эксплуатации из-за возможности образования коагулюма [З]. Этого недостатка не лишены как поливинилацетатные водные дисперсии (ПВАД), так и латексы на основе синтетических каучуков.

Существующий ассортимент промышленных пластификаторов ПВАД ограничен дорогостоящими и высокотоксичными эфирами фталевой кислоты, которые водонерастворимы и трудно совмещаются с водными дисперсиями, а в составе латексных композиций полярные пластификаторы вообще практически не используются. Это делает перспективным применение в рецептурах вододисперсионных материалов пластификатора ЭДОС, отличающегося поверхностной активностью и водорастворимостью [5].

Этот пластификатор представляет собой смесь производных 1,3 диоксана, основным компонентом которого является симметричный формаль 4 метил -4 гидроксиэтил -1,3 диоксана [б].

Установлено [5], что с ростом содержания гидроксильных групп в ЭДОСе, растворимость его в воде и водных растворах неиногенных ПАВ уменьшается, а в водных растворах анионактивных эмульгаторов - увеличивается. Традиционный пластификатор ПВАД - дибутилфталат (ДБФ) характеризуется низкой растворимостью во всех исследованных водных средах. В то же время, коллоидная растворимость ЭДОСа (солюбилизация) закономерно растет с увеличением концентрации в нем гидроксилсо держащих компонентов [7]. Хорошая водорастворимость ЭДОСа позволяет исследовать его свойства по стандартным для ПАВ методикам [5]. Поверхностную активность ПАВ, согласно литературным данным [8], оценивают по изотерме поверхностного натяжения (ПН), т.е. зависимости ПН раствора от его концентрации. Кроме того, изотермы поверхностного натяжения дают информацию о способности ПАВ к мицеллобразованию и энергии адсорбции.

Изучение пластификатора ЭДОС с этих позиций показало [9], что его поверхностное натяжение экстремально зависит от содержания гидроксильных групп. Независимо от компонентного состава ЭДОС характеризуется критической концентрацией мицеллобразования, т. е. ведет себя как мицеллобразующий ПАВ [7]. Изотерма поверхностного натяжения ЭДОСа имеет один перегиб, характерный для неионогенных ПАВ с полярными группами [8]. По величине предельной адсорбции ЭДОС приближается к известным эмульгаторам анионактивного и неионогенного типа [5, 7].

Таким образом, для ЭДОСа, как и для ПАВ, характерны следующие свойства:

* способность понижать поверхностное или межфазное натяжение, вследствие адсорбции и ориентации молекул на границе раздела;
* низкая концентрация молекулярно растворенного вещества;
* наличие критической концентрации мицеллобразования, выше которой в его растворах происходит выделение новой фазы и образуются агрегаты молекул-мицеллы;
* способность мицелл растворять водонерастворимые вещества, которая известна под названием солюбилизации или коллоидного растворения;
* достаточно высокая предельная адсорбция;
* дифильность молекул, состоящих из гидрофильной и гидрофобной частей;
* способность адсорбироваться на поверхности латексных частиц, увеличивая их агрегативную устойчивость.

Достаточно высокая поверхностная активность ЭДОСа на границах раздела фаз приводит к тому, что размеры частиц пластифицированных им дисперсий и латексов закономерно возрастают с ростом содержания пластификатора. Это повышает устойчивость к внешним механическим воздействиям в процессе получения, транспортировании и применения во до дисперсионных клеев и красок.

На это указывает, в частности, уменьшение количества коагулюма, образующегося в течении 5 минут обработки ПВА дисперсии в приборе Марона, при увеличении содержания ЭДОСа.

В тоже время, при росте концентрации ДБФ выше 10 масс. % содержание коагулюма растет, т. е. устойчивость ПВАД с этим пластификатором ниже, чем с ЭДОСом.

При пластификации ЭДОСом имеет место существенное снижение величины поверхностного натяжения ПВАД, а также бутадиен-винилиденхлоридного (ДВХБ-70), бутадиен - стирольного и др. латексов. При применении ДБФ такого эффекта не наблюдается (рис. 2)

ЭДОС аналогично ДБФ снижает температуру стеклования ПВАД, однако его пластифицирующий эффект ниже, в то время как клеящая способность дисперсии с этим пластификатором значительно выше (рис 3).Это связано с наличием у ЭДОСа гидроксилсодержащих компонентов - диоксановых спиртов. С ростом их содержания адгезионные свойства пластифицированной ПВАД улучшаются, а температура стеклования ее растет [9].

Описанные закономерности обусловлены влиянием состава многокомпонентного пластификатора ЭДОС на его полярность. Так, методом обращенной газовой хроматографии (ОГХ) установлено [9], что ЭДОС является более полярным пластификатором, чем ДБФ, на что указывают более высокие значения практически всех его условных хроматографических факторов полярности [10]. Наличие в молекулах ЭДОСа кислородсодержащих гидроксильных и эфирных групп обуславливает его склонность к образованию водородных и донорно-акцепторных связей [9]. Полярность этого пластификатора закономерно растет с увеличением содержания гидроксильных групп.Это особенно заметно проявляется для водородных связей. С этим, очевидно, и связано увеличение клеющей способности ПВАД с ростом концентрации в составе ЭДОСа гидроксилсодержащих компонентов.

Таким образом, ЭДОС является полифункциональным модификатором клеящих и лакокрасочных материалов, выполняющим одновременно функции неионогенного мицеллообразующего ПАВ, структурного пластификатора и адгезионно-активной добавки. ЭДОС обладает следующими преимуществами для вододисперсионных материалов:

* коллоидной растворимостью в воде, что обуславливает снижение времени пластификации и уменьшение трудо- и энергозатрат при производстве;
* поверхностной активностью, что уменьшает поверхностное натяжение на границах раздела фаз полимер-вода и повышает устойчивость водных дисперсий и латексов в процессе хранения и экспплуатации;
* адгезионно - активными свойствами и склонностью к образованию водородных и донорно-акцепторных связей, что увеличивает клеящую способность дисперсий и латексов;
* пониженной стоимостью и токсичностью, что улучшает санитарно-гигиенические и экономические показатели вододисперсионных отделочных материалов;
* способностью облегчать коалесценцию латексных частиц при пленкообразовании, что увеличивает эластичность клеев и покрытий;
* многокомпонентностью состава, что позволяет регулировать в широких пределах его пластифицирующие свойства;
* использованием в качестве сырья крупнотоннажных отходов химических производств, что способствует охране окружающей среды.

**Изостерические хроматографические характеристики удерживания н-алканов и спиртов на хитозанах различной молекулярной массы**

Хитозаны как сорбенты являются носителями химически и геометрически неоднородного сорбционного поля. По своей химической природе - это полисахарид, несущий у второго атома углерода глюкопиранозного кольца аминогруппу. Хитозан растворяется в водных растворах кислот за счет образования солей аминогруппами с молекулами кислот. Кроме того в струкуре хитозана присутствуют полуацетальные концевые гидроксилы, гидроксилы пиранозного кольца, остаточные ацетильные группы. Химическая неоднородность этого материала увеличивается за счет остаточных количеств минеральных кислот, белков и значительного количества структурной и сортированной воды [1].

Обращенная газовая хроматография - вариант газовой хроматографии, адаптированный к изучению таких объектов.

В качестве сорбатов используют низкомолеку лярные вещества с различной электронной конфигурацией молекул, дающих дифференцированный хроматографический отклик на сорбционные фрагменты различной природы. Из-за неднородности сорбционного поля с изменением концентрации сорбата в полимере изменяется количественный и качественный состав активных центров, участвующих в процессе сорбции, и результирующая характеристика удерживания определяется их статистической комбинацией. В работе использовали вариант ращенной газовой хроматографии, позволяющий получать величины хроматографических характеристик удерживания сорбатов, отнесенные к определенной их концентрации в сорбенте. [2]. Как сорбаты использовали гомологи нормальных алканов и нормальных предельных одноатомных спиртов.

Изучены хитозаны, выделенные из панцирей криля (Х-550), производство «Севрыба», г. Мурманск, и панцирей крабов (Х-60), производство **ВНИИТИБП,** г. Щелково. Число в шифре - ММ , Кда полимера. Влажность образцов составляла 9,3 и 10,0% мае, соответственно, и степень дезацетилирования была 0,87. Для хроматографических исследований хитозан наносили из 2,3 и 0,8% мас растворов в 1-2% мас уксусной кислоте на зерна инертного носителя Inerton Super при непрерывном перемешивании и удалении растворителя. Далее образцы досушивали на воздухе и кондиционировали в колонке хроматографа в токе газа­носителя гелия при температуре *323К* втечение 8 час. Исследовали кондиционированные образцы (Х-550 и Х-60) и термообработанные в колонке прибора при 393К в токе гелия втечение 8 час ( Х-550-120 и Х-60-120, соответственно ).

**ГЛАВА 4. СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ**

Автоматизированный газовый хроматограф TRACE GC ULTRA вобрал в себя почти сорокалетний опыт разработки и производства такого рода аналитических приборов. Простота в использовании и высочайшее качество за разумную цену вот что делает TRACE GC ULTRA прекрасным выбором для Вашей лаборатории.

Основные особенности хроматографа TRACE GC ULTRA:

• ультрастабильный, малоинерционный термостат с рекордными характеристиками; • нагрев от 50°С до 450°С - за 420 секунд;

• охлаждение от 450°С до 50° - за 250 секунд; • дополнительный термостат для кранов и клапанов позволяет создавать самые сложные схемы, например, при анализе нефтезаводских газов; • автоматическое определение характеристик колонки, что дает возможность поддерживать аналитические условия неизменно оптимальными, даже при старении колонки; • поиск утечек по каналу газа-носителя - нажатием одной кнопки; • уникальная конструкция блоков инжектора и детектора делает их легкозаменяемыми;

• программное обеспечение ChromQuest реализует концепции “Открытой лаборатории” и позволяет объединять в единый комплекс приборы разных типов и разных производителей.

Типичные области применения газовой хроматографии применительно к контролю качества нефтепродуктов:

• Имитированная дистилляция нефтей и нефтяных фракций по методам ASTM D5307 и D 2887

• Определение бензола и толуола в моторном топливе по ASTM D 3606 • Определение бензола в бензине по методу EN 12177 • Определение оксигенатов в бензинах по ASTM D 4815 и EN 13132 • Определение ароматических соединений в топливе по ASTM D 5580 • Анализ МТБЭ по ASTM D 5441

• Анализ оксигенатов в бензинах по ASTM D 5599 • Полный компонентный состав бензинов (PIONA анализ)

• Анализ компонентного состава природных, нефтезаводских и дымовых газов и многие другие.

TRACE GC - газовый хроматограф высочайшего качества может стать достойнейшим приобретением для Вашей лаборатории. Этот замечательный по дизайну и модульной конструкции прибор специально создан для того, чтобы с ним было просто обращаться и при этом обеспечивать высочайший уровень автоматизации и производительности при относительно невысокой стоимости. Газовый хроматограф TRACE обеспечивает великолепные характеристики при нагреве и охлаждении термостата, а также высочайшую стабильность температур. Патентованный "on-column" (с вводом пробыы непосредственно в колонку) позволяет без проблем работать с термолабильными соединениями избегая их деструкции и дискриминации компонентов образца. Он также обеспечивает работу высоко-объемного испарителя (LVI) Ultra-TRACE, основанного на методике ввода больших объемов пробы, снижая порог обнаружения на два порядка по величине, сокращая время анализа и упрощая подготовку пробы. Широкий выбор модульных устройств и автоматические устройства пробоподготовки и ввода образца значительно повышают производительность анализа и снижают его стоимость. Широкий выбор быстросменяемых ионизационных детекторов позволяет практически моментально приспосабливать этот газовый хроматограф к широчайшему кругу его возможных применений, избавляя пользователя от необходимости иметь в лаборатории множество приборов для различных применений.

## Портативный газовый хроматограф Agilent 3000 Micro GC

Габариты и вес

1-канальный или 2-канальный Agilent 3000 Micro GC (NGA) весит 5,2 кг и имеет габариты 15 см (высота) х 25 см (ширина) х 36 (см)глубина.

Требования к окружающей среде

Диапазон рабочих температур от 0 до 50 оС

Относительная влажность: до 95% (без конденсации влаги)

 Высотность: до 4 600 м над уровнем моря

 Эксплуатация: в помещении или вне помещения (после заключения в специальный защитный корпус)

Отбор образцов

Отбираемые образцы представляют собой смеси газов;

 Максимальное давление образца: 2,1 атм;

Рекомендуемое давление образца: 0,35 - 0,7 атм.

Устройства для введения образца

Электромеханические микроустройства, сделанные из инертных материалов.

Тип вводящего образцы устройства:

Нагреваемое; вводящее неизменный объем 1,6 мкл

Возможна установка узла ввода проб изменяемого объема (от 1 до 10 мкл)

Всасывание образца обеспечивается встроенным вакуумным насосом

Подводка образца через переходник, размещенный на стенке прибора (переходник под трубку с диаметром 1/16 дюйма [1,6 мм], изготовленный из нержавеющей стали и оснащенный фильтром с размером пор 5 мкм

Разделяющие образец колонки

OV-1 (от 4 до 8 м × 0,15 мм × от 1,2 до 2,0 мкм)

PLOT U (от 4 до 8 м ×0,32 мм)

MOLSIEV 5A PLOT (10 м × 0,32 мм)

PLOT Q (8 м ×0,32 мм)

StabilWax DB (10 м × 0,25 мм × 0,5 мкм)

OV-1701 (8 м × 0,1 мм × 0,5 мкм)

Детектор

Катарометр (TCD)

Внутренний объем 240 нл

В катарометре используется измерительная мостиковая схема

Минимальный уровень обнаружения

Зависит от вещества, матрицы образца и помех. Обычно от 10 до 20 мг/л. Этот диапазон не соответствует тем веществам, которые способны вступать в химическую реакцию (например, соединениям серы).

Линейный динамический диапазон 106 ± 10%

Погрешность измерений

Обычно, относительное стандартное отклонение < 1% при постоянных температуре и давлении (для C1- C6 при содержании на уровне единиц %)

Нагрев колонок

Работа при неизменной температуре от 40 до 180 °C

Газ-носитель

Газ-носитель (подводится через соединитель типа Swagelok® под трубку с диаметром 1/8 дюйма (3,2 мм)

Входное давление: не менее 5,6± 0,14 атм (по показанию манометра)

Электропитание

К блоку питания подводится переменное напряжение 220 В (50 Гц);

Потребляемая мощность 70 Вт

С выхода блока питания снимается постоянное напряжение 12 В; 3,68 А (70 Вт)

Разъемы для связи

Для подключения к сети LAN (для управления работой прибора и сбором данных)

Переходное устройство для подготовки образца

Нагреваемый регулятор (входной). Снижает давление подводимого образца, регулирует его температуру, удаляет капельки жидкости и посторонние частицы. Дает возможность анализировать потоки образцов, в которых концентрация веществ с числом атомов углерода свыше С5 оказывается не более 0,5 мольных %

Оснащен быстро стыкующими разъемами .

Оснащен пористым фильтром из нержавеющей стали с размером пор 7 мкм.

**Условия эксплуатации**

Температура подводимого потока образца: до 120°C

Выдерживает давление подводимого потока образца: от 14 до 5500 кПа (0,14 . 56,24 атм по показанию манометра).

**Компанией ИНТЕРЛАБ разработано готовое решение для анализа компонентного состава природного газа на базе трехканальной модификации газового хроматографа серии Agilent 3000 MicroGC** в соответствии с действующим российским стандартом ГОСТ 23781 — «Газы горючие природные. Хроматографический метод определения компонентного состава».

Стандартная конфигурация включает в себя три хроматографических канала:

1. Колонка PLOT U для определения углеводородов С1-С3 и углекислого газа
2. Колонка OV-1 для определения углеводородов С4-С6+ с возможностью детального хроматографического анализа до С10
3. Колонка Molsieve 5A с предколонкой PLOT U для раздельного определения кислорода, азота и гелия.

Общее время анализа не превышает 200 секунд.

**Литература**

1. Верхоланцев В. В. Водные краски на основе синтетических полимеров. Л., Химия, 1968, 150 с.
2. Богомолова В. П. Новые лакокрасочные материалы на водной основе. М, Химия, 1983.
3. Калаус Э.Э., Рыжов ВА. Новые вододисперсионные лакокрасочные материалы. Л, Химия, 1981,27 с.
4. Кузьмичев В.И., Абрамян Р.К., Чагин М.П. Водорастворимые пленкообразователи и лакокрасочные материалы на их основе. М., 1986, 33 с.
5. Готлиб Е.М., Коптун Э.Е., Аверко-Антонович И.Ю. Применение пластификатора ЭДОС для водных дисперсий полимеров. Каучук и Резина, 1999, № 5, с. 5-8
6. Готлиб Е.М., Верижников Л.П., Гринберг Л.П. и др. Способ получения пластификатора для ПВХ-композиций. Патент РФ № 2138497, 2000 г.
7. Готлиб Д.М., Соколова А.Г., Аверко-Антонович И.Ю. Коллоидно-химические свойства пластификатора для воднодисперсионных материалов. Сборник трудов "Экология и ресурсосбережение в материаловедении", Новосибирск ООО, с. 74-77
8. Шевердяев О.П., Белов Л.С., Шкитов А.М. Поверхностно-активные вещества. М., ВЗПИ, 1992, 172 с.
9. Готлиб Д.М. Модифицированные ЭДОСом вододисперсионные лакокрасочные и клеющие материалы на основе поливинилацетата. Автореферат диссертации к. т. н., Пенза, 2001, 23 с.
10. Готлиб ЕМ, Бабенко ЕВ., Муратова Г Я., Соколова ЮА. Применение обращенной газовой хроматографии для оптимизации рецептур эпоксидных материалов, Москва, 1998, 33 с.

Котельникова ТА., Агеев Е. Л., Смирнов М.А., Вихорева Г.А. Изостерические Хроматографические характеристики удерживания н-алканов и спиртов на хитозанах различной молекулярной массы