

УДК 543.31

**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ В ВЕЩЕСТВАХ
РАЗЛИЧНОГО АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ*****В. А. Дроздов, А. П. Крешков и С. И. Петров***

В статье рассмотрены важнейшие сведения о широко практикуемых в настоящее время методах определения содержания влаги в веществах различного агрегатного состояния. Библиография — 715 наименований.

ОГЛАВЛЕНИЕ

I. Введение	113
II. Методы определения воды, основанные на ее отделении	113
III. Методы определения воды, основанные на использовании химических реакций	116
IV. Физические и физико-химические методы определения воды	122

I. ВВЕДЕНИЕ

Со времени выхода в свет монографии Митчела и Смита¹ не только усовершенствовался метод определения воды по Фишеру, но в литературе появилось описание новых методов ее определения химическими, физическими и физико-химическими методами, которые получили широкое практическое применение в разнообразных областях науки, промышленности и новой техники.

Одновременно возросли и требования к самим методам, поскольку современная тенденция в аналитической химии направлена на автоматизацию непрерывного контроля и регулирования технологических процессов с минимальными затратами усилий на собственно анализ. Это привело к созданию и развитию таких совершенно новых и высокочувствительных методов анализа, как ИК спектроскопия, кулонометрия, газо-жидкостная хроматография и т. д.

Появившиеся в периодической печати обзоры методов определения воды не претендуют на исчерпывающее рассмотрение этого вопроса²⁻³⁰.

В настоящей статье сделана попытка представить полный обзор всех методов определения воды применительно к веществам различного агрегатного состояния.

II. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ЕЕ ОТДЕЛЕНИИ

1. *Метод сушки.* Простейший и самый старый метод определения воды основан на высушивании анализируемого образца до постоянного веса. По потере в весе судят о содержании воды. Скорость и эффективность обезвоживания обусловлены рядом факторов: способом подвода тепла к испытуемому образцу, быстротой отвода выделяющейся воды, созданием оптимальной температуры сушки, при которой не наблюдается разложение анализируемого образца^{31, 32}, состоянием молекул воды в исследуемом объекте, а также условиями диффузии.

Существенное влияние на процесс сушки оказывают высота слоя и степень разрыхленности пробы³³. Воспроизводимость результатов зави-

сит от таких факторов, как конструкция сушильной печи, природа материала, из которого сделан сосуд для сушки, и формы выпарных чашек. Быстрота удаления воды с поверхности твердой фазы является функцией давления водяных паров и температуры сушки.

В процессе нагревания влажных органических веществ изменения в весе анализируемого вещества могут быть вызваны не только высвобождением воды (выделение CO_2 , CO , H_2 , CH_4). В случае анализа неорганических термических неустойчивых соединений (сульфаты железа и алюминия) используют избирательные поглотители для воды и серного ангидрида.

Температура нагревания образца в процессе сушки определяется природой анализируемого вещества.

Кроме определения кристаллизационной воды в солях³⁴, с помощью метода сушки с различной степенью точности возможно определять содержание воды в сыре³⁵, джеме и повидле³⁶, брынзе³⁷, кремневольфраматах³⁸, ксантогенатах³⁹, древесине^{40, 41}, касторовых бобах⁴², зерне и зернопродуктах^{43, 44}, глине⁴⁵, природных стеклах³³, тиобарбитурате кадмия⁴⁶, шихте⁴⁷, саже⁴⁸, опиуме-сырце⁴⁹, мясных продуктах⁵⁶, бурых углях^{51, 52}, орехах, изюме, маке⁵³, сушеных плодах⁵⁴, солоде⁵⁵.

Желая использовать для сушки более низкие температуры и тем самым предотвратить термическое разложение образца было предложено использовать ИК радиацию и пониженное давление для определения воды в солях^{56, 57}, сыворотке^{58, 59}.

Конструктивное сочетание сушильной печи и аналитических весов дает возможность определять потери в весе в процессе сушки, исключая операции перенесения образца в эксикатор, затрату времени на охлаждение анализируемого вещества.

Ряд авторов предлагает проводить ускоренное определение содержания воды методом сушки с использованием сочетания циркуляции горячего воздуха, ИК-излучения, вакуумсушильных печей и специальных выпарных сосудов. Методики охватывают анализ зерна, крахмала, пищевых продуктов⁶⁰⁻⁶², фармацевтических препаратов⁶³, удобрений⁶⁴, зерна, кофе⁶⁵, сушеного винограда⁶⁶, хмеля⁶⁷.

Новые приборы и методики для изучения механизма сушки коллоидных капиллярно-пористых материалов приведены в работе⁶⁸. Британский институт стандартов установил ряд требований для вакуумсушильных печей⁶⁹.

Описаны различные приемы⁷⁰, приспособления, автоматические приборы, используемые для определения воды методом сушки^{17, 71-83}.

Наибольшее применение метод сушки нашел при определении гидратной воды в неорганических соединениях. В большей степени непригодность метода относится к органическим соединениям. Источники ошибок, встречающихся в методе сушки, рассмотрены в работе⁸⁴.

Метод сушки относится к продолжительным по времени методам, отличается невысокой точностью при малом содержании воды и для практического использования требует для каждого частного случая установления стандартных условий. Однако ряд предложенных усовершенствований (ИК радиация, вакуумсушильная аппаратура, автоматические весы и пр.) позволяют сократить время определения воды до 15—20 мин. Погрешность во взвешивании определяет предел минимальных количеств обнаруживаемой воды. Главный недостаток метода состоит в том, что он не допускает различия между водой и присутствующими летучими веществами. Однако метод сушки незаменим при проведении серийных определений содержания воды в гетерогенных материалах (свежие фрукты, фураж, силос и пр.). При разработке новых, более совершенных ме-

тодов определения воды метод сушки может служить относительным критерием.

2. Метод сорбции. Сорбционный метод определения воды основан на улавливании сорбентами паров воды, уносимых током газа-носителя при постепенном нагревании анализируемого вещества. Поглотительную трубку с сорбентом взвешивают до и после пропускания газа-носителя, и увеличение в весе показывает содержание воды.

В качестве реагентов-поглотителей используют твердые и жидкие поглотители: CaCl_2 , P_2O_5 , CoCl_2 , драйерит, ангидрон, серную и фосфорную кислоты и др. Сравнительная характеристика осушителей приведена в работе ⁸⁵.

Газом-носителем часто служит сухой воздух или аргон. Выбор газа-носителя для частного случая определения воды диктуется природой объекта анализа.

Метод сорбции используют при определении воды в жидком и газообразном хлоре ⁸⁶, жидкостях ⁸⁷, силикатах и карбонатных минералах ^{88, 89}, карбиде бериллия ⁹⁰, шерсти ⁹¹, калийных удобрениях ⁹², при определении окислов и воды в металлических порошках ⁹³, кабельной изоляционной бумаге ⁹⁴. В процессе одновременного определения воды и CO_2 в горных породах и минералах ⁸⁹ для улавливания CO_2 в качестве поглотителя используют смесь соды с асбестом.

Сорбционный метод считается более совершенным по сравнению с методом сушки, но отличается большей трудоемкостью, продолжительностью и не может быть автоматизирован. Точность метода зависит от природы анализируемого образца, концентрации определяемой воды, чувствительности аналитических весов и избирательной поглотительной способности сорбента. Варьируя поглотители, можно осуществлять раздельное определение воды и продуктов термического разложения. К методу сорбции обращаются как к приему отделения воды для дальнейшего определения ее химическими и физико-химическими методами.

3. Метод дистилляции. Навеску анализируемого вещества в специальном аппарате кипятят с избытком несмешивающейся с водой жидкости (C_6H_6 , толуол, ксилол, CCl_4 , тетрахлорэтан, диоксан, перхлорэтилен, анилин, минеральные масла, петролейная фракция и др.). Смесь отгоняющихся паров конденсируют в специальном приемнике дистиллата, жидкости расслаиваются, и по мениску отсчитывают объем отогнанной воды. Выбор растворителя и время кипячения образца определяют тем, насколько легко кипящая жидкость проникает в поры измельченного образца. Выбранный растворитель должен перегоняться в виде изеотропной смеси при такой температуре, которая не способствует протеканию каких-либо химических реакций. Создание атмосферы инертного газа в перегонном аппарате позволяет избежать окислительно-восстановительных процессов.

Точность определений содержания воды методом дистилляции во многом зависит от конструкции ловушки конденсата и устройства кипятильника. Различные конструкции ловушек оригинально предусматривают случаи, когда кипящая жидкость легче или тяжелее воды. Тонкая градуировка измерительных сосудов и термостатирование ловушки позволяют получать результаты высокой точности. Чтобы в ходе определений не использовать много растворителей и тем самым уменьшить ошибку определений за счет взаимной растворимости жидкостей, предложено использовать ловушки, способные возвращать в кипятильник часть отогнанной жидкости после ее расслаивания.

Применение различных растворителей позволяет проводить раздельное определение влажности и кристаллизационной воды для одного и

того же объекта. Используя азеотропную отгонку с бензолом и ксилолом, для образцов сульфата кальция и суперфосфатных удобрений можно с помощью ксилола удалять как свободную, так и кристаллизационную воду, в то время как бензол удаляет только свободную воду⁹⁶.

Время завершения отгонки колеблется от 15—30 мин. до нескольких часов и определяется свойствами объекта исследования (твердое вещество или жидкость, степень измельчения, выбранный растворитель, температура отгонки и т. п.).

Обширный обзор литературы по методу дистилляции приведен в работе⁹⁶, где наряду с изложением истории развития метода дистилляции приводятся разнообразные конструкции дистилляционных установок, критически разбираются многочисленные практические примеры использования метода. Устройство приборов для дистилляции постоянно совершенствуется^{96–108}.

Удовлетворительные результаты анализов показывает метод дистилляции при определении содержания воды в мыле^{109–111}, красках для печати¹⁰⁹, сахаросодержащих продуктах¹¹², изделиях пищевой промышленности^{113–115}, силосе¹¹⁶, гипсе и суперфосфатах⁹⁵, фурфурол¹¹⁷, дизельном топливе, бензине и картерных маслах¹⁰⁶, гликолях и глицерине¹¹⁸, диэтиленгликоле¹¹⁹, полиэтиленгликоле¹²⁰, текстильных материалах¹⁰¹, нефти и нефтепродуктах¹²¹, поликапролактаме¹²², ДДТ и эмульсиях ГХЦГ¹²³. Метод дистилляции гостирован¹²⁴.

Метод дистилляции отличается простотой аппаратного оформления и несложностью выполнения всех операций. Химики-аналитики часто прибегают к использованию этого метода в случае непригодности методов сушки и сорбции, а также при необходимости получить сравнительные результаты при разработке новых методов определения содержания воды. В последнем случае метод дистилляции служит критерием. При малых концентрациях воды в анализируемых объектах метод дистилляции сочетают с другими химическими и физико-химическими методами анализа.

III. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ХИМИЧЕСКИХ РЕАКЦИЙ

1. *Газометрические методы.* Гидрид кальция в результате энергичной реакции с водой выделяет водород, который можно количественно замесить волюмометрически или манометрически. Если определяемую воду предварительно экстрагировать каким-либо растворителем, то эту реакцию можно использовать для целей количественного определения воды. Растворитель должен быть инертным по отношению к CaH_2 . Первоначально в качестве экстрагента воды был предложен обезвоженный этиловый спирт^{125–127}, замененный в дальнейшем диоксаном и пиридином^{128, 129}.

Подсчетом термодинамических потенциалов системы $\text{CaH}_2\text{—H}_2\text{O}$ показано¹³⁰, что в зависимости от температуры выделяется различное количество водорода. При проведении газометрических определений необходимо строго соблюдать условия проведения анализа. В этом случае удается с удовлетворительной точностью проводить количественные определения воды в разнообразных веществах: неорганических кристаллогидратах, жидком топливе, фурфурол^{131–139}, нефтепродуктах, гексафториде урана и пр.^{131–139}. Определение следов водяных паров в газах описано в¹⁴⁰. Гидридакальциевый метод гостирован¹⁴¹.

Образование ацетилен¹⁴² в результате взаимодействия воды с CaC_2 положено в основу определения воды в веществах различного агрегатного

состояния. Так как спирты реагируют с CaC_2 с образованием C_2H_2 , для проведения анализов в качестве среды они не пригодны. Рекомендуются инертные растворители. Количество образующегося ацетилена можно замерить волюмометрически, по повышению в системе давления, по потере веса реактива после улетучивания C_2H_2 , по измерению интенсивности пламени или измерению расхода кислорода при сжигании ацетилена. В ряде случаев считают рациональным проводить реакцию между CaC_2 и содержащей воду жидкостью не в гетерогенной системе, а рекомендуют воду предварительно извлечь инертным газом-носителем.

Карбидный метод определения воды имеет ряд недостатков и ограничений^{130, 139, 142} и требует от исследователя строгого соблюдения режима в ходе анализа. Метод находит практическое применение при ускоренном определении воды в различных объектах: жидких продуктах коксования и пиролиза¹³⁶, фурфуроле¹¹⁷, руде, бурых углях¹⁴³, гипсе¹⁴⁴, резине¹⁴⁶, этилацетате и хлоральдегиде¹⁴⁶, почвах и стройматериалах¹⁴⁷, промышленных маслах¹⁴⁸, крезоле¹⁴⁹, металлургических шлаках¹⁵⁰, углеводородах¹⁵¹, коже, бумаге¹⁵², зерне^{152, 153}, крупе¹⁵⁴, торфе и древесине¹⁵⁵.

Карбидным методом нельзя анализировать на содержание воды вещества, реагирующие с CaC_2 , CaO и $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Некоторые авторы считают, что нитрид магния более удобен для проведения анализов, чем CaC_2 , так как образующийся аммиак может быть количественно определен методом кислотно-основного титрования. В качестве среды в этом случае рекомендуют этиловый спирт, диоксан и смеси $\text{CH}_3\text{OH}-\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$. Анализ можно проводить в обычной установке Кьельдаля. Большой точности при определениях можно достигнуть, если воду из объектов исследования предварительно извлечь газом-носителем. Метод не применим для анализа веществ, выделяющих в процессе нагревания NH_3 . Существенное влияние на ход реакции между Mg_3N_2 и водой играет температура¹³⁰.

Заслуживают внимания следующие магниенитридные методики определения воды: в ректификате дивинила^{156, 157}, в газах¹⁵⁸, духах и одеколоне¹⁵⁹, трансформаторном масле¹⁶⁰.

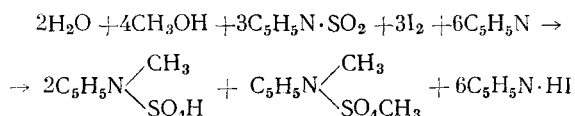
Метод Церевитинова, предложенный для определения активного водорода, модифицирован для определения воды. Анализируемое вещество растворяют в пирдине или другом каком-либо инертном растворителе, не реагирующем с CH_3MgI . Определению воды мешают различные соединения, имеющие активные атомы водорода или реагирующие с реактивом Гриньяра. По методу Церевитинова предложено анализировать на содержание воды масла¹⁶¹ и гипс¹⁴⁴.

Из других газометрических методов следует упомянуть об определении связанной воды в силикагеле с помощью диборана¹⁶² и в растворителях с помощью щелочных металлов и их сплавов.

Газометрические методы (особенно карбидный и гидридный), отличающиеся быстрым взаимодействием реагента с определяемой водой, нашли широкое применение в технике благодаря разнообразным приемам измерения выделяющегося газа. При этом может быть достигнута необходимая экспрессность, точность и чувствительность.

2. Титриметрические методы. Среди титриметрических методов определения воды особое место занимает метод Фишера¹. При изучении природы реактива Фишера установлено¹⁶³⁻¹⁶⁵, что количество метилового спирта, участвующего в титровании, существенно влияет на результаты определения воды. Титр реактива — функция отношения $\text{H}_2\text{O} : \text{CH}_3\text{OH}$. Экспериментально доказано¹⁶⁶, что для безметанольного раствора реактива отношение реагирующих I_2 и H_2O равно $1 : 0,53$ и с прибавлением CH_3OH возрастает. При содержании CH_3OH 24% (объем.) отношение

уже равно 1 : 1,5 и далее в значительном интервале (до 70%) остается практически постоянным. При большом количестве CH_3OH или $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ в реакционной среде наблюдаются дополнительные осложнения, зависящие от количества титруемой воды. Отклонения от отношения 1 : 1,5 тем больше, чем меньше титруемой воды. Предложено¹¹ пользоваться следующим уравнением:



Найденная зависимость изменения водяного эквивалента реактива Фишера от отношения $\text{CH}_3\text{OH} : \text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ требует правильного проведения титрования. Устанавливать титр реактива Фишера и проводить определения следует в смеси метанол + пиридин того же состава, что и в реактиве Фишера. Нельзя значения холостого титрования растворителя находить по титрованию меньшего количества с последующим умножением результатов титрования на соответствующий коэффициент.

Реактив Фишера готовят смешением либо сразу всех компонентов^{1, 166} (но при этом реактив в процессе хранения может значительно потерять свою активность¹⁶⁷), либо метанольный и пиридиновый растворы двуокиси серы и иода перед употреблением смешивают^{168–172}. Для ускоренного приготовления реактива предложен упрощенный способ обезвреживания компонентов бромом или хлором¹⁷³. Рекомендовано¹⁶⁸ проводить титрование, растворяя анализируемый образец в пиридин-метаноловом растворе двуокиси серы. Титрант — метаноловый раствор иода.

Многочисленны попытки исследователей заменить компоненты реактива с целью удешевить его и достигнуть большей стабильности. Предложено пиридин заменить гексаметилентетрамином¹⁶⁸, но при этом образуются малорастворимые продукты реакции. Замена метанола монометиловым эфиром этиленгликоля¹⁷⁴ дает более устойчивый реактив, работа с которым¹⁷⁵ показала его ценные качества. Сообщается¹⁷⁶ о возможной замене метанола хлороформом. Приготовление усовершенствованного и стабилизированного реактива описывается в¹⁷⁷.

Для работы в инертных растворителях (диоксан, бензол, CH_3CN и др.) предложено¹⁷⁸ пользоваться хлороформным раствором брома и двуокиси серы. Вещества с НО-группами рекомендуемым реактивом титровать нельзя. Мешают также пиридин и HCOOH .

Запатентовано приготовление усовершенствованного реактива¹⁷⁹, предназначенного для определения воды в капролактаме и спиртах^{180, 181}. Для связывания ионов водорода, образующихся в ходе анализа, к реактиву добавляют алкоголь, фенолят или соли органических кислот. В патентах^{182–184} рекомендуют добавлять в реактив один или более продуктов самопроизвольной реакции, протекающей в реактиве в отсутствие воды (NaI , пиридиний гидроиодид, вторичные или третичные амины).

Стандартизацию рабочего раствора проводят титрованием точных навесок H_2O в инертном растворителе^{163, 164} или смешанном — $\text{C}_5\text{H}_5\text{N} + \text{CH}_3\text{OH}$ (3 : 7)¹¹. Если установку титра реактива проводят по стандартному раствору воды в метаноле, то определяют его кажущееся водяное число¹⁸⁵, которое может не совпадать с истинным. Титр модифицированного реактива рекомендовано определять по точным навескам воды или титрованием точных объемов водных растворов метилового или этилового спиртов.

Использование кристаллогидратов для стандартизации реактива Фишера приведено в^{1, 186, 187}.

Необходимо учитывать температурный фактор титра¹⁸⁸ в тех случаях, когда температура окружающей среды во время установки титра реактива отличается от температуры, при которой проводят анализ.

В качестве сред для титрования чаще используются метанол, его смеси с пиридином, эфиром¹⁸⁹, хлороформом¹⁹⁰ или пропиловый спирт¹⁷². Этиленгликоль и глицерин берут только в том случае, если приходится определять воду в газах после ее абсорбции данным растворителем. Рекомендуют и диоксан^{163, 164, 191, 192}. Для веществ, не растворимых в метаноле, обычно используют хлороформ^{193–195}. Толуол¹⁹⁶ применяют в том случае, если определяют воду после азеотропной отгонки. Формамид¹⁹⁷ благодаря высокой диэлектрической проницаемости является великолепным растворителем и экстрагентом. Для специальных целей используют уксусную кислоту^{170, 197} или ее смеси с пиридином¹⁹⁸.

Для ускорения реакции между H_2O и титрантом рекомендуют использовать катализатор N-этилпиперидин¹⁹⁹.

Об аналитическом контроле реактива Фишера сообщается в²⁰⁰. Отработанный реактив можно регенерировать¹¹.

Разнообразны способы определения эквивалентной точки в ходе титрования. Техника визуального титрования подробно изложена в¹. Новое в этой области — попытка ввести индикаторы^{201–203}. Различные видоизменения в технике визуального титрования рассмотрены в^{204, 205}.

Для определения воды в жидкостях, имеющих собственную окраску, предложен фотометрический вариант определения точки эквивалентности^{167, 206–209}.

При определении точек эквивалентности широко используют электрометрическое титрование. Прямое и обратное потенциометрическое титрование с биметаллической электродной парой описано в^{1, 210}. Наиболее распространен так называемый метод титрования «до останковки»^{1, 211, 212}. Механизм титрования с поляризованными электродами рассмотрен в²¹³. Резкое изменение силы тока в точке эквивалентности можно фиксировать с помощью качественно работающего электрического глазка²¹⁴. Развитие электронной аппаратуры привело к созданию различных автоматических устройств^{215–220}.

Электрометрическое титрование по Фишеру^{216–234} широко представлено аппаратно с учетом макро-, полумикро- и микротитрований с полной или полуавтоматизацией. Кроме стандартных ячеек для титрования, прилагаемых к титраторам, описано несколько оригинальных модификаций сосудов — ячеек и пипеток^{222, 235–241}.

Для автоматического непрерывного контроля следовых количеств воды рекомендован метод кулонометрического титрования реактивом Фишера, основанный на электролитической генерации иода^{242–252}.

Титрование реактивом Фишера используют для определения различных видов воды в следующих неорганических веществах: жидком аммиаке^{1, 253}, фтористом водороде^{254, 255}, кристаллогидратах^{182, 256}, концентрированной серной²⁰⁴ и азотной кислотах и их смесях^{257, 258}, перхлорате аммония²⁵⁹, тетрафториде и окислах урана²⁶⁰, минеральных красках²⁶¹, загрязненных кислотах при процессах сульфирования²⁶², минералах²⁶³, хлоридах кальция²⁶⁴, трехвалентных титана и ванадия²⁶⁵, пигментах и малярных красках^{266, 267}, тетраборате натрия²⁶⁸, гранулированных удобрениях^{269–271}, неорганических компонентах твердого ракетного топлива²⁷², комплексных солях²⁷³, неорганических реактивах²⁷⁴, производных сульфохлорида²⁷⁵.

При определении воды по Фишеру необходимо учитывать взаимодействие компонентов реактива с некоторыми неорганическими соединениями^{1, 261}. Так, при определении содержания воды в солях трехвалентного

железа имеет место реакция окисления-восстановления, которую можно предотвратить добавлением 8-оксихинолина²⁷⁶, титруя в среде хинолина.

Обычно общее содержание воды в серной кислоте определяют титрованием в среде пиридина или смешанного растворителя пиридин+диоксан, чтобы до минимума свести участие метанола в реакции. В дымящей азотной кислоте воду определяют титрованием в среде диметилформамид+пиридин²⁵⁷ или дихлорэтане²⁵⁸. Оригинален метод определения воды и окисла щелочного металла с селеном и теллуром²⁷⁷.

При прямом титровании безводной соды²⁷⁸, карбоната, бората и пербората натрия, глицерофосфата, CaCO_3 , окислов кальция и магния, бикарбоната⁶³, кислых солей и $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ²⁷⁹ получают неудовлетворительные результаты. В этом случае рекомендуют проводить предварительную кислотную дистилляцию H_2O или ее экстракцию метанолом²⁸⁰, тетрагидрофураном или диоксаном²⁷⁹. Количество вещества основного характера, переходящее в раствор при экстракции, определяют титрованием кислотой.

В ряде органических соединений возможно определять воду прямым титрованием: в солях органических кислот¹⁶⁴, алкиларилсульфонате натрия²⁸¹, динамитном глицерине²⁸², аминах и амидах^{1, 168, 204}, каучуках^{283, 284}, лекарственном сырье²⁸⁵, фармацевтических препаратах^{286–292}, алкалоидах^{170, 175, 288}, антибиотиках^{288, 293, 294}, растительных маслах^{195, 295, 296}, растворителях^{171, 204, 264, 297–298}, порохах и взрывчатых веществах^{272, 282, 292, 300}, нефти и нефтепродуктах^{301–303}, изоляционных и смазочных маслах^{304–306}, инсектицидных аэрозолях³⁰⁷, жирах и маслах^{195, 261}, авиационном топливе¹⁹⁰, ксантогенатах³⁰⁸, ксантогенате калия¹⁶⁸, целлофане²⁰⁸, полимерах и пластических материалах^{292, 309–311}, винилпирролидине³¹², витамине С¹⁶⁸, молочном порошке и сырах³¹³, крахмале^{197, 314}, коже и дубящих веществах^{315–317}, сухих овощах^{197, 318}, зерновых продуктах^{25, 319}, текстильных материалах^{320, 321}, мылах и моющих средствах³²², углях^{204, 323}, низкомолекулярных полимерах формальдегида³²⁴, семенах³²⁵, патоке^{326, 327}, меде³²⁸, какао³²⁸, шоколаде³³⁰, муке и изделиях из муки^{331, 332}, углеводородах³⁰³, гликолевом и глицериновом морозостойчивых растворителях¹¹⁸, виниловых эфирах³²², кетонах^{234–336}, трибутилфосфате и керосине³³⁷, ионообменных смолах³³⁸, чешуирированных полиамидах³³⁹, аэрозольных покрытиях³⁴⁰, солоде⁵⁵, сыворотке⁵⁹, желатине³⁴¹, альгинатах³⁴².

Определение воды по Фишеру в альдегидах и кетонах требует соответствующей модификации^{1, 334–336, 343}. Аскорбиновая кислота окисляется реактивом для дигидроаскорбиновой кислоты, а хинон восстанавливается реактивом до дигидроаскорбиновой кислоты, а хинон восстанавливается до гидрохинона. Меркаптаны окисляются медленно, но их влияние можно устранить добавлением перед титрованием олефинов.

Некоторые силанолы реагируют с реактивом Фишера количественно^{344, 345}. Определение H_2O в силиконах в присутствии силанолов рассмотрено в³⁴⁶.

При определении воды в газах: углеводородах^{347–350}, хлористом водороде³⁵¹, атмосфере печей для обжига фарфора и эмалей³⁵², кислороде, азоте и других газах^{350, 353} их барботируют через безводный метанол, поглощенную воду определяют титрованием.

Оценивая титрование по Фишеру, следует отметить, что метод применим для прямого определения воды от 1 млн. части до 100% во всех типах соединений, не реагирующих с компонентами реактива. Чтобы достигнуть наибольшей чувствительности определений рекомендуют предварительно оттитровать растворитель (предпочтительно смесь пи-

ридин+метанол), затем в его среде анализировать образец. Прямое титрование дает общее содержание воды (свободной и связанной). Титрование по Фишеру легко автоматизируется. Кулонометрический способ генерации иода для реактива Фишера позволил осуществить непрерывный автоматический контроль и регулировать влагосодержание на производстве. Учитывая универсальность и высокую чувствительность метода, его часто используют как стандарт при разработке новых методов определения влаги.

Из других титриметрических методов следует упомянуть методы, основанные на взаимодействии воды с некоторыми неорганическими хлоридами и хлорангидридами органических кислот. Выделяющийся хлористый водород отгоняют и оттитровывают. Из легко гидролизующихся хлоридов наиболее пригодным оказался хлорид алюминия.

Ацетилхлоридный метод³⁵⁴ удобен для определения воды в веществах, представляющих трудности для метода Фишера. В основу метода положено различное отношение к воде и спирту ацетилхлорида, приготовленного на диоксане, толуоле или CCl_4 . В первом случае 1 моль воды выделяет 2 моля ($\text{CH}_3\text{COOH} + \text{HCl}$) титруемых кислот, а во втором случае 1 моль CH_3OH выделяет 1 моль кислоты (HCl). По окончании взаимодействия реактива с водусодержащими инертными растворителями избыток CH_3COCl обрабатывают спиртом и титруют раствором щелочи. Для расчетов проводят холостое титрование.

Метод используют для определения воды в жидких углеводородах, эфирах³⁵⁴, углеводородных газах³⁵⁵, ацетоне^{354, 356}, пищевом масле, маргарине и жирах³⁵⁷, спиртах³⁵⁸, углях³⁵⁹.

Применять в ацетилхлоридном методе в качестве экстрагента CH_3OH нельзя из-за его взаимодействия с CH_3COCl . Муравьиная кислота, альдегиды и высокие концентрации низших спиртов и гликоли мешают определениям. Сильные амины и легко гидролизующиеся эфиры в процессе ацидиметрического титрования могут существенно исказить результаты анализов.

Вместо ацетилхлорида предлагали использовать *p*-нитробензоилхлорид³⁶⁰, хлорангидриды лауриловой и стеариновой кислот, бензоилхлорид, но пока не все успешно. Исследованиями показано³⁶¹, что добавление органических оснований способствует быстрому и количественному омылению хлорангидридов кислот водой.

Дихлорангидрид янтарной кислоты как гидролитический реактив, используют при определении влажности газов и кристаллогидратов^{362, 363}.

Гидролиз ангидридов и хлорангидридов кислот можно использовать для определения воды. В литературе описано применение для этих целей уксусного³⁶⁴ и бензойного ангидридов. Определяемую воду методом азеотропной отгонки, например с диоксаном или толуолом, собирают в смеси ангидрид+пиридин (1:3), проводят гидролиз и затем избыток ангидрида ликвидируют с помощью анилина. Для расчета проводят холостое титрование. Время гидролиза значительно сокращается, если в реакционную смесь добавлять катализаторы: HClO_4 или 2,4-динитробензолсульфокислоту³⁶⁵.

Для определения малых количеств воды в спирте, диоксане, кротонил-иденацетоне и антрахиноне использовано³⁶⁶ взаимодействие алкоголята натрия с водой. Выделяющийся едкий натр реагирует далее с этилацетатом с образованием CH_3COONa , а избыток алкоголята натрия определяют титрованием.

Тетраацетат свинца в бензольном растворе в результате взаимодействия с водой превращается в PbO_2 , определяемый иодометрически³⁶⁷.

Энергично реагируют с водой органические соединения щелочных металлов (трифенилметаннатрий). Поскольку органические соединения ще-

лочных металлов обладают окраской, а продукты их взаимодействия с водой бесцветны, возможно осуществлять безиндикаторное титрование воды³⁶⁸.

Используя ограниченную взаимную растворимость жидкостей в присутствии воды, можно определять воду в фурфуроле, титруя его смесью гексанола с хлопковым маслом³⁶⁹, крови и биологических материалах — ксилолом³⁷⁰, в кристаллогидратах — смесью C_2H_5OH и изо-бутанола³⁷¹. В диссертации³⁷² представлен обширный материал по определению влажности веществ титрованием водой.

Появились работы по определению воды в органических соединениях с помощью нового химического метода, основанного на гидролизе *трет.*-бутилового эфира ванадиевой кислоты в присутствии NH_3 или акридина^{373, 374}. Образующийся в ходе реакции осадок — соль ванадиевой кислоты — определяют титрованием раствором соли Мора. Метод пригоден для определения воды в углеводородах, алкилгалогенидах, эфирах, кетонах, бензальдегиде, пиридине. Для метода предложена полуавтоматизация.

На гидролизе диметилосалата в щелочном растворе построено определение воды в спиртах³⁷⁵.

Содержание воды можно определять, используя метод кислотно-основного титрования в неводных средах. Так определяли воду титрованием образцов в среде безводной серной кислоты^{376, 377}. Титрантом служит $HClO_4$.

В сравнении с методом Фишера другие титриметрические методы находят меньшее практическое применение, что вызвано индивидуальными особенностями реагентов. Более распространен ацетилхлоридный метод, использование которого рекомендуют в тех случаях, когда метод Фишера не применим. Наибольшую перспективу представляет метод, основанный на омылении *трет.*-бутилового эфира ванадиевой кислоты.

3. *Весовые методы.* Количественное определение воды строят на водотнимающей способности безводного сульфата меди (в спиртах, альдегидах, кислотах). Этилаты алюминия и магния, реагируя с водой, образуют соответствующие количества гидроокисей, которые определяют взвешиванием. Большие количества воды в спиртах, а также смеси спирта с бензолом, бензином и трихлорэтиленом определяют, используя гидролиз этилформиата. Весовая форма — формиат натрия.

Определение воды в броме основано на окислении бромом сернистого газа в присутствии воды. Образующийся сульфат определяют гравиметрически³⁷⁸.

В органических растворителях — эфире, $CHCl_3$, CCl_4 , углеводородах можно определять воду при содержании 10—100 мг/100 мл образца с помощью эфирного раствора $LiBr$, который с водой образует осадок $LiBr \cdot H_2O$, определяемый взвешиванием³⁷⁹.

В работе³⁸⁰ описан автоматический гравиметрический гигрометр, предназначенный для определения влаги в газах.

Весовые методы находят ограниченное применение из-за трудоемкости операций, продолжительности и специфичности.

IV. ФИЗИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДЫ

1. *Методы, основанные на измерении удельного веса, вязкости, угла вращения поляризованного света, коэффициента преломления взаимной растворимости и др.* Для определения влагосодержания рекомендованы методы, основанные на измерении удельного веса исследуемого вещества (определение воды в спиртах³⁸¹), измерении вязкости (в ацетоне, спир-

те³⁸², бетоне, цементе и других строительных материалах³⁸³), способности оптически активного оводненного вещества пропорционально концентрации в нем воды вращать плоскость поляризации плоскополяризованного света (определение воды в рафинадной кашке³⁸⁴, сахаре³⁸⁵). В двух- и трехкомпонентных системах возможно определение воды рефрактометрическим методом (анализ фурфурола¹¹⁷, засахаренных продуктов^{54, 386}, смеси формальдегида и HNO_3 ³⁸⁷, $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ и этилцеллозольва³⁸⁸). Описаны методы анализа, использующие: различную температуру кипящего сахарного сока и пара³⁸⁹, теплопроводность газов³⁹⁰, критическую температуру смешивания жидкостей (определение воды в анилине³⁹¹), изменения давления при вымораживании воды (в воздухе³⁹² или газах³⁹³), изменении удельной энтальпии влажного материала в процессе десорбции воды³⁹⁴. Поверхностную влагу можно определить на основе взвешивания образца в воздухе и в двух смешивающихся с водой жидкостях с различной плотностью^{395, 396}.

При определении влажности газов широко используют метод «точки росы»^{397, 398}, для которого описано большое число приборов, построенных на различных принципах: с термоэлектрическим охлаждением^{399, 400}, с охлаждением в сосуде Дьюара⁴⁰¹, пневматический⁴⁰², электрического контакта⁴⁰³, с фотоэлектрической регистрацией⁴⁰⁴. Патентованы метод⁴⁰⁵ и аппаратура⁴⁰⁶ для регулирования влажности органических растворителей на основе измерений содержания воды в парах над растворителем. Влагосодержание досок и других пористых материалов определяют по замерам давления равновесных паров⁴⁰⁷.

Основное внимание при использовании психрометрического метода определения влажности газов уделяют теоретическим основам метода^{398, 408}, особенно при высоких температурах⁴⁰⁹. Описание различных психрометров приведено в^{404, 410–412}.

2. Методы, основанные на измерении диэлектрической проницаемости. Определение H_2O в различных объектах осуществляют на основе измерения диэлектрической проницаемости системы. ДП воды (80,57) по величине существенно отличается от ДП других растворителей. Теоретические основы метода ДП-измерений изложены в^{413, 414}, для каждой конкретной оводненной системы используют эмпирическую зависимость $\text{ДП} = f(\text{H}_2\text{O})$. Чувствительность определений при достаточном постоянстве ДП растворителя может достигать нескольких частей на 1 млн. Более чувствительны измерения ДП потерь.

При определении воды в углеводородах рекомендуют общий соразводитель для H_2O и углеводорода — диоксан, поскольку ДП растворенной и эмульгированной воды совершенно различны⁴¹⁵. В⁴¹⁶ проводят измерения ДП эмульсии раствора NaOH в трансформаторном масле. Широко практикуют метод для контроля содержания воды в нефти и нефтепродуктах^{417–426}. Непрерывное измерение и регистрация возможны даже при содержании воды до 60%⁴²⁷. Нередко измерения проводят по принципу сравнения ДП нефти, содержащей воду и обезвоженной^{428–430}. Описаны примеры определения воды в гидразине и фенилгидразине⁴³¹, одно- и многоатомных спиртах⁴³², пиридиновых основаниях⁴³³, этилацетате^{434, 435}, диоксане⁴³³, диэтиловом эфире диэтиленгликоля⁴³⁶, трехкомпонентной системе метанол — изопропанол — вода⁴³⁷, минеральных маслах⁴³⁸.

Для многокомпонентных систем определение воды измерением потерь в большинстве случаев невыполнимо, так как фактор диэлектрических потерь изменяется не только с изменением содержания воды⁴¹³.

Для определения воды в веществах твердого агрегатного состояния используют предварительную экстракцию растворителем⁴¹⁴, например,

при определении воды в почве⁴³⁹, шпинате⁴⁴⁰, кварцевом песке, марганцевых рудах, угле, глине⁴⁴¹, пшенице, сульфате аммония и др.⁴⁴². Границы метода предварительной экстракции сужаются теми обстоятельствами, что растворитель-экстрагент не полностью извлекает воду, или для завершения экстракции требуется продолжительное время. Это привело к развитию иммерсионного метода⁴⁴³. Анализируемую пробу погружают в жидкость с определенным значением ДП и измеряют окончательно установившееся ДП системы. По калибровочной кривой находят содержание H_2O . Таким методом предложено анализировать неорганические удобрения^{443, 444}.

Во многих материалах возможно определять влагосодержание, непосредственно погружая электроды в объект исследования: молекулярные сита⁴⁴⁵, зерно⁴⁴⁵⁻⁴⁴⁸, хмель⁴⁴⁶, торф⁴⁴⁹, почву⁴⁵⁰, упаковочные материалы⁴⁵¹, табак⁴⁵²⁻⁴⁵⁴, шихту⁴⁵⁵, текстильное волокно⁴⁵⁶, сыпучие материалы^{457, 458}, формовочные смеси^{459, 470}, бумагу и картон⁴⁶¹, гранулят, нитрофоска⁴⁶², тринитротолуол⁴⁶³. В некоторых случаях необходимо строго соблюдать постоянство давления электродов на исследуемый материал⁴⁵².

Особенно перспективным для анализа сыпучих материалов является метод диэлектрических потерь. Так возможно проводить измерения влажности пигментов без взвешивания пробы⁴¹³.

Разработана специальная конструкция ячейки, позволяющая определять содержание влаги в пленках^{413, 464}. В работах^{465, 466} приведено описание портативного гигрометра для определения влажности воздуха по данным ДП измерений. В газах, содержащих HF , для непрерывного определения влагосодержания рекомендован анализатор⁴⁶⁷.

Аппаратурное оформление метода разнообразно^{17, 421, 468-475}.

3. *Методы, основанные на измерении электропроводности.* Влагу газов, адсорбированную каким-либо растворителем, определяют, измеряя электропроводность увлажненного экстрагента⁴⁷⁶. В качестве абсорбента влаги природного газа используют серную кислоту⁴⁷⁷. Измерение электросопротивления соли $LiCl$ может служить функцией влагосодержания газа, находящегося в контакте с солью⁴⁷⁸.

Влажность почвы⁴⁷⁹ определяют путем замера электросопротивления смешанного растворителя, насыщенного $NaCl$ после экстракции воды из почвы. Описано⁴⁸⁰ измерение влажности трансформаторного масла по изменению электросопротивления ткани, помещенной между перфорированными металлическими пластинками. По данным удельного сопротивления осуществляют непрерывный контроль влагосодержания в четырехоксида азота — горючем для ракет⁴⁸¹. Метод измерения электропроводности применяли для определения воды в жидких — фтористом водороде^{482, 483} и пропане⁴⁸⁴, топливном мазуте⁴⁸⁵, пиридине⁴⁸⁶.

Непрерывное определение электропроводности твердых веществ осуществимо, в основном, при высоком содержании в них воды. Электропроводность зависит от напряжения источника питания, формы и расположения электродов, химического состава объекта, температуры, степени однородности, состояния и распределения воды, степени поляризации, состояния поверхности отдельных зерен и кусков, уплотнения и контакта материала¹⁷. Описаны методики и приборы для быстрого определения влажности по электропроводности в пиломатериалах и древесине⁴⁸⁷⁻⁴⁸⁹, поваренной соли⁴⁹⁰, коже⁴⁹¹, окиси хрома⁴⁹², бумаге, текстильных тканях⁴⁹³, торфе⁴⁹⁴, копре⁴⁹⁵, хроматограммах⁴⁹⁶.

В радиозондах при определении влажности используют гигрометрический элемент из оксидированного алюминия, сопротивление которого — функция влагосодержания воздуха⁴⁹⁷.

Описание аппаратуры приведено в 10, 17, 21, 469—471, 488—501.

4. *Электрометрические методы.* В основу кулонометрического метода положено определение количества электричества, расходуемого на электролиз воды, поглощенной тонкой пленкой абсорбента (H_3PO_4 , H_2SO_4 или их смеси, P_2O_5 , КОН, K_2CO_3 и др.)⁵⁰²⁻⁵¹¹, из определенного количества газа. Анализ жидкостей^{503, 512-515} и твердых веществ^{17, 503} предшествует переводу воды в газообразную фазу, что достигается испарением или использованием тока нагретого сухого газа⁵¹². Расход тока в ходе электролиза фиксируется графически по кривой изменения тока, с помощью интеграторов^{17, 514}, по величине тока⁵¹⁵. Скорость газа-носителя зависит от конструкции датчика, природы и степени влажности образца, навески. Для твердых веществ описано^{17, 512, 513} извлечение влаги газом в сочетании с обогревом токами высокой частоты.

Приводятся методики^{516, 517} и аппаратура определения влажности по сопоставлению давлений анализируемого газа и газа сравнения при одинаковом сопротивлении гигроскопической пленки.

Об эффективной эксплуатации анализаторов для определения воды в газовых потоках и потоках жидкостей сообщается в⁵¹⁸.

Метод кулонометрии применим для определения воды в крекинг-газах, парах бензина, природном газе^{504, 519}, воздухе⁵²⁰, ароматических углеводородах⁵²¹, органических жидкостях^{512, 514, 516}, технологических потоках продуктов нефтеперерабатывающих заводов⁵²², циркулирующем хладагенте фреоне^{516, 517}, в твердых объектах^{523, 524}.

Воду в ϵ -капролактаме определяют полярографически^{525, 526}. В различных органических соединениях воду предложено устанавливать после реакции вещества с фенилхлорокисфосфором, что приводит к увеличению полярографического тока раствора при данном потенциале⁵²⁷. Усовершенствование метода описано в⁵²⁸.

5. *Оптические методы.* Для качественного обнаружения воды в жидких продуктах используют индикаторную бумагу⁵²⁹⁻⁵³¹, импрегнированную солями CoCl_2 , CuBr_2 , BiI_3 , SbI_3 , либо смесями — $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6 + \text{CoCl}_2$; $\text{K}_2\text{CrO}_4 + \text{MnCl}_2 + \text{резорцин}$; активированный силикагель, обработанный раствором CoBr_2 ⁵³², молекулярное сито А⁵³³.

Изменения окраски растворов ряда соединений под влиянием гидратации реактива используют для колориметрирования. Так, с помощью соединений кобальта можно с удовлетворительной точностью определять воду в CHCl_3 , салициловом, кротоновом и бензойном альдегидах⁵³⁴, ацетоне⁵³⁴⁻⁵³⁶, Cl_2CF_2 , Cl_3CF , ClCF_3 , бензине, хлористом метиле⁵³⁷, рафинированных сахарах⁵³⁸, спиртах, ацетоне, этилацетате⁵³⁹, зернах маиса и кукурузы⁵⁴⁰. Из твердых образцов воду предварительно экстрагируют растворителем.

В спирте с повышением содержания воды увеличивает растворимость и развивает окраску $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ⁵⁴¹, а в реактивном топливе, гексахлоране, турбинных маслах — краситель метиленовый голубой^{542, 543}. Содержание H_2O определяют по ослаблению окраски реактива Фишера после пропускания влажного газа через реактив⁵⁴⁴.

Для определения воды в некоторых биологических материалах используют окислительные свойства $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ⁵⁴⁵. Интенсивность окраски восстановленной формы хрома определяет содержание воды. Пользуясь шкалой эталонов, можно определять влагосодержание с помощью безводного сульфата меди^{546, 547}.

Эфир и кетоны, обработанные безводной солью LiCl до насыщения, в присутствии H_2O и перхлората меди приобретают оранжево-красное окрашивание, характерное для соли LiCuCl_3 ⁵⁴⁸. Влага способна изменять окраску растворов хлораниловой кислоты⁵⁴⁹, гексанитробензола⁵⁵⁰,

комплексных соединений диэтилалюминийгидрида с изохинолином⁵⁵¹ и ацетонового раствора безводной соли хлорида меди⁵³⁶.

В газообразном азоте содержание воды определяют методом вакуумной спектрофотометрии в ультрафиолетовой области⁵⁵².

Некоторые реактивы (SiCl_4 ⁵⁵³ и TiCl_4 ⁵⁵⁴) способны в результате контакта с водосодержащим растворителем образовывать устойчивые суспензии продуктов гидролиза, степень поглощения света которыми зависит от влагосодержания.

Влажность мономеров определяют измерениями оптической плотности охлажденного до -50° образца. Степень помутнения пропорциональна содержанию воды⁵⁵⁵. По степени помутнения границы раздела CH_3COOH — толуол определяют содержание влаги в кислоте⁵⁵⁶.

Турбидиметрический метод используют при определении воды в метил- и этилмеркаптанах⁵⁵⁷ и в топливах для авиационных турбин⁵⁵⁸. Влажность газа измеряют по погашению света аэрозоля, который образуется при пропускании влажного газа через олеум⁵⁵⁹. Нефелометрически определяют воду в жидких углеводородах⁵⁵⁴ и моторном топливе⁵⁶⁰.

Метод ИК спектроскопии применим для определения воды в газах, жидкостях и твердых веществах в широком диапазоне концентрации воды. Выбор аналитической полосы поглощения определяется химическим составом анализируемой пробы и определяемой концентрацией воды. При больших концентрациях воды (доли процента и выше) используют полосы в области $5100\text{--}5300\text{ см}^{-1}$ и в области $7100\text{--}6200\text{ см}^{-1}$, относящиеся к обертонам и составным частотам валентных и деформационных колебаний HO -групп молекул воды^{20, 561–574}. Слабые полосы поглощения $1550\text{--}1650\text{ см}^{-1}$ и $3590\text{--}3710\text{ см}^{-1}$, относящиеся к деформационным симметричным и асимметричным валентным колебаниям HOH -и HO -группы, используют при определении следовых количеств воды^{575–582}.

Наиболее распространенным является определение воды методом ИК спектроскопии в различных органических жидкостях: спиртах^{561, 575, 577, 582–585}, гликолях^{561, 582}, диоксане^{561, 582, 586, 587}, кетонах^{573, 575, 577, 582, 583, 586, 588}, 1,1-диметилгидразине, диэтилентриамине, монометилгидразине^{562, 563, 589}, глицерине^{565, 583}, сложных эфирах⁵⁷³, альдегидах⁵⁸⁰, бензоле, толуоле, ксилоле⁵⁹⁰, CCl_4 ^{586, 587, 590, 591}, хлороформе^{582, 586, 587}, бромистом этиле⁵⁸⁹, гомологах пиридина⁵⁹², анилине^{582, 586, 587}, тетрабутилфталате⁵⁷⁸, тетрагидрофуране⁵⁸⁷, трибутилфосфате⁵⁹³, диметилдиоксане⁵⁸¹, хладагенте фреон-22⁵⁹⁴, органических растворителях^{585–599}, смазочных маслах⁶⁰⁰. В⁵⁹⁰ рассмотрены пределы чувствительности определения воды в неассоциированных растворителях и зависимость между пределами чувствительности и коэффициентом пропускания фона.

В работах^{20, 601} показано, что методы молекулярной спектроскопии оказываются весьма эффективными и позволяют определять не только содержание воды в органических растворителях, но и получать богатую информацию о ее состоянии в растворе, связи с молекулами растворителя, о протекании процессов гидратации и процессов экстракции.

При определении воды в сильно корродирующих неорганических жидкостях требуется особая техника работ. Так, при определении воды в жидкой двуокиси серы кювета из NaCl или KCl снабжается прокладками из полиэтилена и свинца⁵⁷⁶. Подробно рассмотрены условия определения воды в жидком бrome^{579, 602} и дымящей азотной кислоте⁵⁷¹.

При анализе солей предложено применять либо таблетки, спрессованные с галогенидами щелочных металлов, либо суспензию в нуйоле, либо растворы в D_2O ⁵⁶⁸. Разработаны методы определения кристаллизационной воды^{564, 566, 570, 595, 603}, воды в углеводах⁶⁰⁴, молочном жире⁶⁰⁵.

Анализу растительных материалов методом ИК спектроскопии предшествует метанольная экстракция⁶⁰⁶, кофе — азеотропная отгонка воды с помощью диоксана¹¹³. Описано определение воды в сложных минералах⁶⁰⁷, силикатах⁵⁶⁸, силикагеле⁵⁷⁴, полимерах⁶⁰⁸, эластомерах⁶⁰⁹, пленках^{569, 596}, алюминиевой соли ацетилсалициловой кислоты⁶¹⁰.

Иногда анализируют методом ИК спектроскопии продукты взаимодействия воды с реактивами — 2,2-диметоксипропаном⁵⁹⁵ (образуются ацетон и CH_3OH) и CaC_2 , выделяющий ацетилен^{609, 611}.

С аппаратурой можно ознакомиться по работам^{12, 83, 571, 583, 584, 595, 608, 609}.

В работах^{612, 613} приведено описание ИК гигрометров для измерения влажности воздуха. Условия анализа газов при повышенных температурах и давлении рассмотрены в⁶¹⁴.

6. Метод ЯМР спектроскопии. Метод ядерного магнитного резонанса (ЯМР) может быть использован для измерения влажности жидкостей и твердых веществ. Определение влажности твердых, сыпучих и волокнистых материалов основано на том, что молекулы воды относительно подвижны по сравнению с молекулами основного водородсодержащего вещества. Поэтому кривая поглощения для протонов, полученная на аппаратуре низкого разрешения, имеет вид очень широкого сигнала, на который наложена узкая линия от протонов воды^{615, 616}. Найдено^{617–619}, что при содержании воды в количестве более 10% амплитуда сигнала линейно зависит от влагосодержания. При меньшем содержании воды связь ее молекул с адсорбируемым веществом изменяется, что приводит к более сложной зависимости величины амплитуды сигнала от содержания воды. В этом случае пользуются калибровочным графиком. Описание приборов приводится в^{12, 620–624}.

Описано определение воды методом ЯМР в древесине, целлюлозе, плодах, крахмале^{618, 619, 625–627}, пектине⁶¹⁸, нейлоне⁶²⁸, различных гранулированных материалах⁶¹⁹, торфе⁶²⁹, хлебном сиропе и жевательной резине⁶³⁰, движущемся потоке угля⁶³¹. Измерение малых концентраций воды можно произвести на основе определения ширины линии поглощения⁶¹⁸. По временам релаксации определяли содержание воды в отвержденных эпоксидных смолах и полиамидах⁶³².

ЯМР спектроскопия высокого разрешения позволяет определять H_2O в ацетоне⁶³³ и других жидкостях⁶³⁴. По зависимости величины химического сдвига протонов воды от ее содержания возможно ее определение как, например, в CH_3CN , пиперидине⁶³⁵ и трибутилфосфате⁶³⁶.

Метод ЯМР оказывается эффективным при изучении сорбционных процессов воды на различных материалах. Он позволяет быстро, точно и без разрушения образцов измерять влагосодержание в широком диапазоне. Возможно регулирование технологического процесса по данным измерения влагосодержания^{621, 622, 637}.

7. Хроматографический метод. Хроматографическое определение воды осуществимо либо прямым разделением смеси, либо на основе хроматографирования продуктов предварительно проводимой реакции соответствующих реагентов с водой. Первая возможность осуществима газо-жидкостным методом, который применяют для анализа смесей с высоким содержанием воды. Жидкой фазой служат полиэтиленгликоль на огнеупорном кирпиче⁶³⁸, тефлоне^{639, 643} или пористом стекле⁶⁴⁴, стеариновая или 12-оксистеариновая кислоты⁶⁴⁵ и диизооктилфталат на тефлоне⁶⁴⁶, тетраоксиэтилендиамин на хромосорбе⁵⁶². При определении воды по второму способу в качестве реагента рекомендованы CaC_2 ^{151, 639, 647–651}, LiAlH_4 ⁶⁵², NaAlH_4 ^{653, 654}, CaH_2 ^{639, 647, 655}, органические изоцианаты⁶⁴⁷, диметокси-2,2-пропан^{656–659} и тетраацетат свинца⁶⁶⁰. Анализ обра-

зующихся газов и органических жидкостей осуществляют методом абсорбционной или газожидкостной хроматографии.

Описаны следующие случаи определения воды: в бутане⁶³⁸, спиртах⁶⁶¹, смесях NH_3 с аминами и в смесях этилового и бутилового спиртов и карбоната аммония⁶⁴⁰, метаноле, этаноле, CH_3COOH ⁶⁴¹, пиридине^{641, 662}, жирных кислотах⁶⁴⁵, углеводородах^{151, 652, 646}, газах^{654, 663}, гидразине, монометил-, 1,1-диметилгидразинах, диэтилентриамине и их смесях^{562, 664}, смеси газов — H_2 , O_2 , N_2 , CH_4 и CO ⁶⁵¹, фармацевтических препаратах⁶⁶⁵, жидких олефинах, диеновых мономерх и некоторых кислородсодержащих соединениях^{653, 666}, ацетате натрия и медном купоросе (с предварительной экстракцией воды метанолом)⁶²⁴, смесях CH_3OH -альдегид^{644, 650}, продуктах производства $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ из изопропилбензола⁶⁶⁷, водах⁶⁶⁸, воды в лунной коре⁶⁶⁹.

Для определения воды в газах и гигроскопических жидкостях применен метод вакантохроматографии: используют влажный газ-носитель с содержанием воды больше, чем в анализируемом, что приводит к появлению отрицательных пиков на хроматограмме газа⁶⁷⁰.

8. *Некоторые другие методы.* При прохождении потока β - или γ -излучения через материал равномерной плотности в зависимости от влагосодержания наблюдается уменьшение интенсивности потока излучения. Это явление используют для количественной оценки влажности почв, строительных и сыпучих материалов, асфальтовой массы, древесины^{671, 672}, текстильных материалов⁶⁷³ и нефти⁶⁷⁴. Портативный прибор для этих целей описан в⁶⁷⁵.

Предложен новый способ определения воды в метаноле⁶⁷⁶ с применением криптонатов. В присутствии воды происходит выделение Kr ⁸⁵, который отгоняют током азота в счетную камеру и определяют количественно.

Описаны методы определения воды методом третьего компонента — радиоактивного вещества в кристаллогидратах^{677, 678}, фармацевтических препаратах⁶⁷⁹, кунжутном масле⁶⁸⁰, силикагеле и железных рудах⁶⁷⁸. После дейтерообмена можно провести масс-спектрометрическое измерение содержания воды в пигментах, искусственных и биополимерах⁶⁸¹.

На способности атомов водорода ослаблять поток быстрых нейтронов основан метод определения влажности^{10, 671}. На результаты измерений мало влияют солесодержание и плотность материала и не влияют температура и распределение влажности. Описаны измерения влажности нейтронным методом известкового сырья⁶⁸², бетона^{683, 684}, почвы⁶⁸⁴, древесины, песка, влажных солей^{685, 686}, ламповой сажи⁶⁸⁷. Сообщено^{688–690} о разработке нейтронного влагомера, работа которого не зависит от плотности материала.

В CH_3OH малые количества воды предложено определять ультразвуковым методом⁶⁹¹.

Очень малые количества воды предложено определять с помощью гиррофотографии. Освещенная светочувствительная пластинка (двойной комплексный иодид серебра и ртути) способна со временем восстанавливать свою окраску. Влага ускоряет этот процесс, что позволяет качественно и количественно определять ее в спиртах, лекарствах, почве и пр.^{692–697}.

Появилось несколько работ^{698–700} и проект стандарта⁷⁰¹ по определению влажности нефтепродуктов и реактивного топлива методом центрифугирования. Для определения H_2O в шламмах рекомендованы фильтры из стекловолокна⁷⁰².

Явление поглощения частицами воды радиоволн сантиметрового диапазона положено в основу определения влаги в полимерах⁷⁰³, пищевых

продуктах^{704, 705}, глине, песке, угле, табаке, удобрениях, масле⁷⁰⁵. Описание влагомеров производится в⁷⁰⁴⁻⁷⁰⁶.

Определение воды по гашению люминесценции 4-хлор-2-сульфобензальацетофенона в углеводородах описано в^{707, 708}.

Тепловые характеристики среды используют в качестве критериев для определения ее влагосодержания в капиллярно-пористых^{709, 710}, дисперсных и волокнистых⁷¹¹ материалах, в перхлорате магния⁷¹², серной кислоте⁷¹³, фтороуглеродах⁷¹⁴ и непредельных углеводородах⁷¹⁵.

Обзор методов определения воды с помощью физических и физико-химических методов анализа показывает, что они значительно расширяют возможности контроля и автоматизации производства, отличаются экспрессностью, а также весьма эффективны при изучении состояния воды в веществах различного агрегатного состояния.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дж. Митчел, Д. Смит, Акватметрия, Госиниздат, 1952.
2. A. S. Johnson, Chem. a. Ind., **1949**, 511.
3. R. Синео, Bull. Ecole Meunerie Belge, **13**, 134 (1951).
4. A. H. Ward, J. Inst. Fuel, **24**, 16 (1951).
5. D. Clamann, Osterr. Chem. Ztg., **54**, 165 (1963).
6. Д. И. Рябчиков, В. К. Беляева, Усп. химии, **24**, 240 (1955).
7. J. H. Thompson, Ind. Chemist, **34**, 451 (1958).
8. Z. Lada, Chem. Anal., Warswa, **1**, 235 (1956).
9. W. Lück, Arch. techn. Messen, **312**, 25 (1962).
10. W. Luck, Ztschr. fur Messen, Steuern, Regeln, **1960**, 341, 343, 535.
11. E. Eberius, Ztschr. analyt. Chem., **181**, 172 (1961).
12. A. Pande, C. S. Pande, Instrument Practice, London, **16**, 896, 988, 1104 (1962).
13. A. Pande, C. S. Pande, Lab. Pract., **12**, 432, 661, 741 (1963).
14. Humidity and Moisture: measurement and control in science and industry. Washington, Vol. 1—4 (1964).
15. Фунасака Ватару, Бунсэки кагаку, Japan Analyst, **13**, 818 (1964); РЖХим., **1965**, 4Г94.
16. E. E. Esher, J. Schaffer, Analys. Instrumentat, 1963. Pittsburg, Pa, Instrum. Soc. America, 1963, стр. 189.
17. В. И. Истомина, Зав. лаб., **29**, 568 (1963).
18. S. J. Broaddend, Automat. Progr., **1959**, № 6, 192.
19. Мурои Канамэ, Хёмен, **3**, 120 (1965); РЖХим., **1966**, 4Г89.
20. А. В. Карякин, А. В. Петров, Современные методы анализа, Изд. АН СССР, М., 1965, стр. 185.
21. H. J. Eisenbraut, Lebensmittel-Ind., **10**, 281 (1963).
22. А. Н. Брусинцов, Кандид. диссерт., Моск. фарм. ин-т, 1953.
23. D. Mala, V. Malichar, J. Maly, Farmacia, **24**, 2 (1955).
24. N. G. Gokhale, Assam. Rev. and Tea News, **45**, 87 (1955).
25. A. Bennett, J. R. Hudson, J. Inst. Brew., **60**, 29 (1954).
26. S. J. M. Pleeth, J. Inst. Petrol., **36**, 345 (1950).
27. Сато Йосисиге, Такахаши Тадао, Бунсэки кагаку, Japan Analyst, **9**, 456 (1960); РЖХим., **1960**, 96115.
28. Мурои Канамэ, Бунсэки кагаку, Japan Analyst, **11**, 351 (1962); РЖХим., **1963**, 3Г188.
29. A. F. Bennett, Refrig. Cold. Storage. Air Condit., **41**, 7087 (1947).
30. М. Мейтина, Аз. нефт. хоз-во, **1934**, № 3, 69.
31. T. J. Mitchell, Chem. a. Ind., **1950**, 751.
32. C. O. Willits, Analyt. Chem., **23**, 1058 (1951).
33. D. J. Drysdale, E. D. Lacy, J. Tarney, Analyst., **88**, 131 (1963).
34. Кимура Такаюсу, Асами Юсаку, Синку кагаку, Vacuum Chem., **11**, 198 (1963); РЖХим., **1964**, 14Г120.
35. M. E. Schulz, G. Mrowetz, Milchwiss., **8**, 93 (1953).
36. Нагахара Мирума, Бунсэки кагаку, Japan Analyst, **5**, 42 (1956); РЖХим., **1957**, 28974.
37. D. Rosu, Rev. ind. aliment. prod. anim., **1957**, № 7, 14.
38. Е. А. Никитина, А. С. Кокурина, ЖОХ, **23**, 1263 (1953).
39. C. Du. Rietz, Svensk Kem. tidskr., **69**, 310 (1957).
40. Б. Н. Филиппов, Гидролизная и лесохим. пром-сть, **1957**, № 5, 25.

41. T. Grzeczynski, *Przem. drzewny Golska*, **11**, № 11, 18 (1953).
42. R. J. Demint, A. F. Cucully, C. L. Hoiffauir, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **30**, 225 (1953).
43. W. Schäfer, W. Seibel, Muhle, **94**, 663 (1957).
44. T. A. Oxley, S. W. Pixon, R. W. Howe, *J. Sci. Food.*, **11**, 18 (1960).
45. M. E. Stedham, *Trans. Brit. Ceram. Soc.*, **57**, 381 (1958).
46. J. Ristici, S. Gal, G. Liptay, *Period polytechn. Chem. Engng.*, **7**, 21 (1963).
47. П. П. Голобородько, *Зав. лаб.*, **7**, 1304 (1938).
48. В. Е. Киселева, *Там же*, **6**, 555 (1937).
49. С. М. Кабанов, С. С. Васильев, А. М. Захаров, *Мед. пром-сть СССР*, **1966**, № 4, 39.
50. B. Loran, G. Pollak, *Fleischwirtschaft*, **45**, 1188 (1965).
51. M. S. Burns, D. J. Swaine, *Fuel*, **42**, 505 (1963).
52. А. И. Козко, А. А. Григорьев, *Труды Всес. проектно-констр. и н.-и. ин-та по обогащению и брикетир. углей*, **30**, 101 (1963).
53. Г. А. Кочарян, *Хлебопек. и кондит. пром-сть*, **1963**, № 4, 30.
54. H. R. Bolin, F. S. Nury, *J. Agric. Food Chem.*, **13**, 590 (1965).
55. A. F. Bennett, J. R. Hudson, *J. Inst. Brew.*, **60**, 35 (1954).
56. Харада, Нихон-сио гаккайси, *Bull. Soc. Salt., Japan*, **11**, 112, (1957); *РЖХим.*, **1958**, 24864.
57. Л. М. Канторович, Г. Т. Левченко, *Тр. Гос. н.-и. и проект. ин-та азотн. пром-сти*, **1957**, вып. 8, стр. 246.
58. A. Macdonald, J. S. Pomerooy, M. H. Gardner, *Amer. J. Clin. Path.*, **31**, 563 (1959).
59. P. Raaby, *Scand. J. Clin. Lab. Invest.*, **11**, 117 (1959).
60. И. Салганик, *Мукомол.-элеватор. пром-сть*, **9**, 14 (1956).
61. A. Guilbot, *Meunerie franc.*, **1957** (№ 122), 31.
62. F. Schierbaum, *Dtsch. Lebensmitt.*, **53**, 173 (1957).
63. L. Domange, S. Longuevalle, *Ann. Pharm. Franc.*, **11**, 530 (1953).
64. J. H. Caro, J. H. L. Marshall, *J. Assoc. Offic. Agric. Chem.*, **44**, 224 (1961).
65. N. Valli Castiglioni, *Ind. aliment.*, **4**, № 18, 65 (1965).
66. F. Radler, M. Grncarevic, *Food Technol. Austral.*, **16**, 732 (1964).
67. A. Maton, J. van de Vyver, *Brauwissenschaft*, **18**, 475 (1965).
68. И. И. Морачевский, Р. Б. Ангеницкая, Е. А. Чумакова, И. Г. Бушев, *Инж. физ. журнал*, **3**, 13 (1960).
69. British Standards Institution, B. S., 1428; part G2: 1957, 11 p.p.
70. Th. F. Mach, *Food Engng.*, **37**, 90 (1965).
71. М. Парлапански, *Химия и индустрия (Бълг.)*, **36**, 227 (1964).
72. A. Purr, *Fette und Seifen*, **56**, 1006 (1956).
73. K. Göhde, *Papier-Fabr.*, **37**, 320 (1939).
74. D. S. Binnington, W. F. Geddes, *Ind. Eng. Chem. (Anal. Ed.)*, **8**, 76 (1936).
75. A. Nazir, *Proc. Natl. Inst., India*, **7**, 79 (1941).
76. С. Г. Симонян, Н. Н. Долгополов, *Зав. лаб.*, **31**, 252 (1965).
77. Е. С. Хорошая, К. Д. Королькова, Ю. И. Кузнецова, Е. А. Ройтман, *Там же*, **29**, 239 (1963).
78. O. Vlachovský, *Stavivoj*, **37**, 295 (1959).
79. М. И. Тарасенко, Т. И. Буленков, *Сб. научн. работ Моск. фарм. ин-та*, **2**, 172 (1958).
80. G. Wirzing, *Ztschr. anal. Chem.*, **198**, 267 (1963).
81. A. C. Thomas, *Analyst*, **85**, 771 (1960).
82. Е. А. Гершкович, *Зав. лаб.*, **31**, 1541 (1965).
83. Export-Markt. *Electrotehn.*, **43**, № D3(34), 16 (1963).
84. J. F. Reith, D. A. Mossel, J. H. Van de Kamer, *Analyt. chim. acta*, **2**, 359 (1948).
85. F. Trussell, H. Diehl, *Analyt. Chem.*, **35**, 674 (1963).
86. M. M. Jakšić, B. A. Bulimbasić, *Kemija u industriji*, **12**, 447 (1963); *РЖХим.*, **1964**, 7Г118.
87. Sh. D. Christian, H. E. Affsprung, *Analyt. chim. acta*, **29**, 586 (1963).
88. J. P. Riley, H. P. Williams, *Mikrochim. acta*, **1959**, (4), 525.
89. J. P. Riley, *Analyst*, **83**, 42 (1958).
90. S. A. Reed, E. S. Funston, W. L. Bridges, *Analyt. chim. acta*, **10**, 429 (1954).
91. G. C. Le Compte, H. H. Lipp, *Amer. Dyestuff Reporter*, **38**, 484 (1949).
92. H. Döring, *Landwirtsch. Forsch.*, **16**, 221 (1963).
93. M. Dévényi, I. Kása, G. Liptay, *Magyar kém. lapja*, **18**, 291 (1963); *РЖХим.*, **1964**, 12Г131.
94. R. N. Evans, J. E. Devenport, A. G. Reyukas, *Ind. Eng. Chem. (Anal. Ed.)*, **11**, 553 (1939); **13**, 589 (1941).
95. S. Harel, A. Talmi, *Analyt. Chem.*, **29**, 1694 (1957).

96. W. R. Fetzer, Там же, **23**, 1062 (1951).
97. Е. Мышкин, Нефть, **1937**, № 12, 22.
98. A. W. Billitzer, Australien Chem. Inst. J. and Pract., **15**, 165 (1948).
99. A. W. Billitzer, Analyt. Chem., **25**, 533 (1953).
100. J. Tausz, H. Kumm, Chem. Rundschau, **6**, 320 (1953); Seifen-Öle-Fette-Wachse, **79**, 466 (1953).
101. B. Mihalik, J. Asbóth, Textil-Praxis, **11**, 897 (1956).
102. H. Davidge, Chem. a. Ind., **1957**, 1507.
103. T. Barr, J. I. Yarwood, Там же, **1957**, 803.
104. L. Hübschen, Ztsch. Lebensmittel Untersuchung und Forsch., **111**, 371 (1960).
105. S. N. Balasubrahmanyam, J. Chem. Educ., **37**, 475 (1960).
106. R. K. Siegfiedt, O. A. De Woody, Proc. Amer. Petrol. Inst. Sect., **40**, 416 (1960).
107. Б. В. Волков, Зав. лаб., **30**, 112 (1964).
108. Laoto Heimo, Suomen kem., **38** (9), В 188 (1965).
109. Jun. Matusdaira, Kaname Muroi, Japan Analyst., **8**, 429 (1959).
110. R. B. Trasler, Oil and Soap, **16**, 239 (1939).
111. R. B. Trasler, Ind. Eng. Chem. (Anal. Ed.), **12**, 509 (1939).
112. J. Terrier, Mitt. Geb. Lebensmitteluntersuchung und Hyg., **44**, 302 (1953).
113. H. Branderberger, H. Bader, Analyt. Chem., **33**, 1947 (1961).
114. N. O. Schmidt, L. F. Wiggins, R. D. E. Yearwood, Internat. Sugar J., **55**, 41 (1953).
115. K. Rauscher, O. Korn, Nahrung, **5**, 656 (1961).
116. W. A. Dewar, P. McDonald, J. Sci. Food Agric., **12**, 790 (1961).
117. Z. Lada, A. Rycerz-Komorowska, M. Brudnicka, Chem. Analit. (Polska), **6**, 565 (1961).
118. C. B. Jordan, V. O. Hatch, Analyt. Chem., **22**, 177 (1950).
119. Е. А. Драбкин, Газовая пром-сть, **1961**, № 7, 32.
120. Исигуро Мацумото, Якугаку дзасси, J. Pharmac. Soc. Japan, **75**, 1418 (1955); РЖХим., **1957**, 30907.
121. Б. М. Рыбак, Анализ нефти и нефтепродуктов, 1962, стр. 15.
122. В. С. Климова, Н. Д. Каторжнов, Г. И. Кудрявцев, А. В. Бесчастнов, Хим. волокна, **1963**, № 6, 64.
123. С. А. Чаркин, Медиц. пром-сть, **1959**, № 6, 44.
124. Стандартный метод Дина и Старка, ГОСТ 2477-44.
125. А. Г. Елицур, ЖОХ, **10**, 1981 (1940).
126. А. Г. Елицур, Ж. прикл. химии, **14**, 682 (1941).
127. А. Г. Елицур, ЖОХ, **14**, 924 (1944).
128. А. Г. Елицур, Изв. сектора платины, ИОНХ АН СССР, **22**, 149 (1948).
129. Г. М. Топтыгина, Ж. аналит. химии, **16**, 201 (1961).
130. А. Л. Гольдинов, В. И. Луковицкий, Г. Я. Малькова, Там же, **16**, 724 (1961).
131. Л. Г. Берг, Л. М. Громакова, Тр. Казанск. филиала АН СССР, сер. хим. наук, **1956** (3), 37.
132. П. А. Рыбаков, Т. Д. Лысенко, Хим. и технол. топлив. и масел, **1956**, № 7, 57.
133. М. М. Кусаков, И. А. Ландау, Н. М. Лубман, М. И. Шинко, Там же, **1958**, № 4, 55.
134. Т. Д. Лысенко, В. Г. Маланичев, Н. В. Огарева, М. Е. Тарарышкин, В. М. Туголуков, М. И. Шеңко, Там же, **1958**, № 8, 71.
135. Ю. И. Царлин, Сб. тр. Всес. н.-н. ин-та гидролиз. и сульфитно-спирт. пром-сти, **13**, 140 (1965).
136. Д. А. Алиев, Нефтепереработка и нефтехимия, научно-технич. сб. ЦНИИТЭИ Нефтегаза, **1963**, № 1, 25.
137. A. A. Sirotenko, Mikrochim. acta, **1955**, 917.
138. J. Krotký, Zpravod. VZLU, 1964, № 4, 31; РЖХим. **1966**, 5П279.
139. Гао Ли, Чжан Шу-сэнь, Чэй Юй-дэ, Юань-цзынэп, **1965**, № 4, 320; РЖХим., **1966**, 15Г142.
140. F. E. Harris, L. K. Nash, Analyt. Chem., **23**, 736 (1951).
141. ГОСТ 8287—57, Гидридаккальцевый метод.
142. J. Minczewski, J. Tromszyszynski, Przem. Chem., **11**, 147 (1955).
143. Н. И. Стогний, Ф. П. Дорош, Зав. лаб., **17**, 633 (1951).
144. Н. В. Кошкин, Н. М. Шрейнер, Тр. Ленингр. технол. ин-та пищев. пром-сти, **13**, 161 (1956).
145. Э. Д. Михлин, Зав. лаб., **23**, 1466 (1958).
146. S. R. Ellis, R. D. Garbett, H. N. Sadler, Ind. Chem., **35**, 498 (1959).
147. E. Kohl, Industrie, **53**, № 16, 15 (1953).
148. F. Reis, Energietechnik, DDR, **3**, 44 (1953).
149. F. Sikora, Nafta (Kraków), **10**, 61 (1954).
150. K. H. Obst, H. Malissa, Arch. Eisenhüttenw., **30**, 601 (1959).

151. H. S. Knight, F. T. Weiss, *Analyt. Chem.*, **34**, 749 (1962).
152. *Nat. Bur. Standards Techn. Wevs Bull.*, **49**, 45 (1965).
153. W. R. Coyne, *Am. pat.* 2866690 (30.12.1958); РЖХим., **1960**, 47463.
154. S. Dahl, *Mater. Res. and Stand.*, **5**, 446 (1965).
155. М. И. Карпман, Экспресс-метод определения влаги в несylпучих материалах с помощью CaC_2 , Казань, 1957.
156. В. П. Шаталов, *Синтетич. каучук*, **5**, 31 (1936).
157. А. В. Соколов, Н. К. Михайлян, Г. Ф. Коротаева, *Зав. лаб.*, **23**, 800 (1957).
158. M. Singliar, J. Zubák, *Chem. průmysl.*, **6**, 426 (1956).
159. A. Ady, L. Hunyady, *Fette, Seifen, Anstrichmittel*, **58**, 768 (1956).
160. H. Grüss, *Elektrotech. Z.*, **14**, 6 (1962).
161. R. G. Larson, *Ind. Eng. Chem. (Anal. Ed.)*, **10**, 195 (1938).
162. J. Shapiro, H. G. Weiss, *J. Phys. Chem.*, **57**, 219 (1953).
163. E. Bonauguri, G. Seniga, *Ztschr. analyt. Chem.*, **144**, 161 (1954).
164. E. Bonauguri, *Ann. Chimica*, **45**, 805 (1955).
165. W. Schmid, *Lab. Prax.*, **16**, 2 (1964).
166. В. А. Циркуль, *Зав. лаб.*, **24**, 903 (1958).
167. E. Eberius, *Ztschr. Analyt. Chem.*, **137**, 81 (1952).
168. A. Johanson, *Analyt. Chem.*, **28**, 1166 (1956).
169. W. Seaman, H. W. McComas, G. A. Allen, *Там же*, **21**, 510 (1949).
170. T. Canbeack, *Pharmac. Belgique, N. S.*, **7**, 391 (1952).
171. A. R. Martin, A. C. Lloyd, *J. Amer. Oil Chem. Soc.*, **30**, 594 (1953).
172. J. G. van Pelt, H. Keuker, *Chem. Weekbl.*, **51**, 97 (1955).
173. E. Eberius, W. Kowalski, *Chemiker Ztg.*, **81**, 75 (1957).
174. E. D. Peters, J. L. Jungnickel, *Analyt. Chem.*, **27**, 450 (1955).
175. E. Brochmann-Hanssen, Ph. Pong, *J. Amer. Pharmac. Assoc.*, **41**, 177 (1952).
176. Мурои Канамэ, Японск. пат., кл. 113A2 № 2598 (8.12.1960, опубл. 26.03.1963); РЖХим., **1964**, 17Г11П.
177. E. Eberius, H. Bohnes, *Ztschr. analyt. Chem.*, **168**, 330 (1959).
178. R. Belcher, T. S. West, *J. Chem. Soc.*, **1953**, 1772.
179. J. H. Van Der Meulen, *Англ. пат.* 728947 (27.4.1955); РЖХим., **1957**, 31047.
180. J. Majewska, *Chem. analit. (Polska)*, **9**, 373 (1964).
181. Z. Lada, K. Malinowska, *Там же*, **3**, 663 (1958).
182. Aktiebolaget Pharmacia, *Англ. пат.* 722983 (20.2.1955); *С. А.*, **49**, 12204b (1955).
183. E. Blomgren, H. Jenner, *Ам. пат.* 2780601 (5.02.1957); РЖХим., **1958**, 53480.
184. E. Blomgren, H. Jenner, *Швед. пат.* 174429 (28.02.1961) (AB Pharmacia) РЖХим., **1961**, 19Д116.
185. E. Eberius, W. Kowalski, *Ztschr. analyt. Chem.*, **150**, 13 (1956).
186. L. Doražil, *Chem. průmysl.*, **7**, 362 (1957).
187. A. C. Shead, *Analyt. Chem.*, **24**, 1451 (1952).
188. V. G. Jensen, *Densk. tidsskr. farmaci*, **29**, 77 (1955).
189. C. G. Scott, *Analyst*, **76**, 237 (1951).
190. R. W. Sneed, R. W. Altman, J. S. Mosteller, *Analyt. Chem.*, **26**, 1018 (1954).
191. J. Mitchell, *Там же*, **23**, 1069 (1951).
192. J. V. Karabinos, G. E. Bartels, A. T. Ballum, *Chemist-Analyst*, **43**, 37 (1954).
193. J. S. Wiberley, *Analyt. chem.*, **23**, 656 (1951).
194. H. P. Kaufmann, *Pharmaz. Zentralhalle*, **91**, 379 (1952).
195. V. G. Jensen, *Dansk Tidsskr. Farmaci*, **26**, 145, 170 (1952); **30**, 133 (1956).
196. R. Y. Meekheim, J. N. Roark, *Analyt. Chem.*, **25**, 348 (1953).
197. E. Eberius, W. Kowalski, *Ztschr. Erzbergbau Metallhüttenwesen*, **7**, 229, 339 (1954).
198. L. Barnes, мл., M. S. Pawlak, *Analyt. Chem.*, **31**, 1875 (1959).
199. E. E. Archer, H. W. Jeater, *Analyst*, **90**, 351 (1965).
200. J. H. Van Der Meulen, *Chem. Weekbl.*, **47**, 608 (1951).
201. E. Fischer, *Angew. Chem.*, **64**, 592 (1952).
202. J. Michaelis, *Pharmazie*, **13**, 740 (1958).
203. J. Hochmann, *Tavközlesi kulato int. közl.*, **9**, 53 (1964).
204. E. Eberius, монография к *Angew. Chemie Chemie-Ingenieur-Techni*, № 65, Weinheim (Bergstr., 1958).
205. R. L. Menville, S. R. Henderson, *Analyt. Chem.*, **25**, 840 (1953).
206. H. Sobel, *Там же*, **25**, 1576 (1953).
207. I. B. Whithum, B. F. Goodrich, *Там же*, **23**, 209 (1951).
208. H. A. Scropp, C. P. Evans, *Там же*, **28**, 143 (1956).
209. K. A. Connors, T. Higuchi, *Chemist-Analyst*, **48**, 91 (1959).
210. A. E. Hawkins, *Analyst*, **89**, 432 (1964).
211. *Farmaco Ed. prat.*, **8**, 11 (1953).

212. R. W. Freedman, *Analyt. Chem.*, **31**, 1287 (1959).
213. K. G. Stone, H. G. Scholten, Там же, **24**, 671 (1952).
214. R. Dalbert, J. Tranchart, *Chim. et Ind.*, **61**, 457 (1949).
215. J. Haslam, D. C. M. Squirrell, *Analyst*, **82**, 511 (1957).
216. Б. С. Гухман, Б. И. Петров, Т. И. Яковлев, Зав. лаб., **14**, 646 (1948).
217. В. Г. Гимпельсон, А. В. Казаков, В сб. Автоматизация хим. и нефтехим. произв. М., 1965, вып. 4, стр. 54.
218. Д. В. Гурвич, В. А. Баландина, Н. И. Бричкин, М. П. Носкова, В. И. Маликов, Пласт. массы, **1961**, № 11, 39.
219. *Chem. Process (Engl.)*, **11** (11), 36 (1965).
220. A. Campiglo, *Farmaco. Ed. scient.*, **20**, 570 (1965).
221. R. H. Prince, *Analyst*, **78**, 607 (1953).
222. D. E. Campbell, *Analyt. Chem.*, **25**, 203 (1953).
223. C. A. McCauley, W. J. Gresham, Там же, **27**, 1847 (1955).
224. F. Oheme, *Chem. Techn.*, Berlin, **9**, 340 (1957).
225. J. Kováč, *Chem. Zvesti*, **11**, 432 (1957).
226. E. H. Unger, A. G. Herzog, *Analyt. Chem.*, **30**, 157 (1958).
227. F. B. Waddington, *Lab. Practice*, **8**, 275 (1958).
228. A. F. Pyrah, R. S. Robertson, *J. Inst. Petrol.*, **45**, 316 (1959).
229. Мурои Канамэ, Бунсэки кагаку, *Japan Analyst*, **12**, 858 (1963); РЖХим., **1964**, 22Г91.
230. *Chim. analyt.*, **42**, 252 (1960).
231. Philips Serv. Sci. a. Ind., **11**, 38, 39, 40 (1964).
232. G. Hesse, W. Herb, *Chem. Techn.*, **15**, 690 (1963).
233. Analmatic (B. T. L.), **40**, 236 (1965); РЖХим., **1966**, 5Д17.
234. A. Dirschel, F. Erne, *Mikrochim. acta*, **49**, 794 (1962).
235. K. Praeger, *Chem. Techn.*, **7**, 480 (1955).
236. M. Vašta, *Chem. Listy*, **52**, 763 (1958).
237. H. J. Francis, мл., P. O. Sawjer, *Mikrochem. J.*, **8**, 139 (1964).
238. А. М. Львов, В. А. Климова, А. И. Палий, Ж. аналит. химии, **19**, 1366 (1964).
239. H. Grus, *Erdöl und Kohle*, **17**, 630 (1964).
240. G. Nemitz, *Chemiker-Ztg.*, **83**, 364 (1959).
241. J. D. Ponting, D. H. Taylor, *Chemist-Analyst*, **54**, 123 (1965).
242. G. A. Rechnitz, K. Strinivassan, *Ztschr. analyt. Chem.*, **210**, 9 (1965).
243. P. A. Schaffer, мл., A. Briglo, мл., J. A. Brockmann, мл., *Analyt. Chem.*, **20**, 1008 (1948).
244. E. Barendrecht, *Nature*, **183**, 1181 (1959).
245. A. S. Meyer, мл., C. M. Boyd, *Analyt. Chem.*, **31**, 215 (1959).
246. F. Oheme, Пат. ФРГ 1086918 (2.02.1961); РЖХим., **1962**, 12Д153.
247. E. Barendrecht, J. G. F. Doornekamp, *Ztschr. analyt. Chem.*, **186**, 176 (1962).
248. R. F. Swensen, D. A. Keyworth, *Analyt. Chem.*, **35**, 863 (1963).
249. Голл. пат. 94380 (16.05.1960); РЖХим., **1961**, 6Е101.
250. M. Příbyl, Z. Slovák, *Mikrochim. acta*, **1964**, 1097.
251. M. R. Lindbeck, H. Freund, *Analyt. Chem.*, **37**, 1647 (1965).
252. Ясумори Йосикадзу, Икава Масао, Нодзава Ясухино, Бунсэки кагаку, *Japan Analyst*, **14**, 871 (1965); РЖХим., **1966**, 13Г100.
253. H. W. Hodgson, J. H. Glover, *Analyst*, **77**, 74 (1952).
254. М. М. Райнес, Зав. лаб., **14**, 284 (1948).
255. Н. С. Николаев, И. Ф. Аленчикова, Там же, **24**, 418 (1958).
256. J. Mitchell, мл., L. R. Kangas, W. Seaman, *Analyt. Chem.*, **22**, 484 (1950).
257. M. L. Moberg, W. P. Knight, H. M. Kingsvater, Там же, **28**, 412 (1956).
258. E. A. Burns, R. F. Murasa, Там же, **35**, 1967 (1963).
259. E. A. Burns, R. F. Murasa, Там же, **34**, 848 (1962).
260. J. O. Hibbits, Z. Zucker, Там же, **26**, 1093 (1954).
261. C. Whalley, *J. Oil a. Colour Chem. Assoc.*, **36**, № 391, 20 (1953).
262. W. H. Goff, W. S. Palmer, R. F. Huhndorff, *Analyt. Chem.*, **20**, 344 (1950).
263. C. L. Rulfs, *Mikrochem. verein, Mikrochim. acta*, **33**, 338 (1948).
264. R. Dalbert, J. Tranchant, *Chem. et ind.*, **68**, 871 (1952).
265. L. Giuffré, *Chim. e ind.*, **64**, 51 (1964).
266. H. Brinztinger, R. Haug, G. Sachs, *Farbe u. Lack*, **60**, VI, 59 (1954).
267. E. Stock, H. Hessling, *Dtsch. Farben-Ztschr.*, **1955**, 76.
268. Ch. B. Jordan, *Analyt. Chem.*, **36**, 424 (1964).
269. I. Johnston, E. J. Smith, *Chem. a. Ind.*, **1964**, 315.
270. K. D. Schubert, *Bergakademie*, **17**, 359 (1965).
271. M. S. Bloom, L. W. Lord, Англ. пат. 1021745 (1.10.1963); *Anal. Abstr.*, **1966**, 3885.
272. G. Cloetens, *Explosifs.*, **17**, 50 (1964).

273. Е. П. Землякова, ЖОХ, **26**, 2687 (1956).
274. Г. Д. Глебова, Г. Н. Кошелева, Тр. Всес. н.-и. ин-та химич. реактивов, 1958, вып. **22**, стр. 115.
275. O. Frehden, S. Petroianu, Rev. chim. (RPR), **16**, 223 (1965); РЖХим., 1966, 13Г97.
276. A. H. Laurene, Analyt. Chem., **24**, 1496 (1952).
277. P. T. Chiang - I., W. Ch. Cooper, Там же, **35**, 1693 (1963).
278. W. Vauck, K. H. Kallies, Textil- u. Faserstofftechn., **5**, 574 (1955).
279. U. Büttner, Chemie für Labor. und Betrieb., **13**, 493 (1962).
280. L. N. Gard, R. C. Butler, Analyt. Chem., **26**, 1367 (1954).
281. I. W. Compton, L. M. Liggett, J. Amer. Oil Chem. Soc., **28**, 81 (1951).
282. E. Eberius, Angew. Chem., **64**, 195 (1952).
283. O. Ružicka, Chem. Průmysl., **4**, 464 (1954).
284. О. Я. Скочилова, Э. Х. Рудь, Зав. лаб., **24**, 816 (1958).
285. N. H. Hulme, A. Osol, J. Amer. pharm. Assoc., sci Edit., **39**, 471 (1950).
286. U. Biermacher, A. M. Mattocks, Bull. Natl. Formulary Comm., **18**, 142 (1950).
287. D. Thorn, C. L. Huyck, Drug Standards, **21** (11—12), 199 (1953).
288. A. Llopis, Galénica acta, **8**, 89 (1955).
289. K. F. Sporek, Analyst, **81**, 728 (1956).
290. K. G. Krebs, J. Matern, Krankenhaus-Apotheker, **7** (4), 29 (1957).
291. K. G. Krebs, J. Matern, Deutsch. Apoth. Ztg., **97**, 51 (1957).
292. G. F. Fellers, J. P. Messerly, Chem. Process (USA), **28** (8), 88 (1965).
293. H. Hellberg, Farmac. Rev., **49**, 287 (1950).
294. H. A. Frediani, Analyt. Chem., **24**, 1126 (1952).
295. K. M. Probst, Там же, **20**, 939 (1948).
296. A. M. Ille, Ind. aliment., **16**, 303 (1965); РЖХим., 1966, 7Р483.
297. Л. Н. Перухова, В. А. Фоменко, Азерб. хим. ж., **6**, 121 (1961).
298. G. Wohlleben, Angew. Chem., **67**, 741 (1955).
299. E. L. Bastin, S. Siegel, A. B. Bullock, Analyt. Chem., **31**, 467 (1959).
300. R. Dalbert, J. Tranchant, Mem. artill. frans., **3**, 611 (1953).
301. O. T. Aeppli, W. S. McCarter, Ind. Eng. Chem., (Anal. Ed.), **17**, 316 (1945).
302. G. Salvi, C. Siniramed, Riv. combust., **4**, 94 (1950).
303. W. S. Hanna, A. B. Johnson, Analyt. Chem., **22**, 555 (1950).
304. H. Grüss, W. Heineke, Erdöl und Kohle, **14**, 714 (1961).
305. H. Kawinski, Там же, **14**, 271 (1961).
306. J. Schobert, W. Strittmatter, Bull. Schweiz. electrotechn. Vereins, **55**, 471 (1964).
307. R. A. Fulton, R. P. Gelardo, Soap and Sanit Chemicals, **29**, 145, 147, 159, 161 (1953).
308. A. L. Linch, Analyt. Chem., **23**, 293 (1951).
309. K. Muroi, K. Ogawa, Bull. Chem. Soc. Japan, **36**, 965 (1963).
310. V. W. Reid, L. Turner, Analyst, **86**, 36 (1961).
311. C. F. Roth, J. Jr. Mitchell, Analyt. Chem., **28**, 1502 (1956).
312. G. B. Levy, J. Galdas, D. Fergus, Там же, **24**, 1799 (1952).
313. K. Kumefat, G. Demmler, Milchwiss., **4**, 111 (1949).
314. E. Eberius, W. Kempf, Stärke, **9**, 77 (1957).
315. H. Scholz, Leder, **3**, 218 (1952).
316. R. Allegrini, Cuoio-Pelli-Moter. cocianti, **28**, 409 (1953).
317. I. A. Sagoschen, E. Mantzell, Leder, **3**, 213 (1952).
318. K. Györbiró, Élelm. ipar., **8**, 139 (1954).
319. J. R. Hart, M. H. Neustadt, Cereal Chem., **34**, 26 (1957).
220. A. Aqster, M. Wandel, Melliand, Textilber., **38**, 1411 (1957).
321. J. Haslam, M. Clasper, Analyst, **77**, 413 (1952).
322. A. L. Draper, W. O. Milligan, Texas J. Sci., **2**, 209 (1950).
323. A. Bryson, W. F. Pickering, J. Inst. Fuel, **26**, 28 (1952).
324. K. Muroi, K. Ogawa, Bull. Chem. Soc. Japan, **36**, 1278 (1963).
325. R. L. Halmes, J. C. Minor, R. S. McKinner, J. Amer. Oil Chem. Soc., **29**, 425 (1952).
326. J. J. Ghyssen, H. P. Suykerbruyk, Chem. Weekbl., **46**, 474 (1950).
327. J. J. Ghyssen, H. P. Suykerbruyk, Int. Sugar. J., **52**, 390 (1950).
328. E. Abramson, Mitt. Geb. Lebensmittelunters. u. Hyg., **44**, 468 (1953).
329. A. Kentel, A. Barreveld, Chem. Weekbl., **46**, 833 (1950).
330. K. G. Gloman, E. Baker, M. D. Reisner, J. Agric. Food Chem., **2**, 1239 (1954).
331. D. Sandell, J. Sci. Food Agric., **11**, 671 (1960).
332. J. Hampl, V. Rašper, Sb. Vys. Sk. Chem.-Technol., Odd. Fak. Potravn. Technol., **4**, part 2, 365 (1960).
333. L. Barnes, мл., M. S. Pawlak, Analyt. Chem., **31**, 1875 (1959).
334. Н. К. Михайлян, А. В. Соколов, Г. А. Седова, Зав. лаб., **29**, 1058 (1963).

335. Мурон Канамаэ, Огава Кунихико, Исии Яэко, Бунсэки кагаку, Japan Analyst, **12**, 963 (1963); РЖХим., **1964**, 12Г234.
336. F. Fischer, R. Schiene, Ztschr. Chem., **4**, 69 (1964).
337. Р. И. Алексеев, Л. Т. Позднякова, Зав. лаб., **30**, 533 (1964).
338. F. X. Pollio, Analyt. Chem., **35**, 2164 (1963).
339. J. Majewska, A. Ogorzalek, Chem. analit. (Polska), **10**, 491 (1965).
340. J. J. Sciarra, Paint Varn. Prod., **54** (12), 51 (1964); **55**, (1) 63 (1965); Anal. Abstr., **13**, 3670 (1966).
341. J. Györe, G. Szilágyi, I. Simon, M. Barkics, Magyar. Kém. folyóirat, **72**, 7 (1966); РЖХим., **1966**, 23, Г238.
342. Мурон Канамаэ, Огава Кунихико, Исии Яэко, Бунсэки кагаку, Japan Analyst, **14**, 649 (1965); РЖХим., **1966**, 7Р240.
343. Muroi Kaname, Ogawa Kunihiro, Ishii Jacko, Bull. Chem. Soc. Japan, **38**, 1176 (1965); РЖХим., **1966**, 7Г239.
344. H. Gilman, L. S. Miller, J. Am. Chem. Soc., **73**, 2367 (1951).
345. W. T. Grubb, Там же, **76**, 3408 (1954).
346. R. C. Smith, G. F. Kellum, Analyt. Chem., **38**, 67 (1966).
347. Ю. С. Ходаков, А. М. Львов, Зав. лаб., **32**, 678 (1966).
348. С. Capitani, E. Milani, Chim. e ind., **36**, 177 (1954).
349. А. Н. Король, Н. Б. Знаменская, Л. Р. Лосев, Зав. лаб., **25**, 1305 (1959).
350. Мурон Канамаэ, Бунсэки кагаку, Japan Analyst, **10**, 847 (1961); РЖХим., **1962**, 14Д137.
351. Т. Б. Бейдер, Зав. лаб., **31**, 1327 (1965).
352. F. G. Allenbaugh, Intern. Enamelist, **14** (3), 15 (1964).
353. Ф. М. Рапопорт, Тр. Гос. н.-и. и проектн. ин-та азотн. пром-сти, 1954, вып. 3, 214.
354. D. M. Smith, W. M. Bryant, J. Am. Chem. Soc., **57**, 841 (1935).
355. H. Levin, K. Uhrig, F. M. Roberts, Ind. Eng. Chem. (Anal. Ed.), **17**, 212 (1945).
356. I. Jordan, W. R. Fischer, Ztschr. analyt. Chem., **168**, 182 (1959).
357. B. Lóránt, Élelmiszervizsg. közl., **7**, 194 (1961).
358. B. Lóránt, Там же, **7**, 77 (1961).
359. B. Lóránt, G. Pollak, Brennstoff-Chemie, **46**, 373 (1965).
360. Л. М. Литвиненко, Д. М. Александрова, Г. Д. Тицкий, Е. Г. Проценко, Ж. аналит. химии, **21**, 200 (1966).
361. Л. М. Литвиненко, Е. С. Рудаков, А. И. Кириченко, Кишетка и катализ, **3**, 651 (1962).
362. R. Belcher, I. H. Thompson, T. S. West, Analyt. chim. acta, **19**, 148 (1958).
363. R. Belcher, L. Ottendorfer, T. S. West, Talanta, **4**, 166 (1960).
364. M. N. Das, J. Indian Chem. Soc., **34**, 248 (1957).
365. J. A. Barltrop, K. J. Morgan, Analyt. chim. acta, **16**, 520 (1957).
366. В. С. Маркевич, Ж. аналит. химии, **21**, 1143 (1966).
367. M. Pesez, Bull. Soc. chim. France, **15**, 1108 (1948).
368. J. H. Simons, E. M. Kipp, Ind. Engng. Chem. (Anal. Ed.), **13**, 328 (1941).
369. J. Griswold, M. E. Klecka, R. V. D. West, Там же, **18**, 696 (1946).
370. O. Harth, W. Kreienberg, D. Mertzt, Klin. Wochenschr., **31**, 905 (1953).
371. С. И. Спиридонова, Изв. вузов, Химия и хим. технолог., **4**, 186 (1961).
372. С. И. Спиридонова, Докт. диссерт., Гос. ун-т, Саратов, 1948.
373. K. F. Jahr, J. Fuchs, Naturforsch., **145**, 471 (1959).
374. K. F. Jahr, J. Fuchs, Ztschr. analyt. Chem., **176**, 269 (1960).
375. J. Koskikallio, Suomen kem., **30**, B108 (1957).
376. M. Usanovich, Acta Ph., **7**, 467 (1937).
377. М. Усанович, П. Меренков, Вестник Уз. ФАН, **4**, 30 (1941).
378. L. Nebbia, B. Pagani, Chim. e ind., **39**, 5 (1957).
379. G. Monnier, Ann. Chem., **2**, 14 (1957).
380. Chem. Process (Engl.), **9**, (11), 36 (1963).
381. Д. Н. Тарасенков, Е. Н. Положинцева, ЖОХ, **2**, 84 (1932).
382. C. Sälceanu, C. r., **261**, 4403 (1965); РЖХим., **1966**, 15Г225.
383. K. Haedicke, Wiss. Z. Hochschule Bauwesen Leipzig, **1960**, № 6, 15.
384. В. М. Кац, Сахарн. пром-сть, **1953**, № 6, 17.
385. А. Я. Петровская, Ю. В. Михайловский, Инж.-физ. ж., **1960**, № 6, 99.
386. М. Buriánková, A. Maly, V. Rašper, Listy Curkovarnické, **77**, 90 (1961).
387. A. Brehm, Ztschr. analyt. Chem., **187**, 274 (1962).
388. Л. Г. Афанасьева, Тр. по химии и хим. технологии (Горький), 1959, вып. 3, 615.
389. F. Langen, Zucker, **6**, 99 (1953).
390. Б. Б. Ершов, В. П. Рябов, Л. Е. Кочеров, Зав. лаб., **31**, 887 (1965).
391. W. Seaman, A. R. Norton, J. Jr. Hugonet, Ind. Eng. Chem. (Anal. Ed.), **15**, 322 (1943).
392. J. H. Higgins, J. Scient. Instrum., **36**, 300 (1959).

393. M. Lorient, Chem. Rundschau, 17, 519 (1964).
394. М. В. Венедиктов, Н. М. Рудный, В сб. Тепло- и массообмен в дисперсных системах, Минск, «Наука и техника», 1965, стр. 142.
395. И. К. Петров, Л. Е. Шавгулидзе, Авт. свид. СССР, 126658 (1.3.1960).
396. Цянь Хэн-шу, Цзяньчжу, Jianzhu, 1964, № 23, 20; РЖХим., 1965, 22Г89.
397. W. Dippel, Arch. techn. Messen, 1965, 265.
398. R. A. Collacott, Osterr. Chem.-Ztg., 64, 267 (1963).
399. O. G. Griffin, C. M. Stringfield, J. Scient. Instrum., 41, 241 (1964).
400. Е. А. Коленко, Зав. лаб., 31, 1146 (1965).
401. Ed. Rey, Chem. Rundschau, 12, 480 (1959).
402. W. Pappas, Analyt. Chem., 36, 1885 (1964).
403. В. П. Савинов, Научн. тр. Ленингр. ин-та точной механики и оптики, 1959, вып. 37, 108.
404. K. Guthmann, Elektrotechn. Ztschr. (ETZ), A-75, № 9, 316 (1954).
405. R. Hess, Пат. ФРГ, кл. 42 1,9/50 (G. O., In), № 1085354 (заявл. 10.4.1958, опубли. 18.10.1962); РЖХим., 1964, 9Д81П.
406. R. Hess, Пат. ФРГ № 1082067 (14.6.1962); РЖХим., 1964, 2Д62П.
407. P. T. John, Indian J. Pure Appl. Phys., 1, 392 (1963).
408. P. Weuthen, Glas.-Instrum.-Techn., 8, 767 (1964).
409. И. В. Крючков, Инж.-физ., 1, 16 (1958).
410. Instruments and Control Systems, vol. 37, № 10, г. 1, 1964, стр. 121.
411. Р. Р. Фрейдель, в сб. Теплоэнергетические и химико-технол. приборы и регуляторы, Машгиз, М.-Л., 1959, стр. 125.
412. Г. И. Ельцов, Изв. вузов, Пищев. техн., 1965, № 4, 144.
413. F. Oehme, Chem. Rundschau, 13, 309 (1960).
414. F. Oehme, Dielektrische Messmethoden zur quantitativen Analyse und für chemische Strukturbestimmungen, Verlag Chemie, Weinheim, 1958.
415. F. Oehme, Erdöl und Kohle, 12, 623 (1959).
416. Ю. Ф. Дейнега, А. В. Думанский, О. Д. Куриленко, Коллоидн. ж., 15, 361 (1953).
417. F. Oehme, Chem. Technik, 7, 704 (1955).
418. R. Honorat, Ind. Pétrol, 30, 30 (1962).
419. C. Guyot, Onde électr., 33, 421 (1953).
420. Б. П. Воинов, Тр. ВНИИТБ, Нефтеиздат, Баку, 1953, вып. 6, 52.
421. К. Гийо, IV Междуна. нефтяной конгресс, М., 1956, т. 6, 376.
422. C. Guyot, Fourth World Petrol. Congress. Rome, 1955. Proceedings. Sect. V/E; p. 391.
423. Р. Магарил, За технич. прогресс (бюлл. техн. информации техсовета и НТО, Саратов, НПЗ), 1958, стр. 9.
424. Ю. Ю. Самитов, Т. В. Горешина, Уч. записки Казанск. ун-та, 1956, 116, кн. 1, стр. 127.
425. И. Ю. Клугман, Зав. лаб., 31, 899 (1965).
426. Л. Г. Овчинников, А. Ф. Поцелуев, Ю. В. Бурденко, Ав. свид. СССР, кл. 42 1,9/51; (G 01п) № 178569 (заявл. 23.01.1964, опубли. 4.03.66).
427. R. S. Wood, Oil and Gas. J., 56 (49), 102 (1958).
428. Н. В. Weisbecker, Там же, 53 (24), 118 (1954).
429. A. J. Hond, Contr. Engng., 9, 139 (1962).
430. А. А. Абдулаев, В. Г. Аванесян, А. И. Владимирский, Б. Э. Кулиев, Азерб. нефт. хоз-во, 1963, 16, 38.
431. R. D. Weaver, G. C. Whitnack, E. St. C. Gantz, Analyt. Chem., 28, 329 (1956).
432. P. W. West, P. Senise, T. S. Burkhalter, Там же, 28, 1250 (1952).
433. F. Oehme, Angew. Chem., 71, 572 (1959).
434. A. P. Altschuller, J. Chem. Phys., 21, 562 (1953).
435. P. H. Byrne, C. P. Brockett, Analyt. Chem., 28, 1207 (1956).
436. C. W. Wolfe, Там же, 35, 1884 (1963).
437. F. Oehme, Chem.-Ing.-Technik, 30, 521 (1958).
438. T. Szalay, L. Várallyai, E. Porzsoit, Magyar. Kem. folyóirat., 71, 502 (1965).
439. H. W. vander Merel, Soil Science, 87, 105 (1959).
440. M. Apperloo, Elektronika, 9 (201), 81 (1956).
441. Р. И. Венедиктова, И. В. Власенко, Зав. лаб., 30, 1332 (1964).
442. Томокадзу Араи, Бундзиро Итидзе, Кэйсоку то сэйге, J. Soc. Instrum. and Control. Engrs. 3, 195 (1964); РЖХим., 1965, 3Г105.
443. F. Oehme, Ztschr. analyt. Chem., 167, 271 (1959).
444. J. Sverak, Там же, 184, 349 (1961).
445. F. Oehme, Naturforsch., 14b, 779 (1959).
446. E. Divernoy, Brouwelt, B96, 1173 (1956).
447. A. Fritz, E. Ułonska, W. Lenz, Brauwissenschaft., 18, 7 (1965).

448. J. Bourciez, *Electronique industrielle*, **1959**, № 24, 15.
449. Н. В. Микულიн, *Изв. ВТИ*, **1949**, № 4, 11.
450. H. Jäger, *Landtechn. Forsch.*, **7**, 173 (1957).
451. J. L. Shaw, *Англ. пат.* 709177 (4.11.1952).
452. V. Dukát, *Průmysl Potravin*, **10**, 290 (1959).
453. А. И. Шукин, А. Е. Бандземадзе, *Табак*, **1961**, № 3, 50.
454. П. Пошов, Н. Ивенов, *Бълг. тютюн*, **1962**, № 1, 19.
455. А. З. Кулищенко, А. С. Харитонов, Н. А. Гридин, *Кокс и химия*, **1962**, № 9, 16.
456. W. Krolorp, A. Grott, *Przegl. papiern.*, **18**, 222 (1962).
457. В. Г. Евдокимов, В. И. Петыгин, *Приборостроение*, **1963**, № 1, 19.
458. В. И. Ермаков, Е. В. Латышев, Ф. И. Антропцев, *Зав. лаб.*, **31**, 889 (1965).
459. S. Stoicovici, *Automat. si electron.*, **8**, 280 (1964).
460. J. Majewski, *Pomiary, automat., kontrola*, **6**, 20 (1960).
461. А. П. Грищенко, Н. М. Братасюк, *Измерит. техника*, **1964**, № 2, 30.
462. А. И. Иоффе, А. А. Уверский, В. В. Гавеля, *Зав. лаб.*, **31**, 1212 (1965).
463. J. Stefania, J. Kleps, St. Wosiek, *Chem. analit (Polska)*, **10**, 1369 (1965).
464. F. Ohme, *Farbe und Lack*, **66**, 142 (1960).
465. *Inds aliment*, **76**, 627 (1959).
466. J. Sargent, *Rev. Scient. Instrum.*, **30**, 348 (1958).
467. W. S. Parras, *Analyt. Chem.*, **38**, 615 (1966).
468. В. С. Нелюдов, *Химия и технол. топлив и масел*, **1961**, № 1, 67.
469. А. Ф. Гусакова, *Вестн. техн. и эконом. информ. НИИТЭХИМ*, **1963**, № 1, 25.
470. М. А. Берлинер, *Электрические методы и приборы для измерения и регулирования влажности*, Госэнергоиздат, М.-Л., 1960, стр. 310.
471. D. J. Fraade, *Mesures et contrôle industr.*, **27**, 473 (1962).
472. R. F. Wall, *Ind. Eng. Chem.*, **50** (6), 69A (1958).
473. D. J. Fraade, *Process Control and Automat.*, **8**, 332 (1961).
474. В. И. Корчагин, С. А. Гинзбург, А. А. Финько, И. В. Давыдов, Д. А. Лавринович, *Нов. нефт. и газов. техн. ГОСИНТИ, сер. нефтепереработка и нефтехимия*, **1962**, № 6, 39.
475. Г. И. Лесков, Е. Е. Фломина, *Зав. лаб.*, **24**, 1155 (1958).
476. В. А. Комаров, *Авт. свид. СССР*, 51904 (1937).
477. L. Speel, *Erdöl Ztschr. Bohr- und Fordertechnik*, **74**, 366 (1958).
478. В. И. Истомин, *Нефтян. и газовая пром-сть*, **1962**, № 1, 49.
479. С. К. Нансcock, B. L. Burdick, *Soil Sci.*, **83** (3), 137 (1957).
480. M. F. Bervers, S. J. Shimanski, E. F. Timpane, *Electr. Eng.*, **74**, 416 (1955).
481. C. W. Holt, R. F. Turley, *Corrosion*, **17**, 26 (1961).
482. U. Rokuro, K. Ikuso, *Japan Analyst*, **9**, 604 (1960).
483. С. В. Усиков, Л. К. Васильев, *ЖФХ*, **39**, 2394 (1965).
484. J. A. Wickett, мл., J. Lerner, H. L. Bachofer, *Chem. Process (USA)*, **26**, 30 (1963).
485. E. Zymry, *Installat-Klempn.-Zentralheizungsbauer*, **20**, 2037 (1965).
486. С. В. Трачук, Ю. А. Саулов, Е. И. Мацулевич, в сб. *Автоматизация хим. производств*, Гостехиздат УССР, Киев, 1964, стр. 138.
487. Н. Богдан, *Pomiary, automat., kontrola*, **1**, 170 (1955).
488. В. Г. Конюхов, *Деревообраб. пром-сть*, **1960**, № 10, 24.
489. Ат. Радев, *Строительство*, **9**, 19 (1962) (болг.).
490. А. И. Зиновьев, *Тр. Всес. н.-и. ин-та соляной пром-сти*, **1954**, № 1, 53.
491. А. И. Шукин, А. З. Якобишвили, *Кожевенно-обувн. пром-сть*, **1960**, № 6, 33.
492. А. М. Олейник, *Зав. лаб.*, **29**, 1058 (1963).
493. *Industr. tekn.*, **93**, 423 (1965); *РЖХим.*, **1966**, 18Д71.
494. С. А. Мишин, А. И. Шукин, *Торф. пром-сть*, **1964**, № 6, 35.
495. *Vigyan pragati*, **10**, 71 (1961).
496. G. G. Blake, *Analyt. Chem.*, **23**, 10 (1960).
497. C. M. Stover, *Rev. Scient. Instrum.*, **34**, 632 (1963).
498. М. М. Тендлер, *Деревообраб. пром-сть*, **1959**, № 8, 15.
499. G. Behmann, *Parfüm. und Kosmetik*, **40**, 286 (1959).
500. L. Liebetrau, М. Мохике, *Пат. ГДР, кл. 421, 9/50 (G 01n)*, № 41885, заявл. 26.05.64 (15.10.1965); *РЖХим.*, **1966**, 24Г72П.
501. Танака Игасима, Кагаку когё, **11**, 1164 (1960); *РЖХим.*, **1962**, 16И139.
502. К. Намегак, *VDI-Nachr.*, **15**, 10 (1961); *РЖХим.*, **1962**, 2ИИ129.
503. F. A. Keidel, *Analyt. Chem.*, **31**, 2143 (1959).
504. А. К. Карпов, П. А. Фроловский, Н. Р. Шорохов, З. С. Филатова, *Газовая пром-сть*, **1962**, № 4, 37.
505. E. L. Upp, W. F. Barken, *Gas Age*, **125**, 25 (1960).
506. J. Horski, *Chemik*, **13**, 427 (1960); *РЖХим.*, **1961**, 12Е62.

507. Г. Е. Вишневский, И. Е. Вишневский, Водоснабж. и сан. техн., **1960**, № 7, 16.
508. L. Szalai, Közp. élelmiszeripari kutatóint. közl., **1962**, № 2, 10; РЖХим., **1965**, 4Д65.
509. J. A. Walker, P. Campion, Analyst, **90**, 199 (1965).
510. P. E. Toren, Analyt. Chem., **37**, 922 (1965).
511. Е. А. Кочетков, Зав. лаб., **31**, 890 (1965).
512. L. G. Cole, M. Czuhra, R. W. Mosley, T. D. Sawyer, Analyt. Chem., **31**, 2048 (1959).
513. D. D. Friel, Ind. Eng. Chem., **52**, 494 (1960).
514. J. Souček, M. Příbyl, K. Novák, Collect. Czechosl. Comm., **27**, 400 (1962).
515. С. Г. Поляк, А. В. Непряхина, Л. Н. Татарина, Г. В. Виноградов, Зав. лаб., **32**, 572 (1966).
516. Labor. Practice, **4** (2), 75 (1955).
517. E. R. Weaver, E. E. Hughes, A. W. Diniak, J. Res. Nat. Bur. Stand., **60**, 489 (1958).
518. Chem. Engng., **68** (13), 79 (1961).
519. Сб. перев. Контрольно-измерительные приборы и средства автоматизации за рубежом, М., ЦБТИ, 1961, стр. 27.
520. A. Berton, Bull. soc. chim. France, **1959**, 1453.
521. F. Onuška, Chem. zvesti, **17**, 359 (1963).
522. R. C. Halter, L. M. Johnson, Oil and Gas., **59** (20), 127 (1961).
523. H. Geagauf, Schweizer Archiv für angew. Wissensch. und Technik, **4**, № 22, 129 (1956).
524. Philips Serv. Sci. and Ind., **12**, № 2, 14 (1965).
525. Z. Vecera, Chem. Technik, **5**, 283 (1953).
526. Z. Vecera, V. Zeman, Chem. průmysl., **4**, 60 (1954).
527. H. Dehn, V. Gutmann, G. Schöber, Monatsch. Chem., **93**, 1357 (1963).
528. V. Gutmann, J. Scherzer, G. Schöber, Там же, **95**, 390 (1964).
529. А. Г. Книга, Н. Н. Крячков, Тр. Ленингр. ин-та пищев. пром-сти, **13**, 156 (1956).
530. M. M. Nijland, Mikrochim. acta, **1963**, 947.
531. A. J. Cameron, Chem. a. Ind., **1965**, 461.
532. W. S. Pappas, Ch. W. Weber, Ам. пат. кл. 252—408, № 317880 (заявл. 13.07.1961, опубл. 16.03.1965); РЖХим., **1966**, 12Г272П.
533. Пат. ГДР, кл. 421, 3/01, (G01п), № 43260 (заявл. 3.08.1964, опубл. 15.11.1965); РЖХим., **1966**, 24Г22П.
534. Z. Lada, Acta chim. Acad. scient. hung., **28**, 217 (1961).
535. A. E. Bender, M. Burnham, D. S. Miller, Chem. a. Ind., **1953**, 293.
536. J. Gažo, J. Truchlý, Chem. zvesti, **18**, 655 (1964).
537. R. A. Line, H. Hofstiezer, Англ. пат. 805012 (20.3.1956); С. А., **50**, 15351c (1956).
538. S. D. Gardiner, H. J. Keyte, Analyst, **83**, 150 (1958).
539. А. К. Бабко, Л. Л. Шевченко, Доповідні АН УРСР, **1958**, 1212.
540. C. B. Ward (jun), R. G. Tischer, Cereal Chem., **30**, 420 (1953).
541. J. de Oliveira-Meditsch, Chemist-Analyst., **45** (2), 49 (1958).
542. F. Nesh, Analyt. Chem., **27**, 1842 (1955).
543. F. Nesh, Ам. пат. 2950958 (30.08.1960); РЖХим., **1961**, 21М183.
544. Р. И. Алексеев, Е. А. Токарская, Ж. аналит. химии, **20**, 983 (1965).
545. G. S. Siddappa, D. P. Das, Curr. Sci., **23**, 157 (1954).
546. Е. А. Хорошая, А. А. Авилов, Г. И. Ковригина, З. А. Королева, Зав. лаб., **21**, 542 (1955).
547. М. Г. Морехин, С. И. Агреев, О. Е. Матяш, Т. Г. Чечина, Там же, **28**, 670 (1962).
548. E. Jackwerth, H. Specker, Ztschr. analyt. Chem., **171**, 270 (1959).
549. R. C. R. Barreto, H. S. Barreto, Analyt. Chem., **26**, 494 (1962).
550. А. И. Черкесов, Л. В. Черкесова, Сб. Материалы 22 научн. конф. Саратовск. гос. пед. ин-т, фак. естествозн., физ., математ., Саратов, 1961, стр. 100.
551. T. G. Mangall, J. H. Mitchen, Analyt. Chem., **33**, 1330 (1961).
552. W. R. S. Garton, M. S. W. Webb, P. C. Wildy, J. Scient. Instrum., **34**, 496 (1957).
553. E. Kwiatkowski, J. Szychlinéki, Chem. analit. (Polska), **6**, 541 (1961).
554. M. Kubinowa, O. Wilimo, V. Svoboda, Collect. Czechosl. Comm., **26**, 1320 (1961).
555. В. С. Фихтенгольц, Р. В. Золотарева, Вестн. техн. и экон. информ. н.-и. ин-та техн.-экон. исслед. Гос. к-та СМ СССР, **1961**, № 3, 15.
556. L. Vaicum, An. Univ. «C. J. Parhon», Ser. s. tün, t. natur, **1956**, № 110, 133.
557. G. Matsuyama, Analyt. Chem., **29**, 196 (1957).
558. Engineer, **211**, 950 (1961).

559. C. Cherrier, L. Verot, R. Wagner, *Spectrochim. acta*, **6**, 87 (1953).
560. М. М. Кусаков, А. Ю. Кошевич, *Инженерно-физ. ж.*, **3** (11) 11 (1960).
561. D. A. Keyworth, *Talanta*, **8**, 461 (1961).
562. H. G. Streim, Boyce, J. R. Smith, *Analyt. Chem.*, **33**, 85 (1961).
563. H. F. Cordes, Ch. W. Tait, Там же, **29**, 485 (1957).
564. Масато Мамия, Седзиро Ока, Токё корё сикэнсё хококу, Tokyo kogyo shikensho Hokoku, Repts, govt. Chem. Industr. Res. Inst., Tokyo, **60**, 92 (1965); РЖХим., **1966**, 4Г146.
565. D. Chapman, J. F. Nacey, *Analyst*, **83**, 377 (1958).
566. Д. С. Горбенко-Германов, Р. А. Зенкова, Т. А. Болотина, *Ж. аналит. химии*, **13**, 590 (1958).
567. H. Scholze, *Forsch. Mineral.*, **38**, 122 (1960).
568. Сёдзиро Ока, Масато Мамия, Бунсэки караку, *Japan Analyst*, **10**, 1092 (1961).
569. G. Langbein, W. Seufert, *Kolloid-Ztschr. und Ztschr. Polymere*, **193**, 37 (1963).
570. Бунсэки караку, *Japan Analyst*, **13**, 792 (1964); РЖХим., **1965**, 6Г107.
571. А. В. Карякин, А. В. Петров, *Ж. аналит. химии*, **19**, 1486 (1964).
572. А. В. Карякин, А. В. Петров, Там же, **18**, 1317 (1963).
573. L. Jr. White, W. J. Barrett, *Analyt. Chem.*, **28**, 1538 (1956).
574. W. Günter, *Naturwiss.*, **51**, 211 (1964).
575. E. Wiegel, H. H. Kirchner, *Ztschr. analyt. Chem.*, **178**, 241 (1961).
576. Т. Хата, Т. Асано, Тохоку дайгаку хисуй ёэки караку кэнкюсё хококу, *Bull. Chem. Res. Inst. Nonaqueous Solid.*, Tohoku Univ., **9**, 79 (1960); РЖХим., **1961**, 8Д142.
577. M. Desnoyer, *Bull. Soc. chim. France*, **1960**, 1754.
578. U. K. A. E. A. Report PG 467 (W), **1963**, 4.
579. L. Kékedy, Cs. Muzsny, *Ztschr. analyt. Chem.*, **199**, 340 (1964).
580. А. Н. Александров, Н. К. Михайлян, Г. А. Седова, *Хим. пром-сть*, **1962**, 570.
581. С. Я. Карасева, А. М. Рожнов, Д. Н. Андреевский, *Нефтехимия*, **5**, 621 (1965).
582. E. Wiegel, H. H. Kirchner, *Ztschr. analyt. Chem.*, **195**, 97 (1963).
583. А. Н. Александров, Н. К. Михайлян, *Хим. пром-сть*, **1962**, 313.
584. Н. Н. Рогозинская, А. И. Финкельштейн, *Ж. аналит. химии*, **14**, 360 (1959).
585. Pi. P. Ferrer, L. Condal-Bosh, *Afinidad*, **17**, 280 (1960).
586. M. Desnoyer, *Rapp. CEA*, **1959**, № 1254, 58.
587. Моригава Такэси, Бунсэки караку, *Japan Analyst*, **13**, 255 (1964), РЖХим., **1965**, 2Г239.
588. R. L. Jackson, *Appl. Spectrosc.*, **15**, 85 (1961).
589. L. R. Kiley, R. T. Scheddel, *Analyt. Chem.*, **30**, 1162 (1958).
590. Хирано Сидзо, Танака Сигэюки, Цугэ Морио, Сого сикэнсё нэмпо, *Annul Rept. Engng. Res. Inst. Fac. Engng.*, Univ. Tokyo, **20**, 166 (1961); РЖХим., **1961**, 9М148.
591. E. Greinacher, F. Oswald, *Angew. Chem.*, **65**, 291 (1953).
592. F. A. Coulson, J. Z. Hales, *J. Chem. Soc.*, **1951**, 2125.
593. А. В. Карякин, А. В. Петров, *Ж. аналит. химии*, **19**, 1234 (1964).
594. W. J. Diamond, *Appl. Spectrophotometry*, **12**, 10 (1958).
595. F. E. Crichfield, E. T. Bishop, *Analyt. Chem.*, **33**, 1034 (1961).
596. K. Hoffmann, L. Fischer, *Chem. Eng. Technik*, **27**, 604 (1955).
597. J. Neuvirt, Z. Ksandr, *Collect. Czechosl. Chem. Comm.*, **29**, 1068 (1964).
598. R. C. R. Barreto, H. S. R. Barreto, *Analyt. chim. acta*, **26**, 494.
599. А. В. Карякин, А. В. Петров, Э. Э. Сухановская, *Ж. аналит. химии*, **21**, 840 (1966).
600. B. D. Pearson, *Analyst*, **91**, 247 (1966).
601. А. В. Петров, Кандид. диссерт., ГЕОХИ, Москва, 1965.
602. R. B. Duval, L. R. Kiley, *Analyt. Chem.*, **30**, 549 (1958).
603. А. Я. Гроскауфманис, А. И. Шакалина, Л. К. Лепинь, *Изв. АН ЛатвССР, сер. хим.*, **1965**, № 4, 449.
604. B. Casu, G. Gaglioppa, M. Reggiani, *Stärke*, **17** (12), 386 (1965).
605. Ph. G. Kliman, M. J. Pallansch, *J. Dairy Sci.*, **48**, 859 (1965).
606. J. R. Hart, K. H. Norris, C. Golumbic, *Cereal Chem.*, **39**, 94 (1962).
607. C. Duval, *Chim. anal.*, **44**, 102 (1962).
608. E. R. S. Johnes, *J. Scient. Instrum.*, **30**, 132 (1953).
609. S. T. Abrams, V. N. Smith, *Analyt. Chem.*, **34**, 1129 (1962).
610. H. H. Stein, J. M. Amboso, Там же, **35**, 555 (1963).
611. J. W. Forbes, Там же, **34**, 1125 (1962).
612. Приборы и техника эксперимента, **1963**, 227.

613. Я. И. Калиниченко, М. С. Киселева, Б. С. Непорент, Зав. лаб., **30**, 758 (1964).
614. J. G. Koren, A. J. Andreatch, *Analyt. Chem.*, **37**, 256 (1965).
615. **Н. М. Померанцев**, Зав. лаб., **26**, 950 (1960).
616. Б. В. Васильева, В. Я. Онучин, Тр. Уральск. политехн. ин-та, сб. III, 1961, стр. 123.
617. T. M. Shaw, R. H. Elsken, *J. Chem. Phys.*, **18**, 1113 (1950).
618. T. M. Shaw, R. H. Elsken, C. H. Kunsman, *J. Assoc. Offic. Agr. Chem.*, **36**, 1070 (1953).
619. T. M. Shaw, R. H. Elsken, *J. Appl. Phys.*, **26**, 313 (1955).
620. L. Rollwitz, *Proc. Natl. Electronics conf.*, **12**, 113 (1956).
621. W. Priestley, Dudenbostel, *Ind. Eng. Chem.*, **48** (5), 81A (1956).
622. A. R. Aikman, R. K. Codrington, F. F. Kirchner, *Control. Eng.*, June, 1957.
623. R. F. Wall, *Ind. Eng. Chem.*, **50** (12) 69A (1958).
624. H. Rubin, *J. S. A. Journal*, **5**, 64 (1958).
625. J. van Harlem, *Melliand Textilber.*, **34**, 350 (1953).
626. R. Collison, M. P. McDonald, *Nature*, **186**, 548 (1960).
627. R. H. Elsken, C. H. Kunsman, *J. Assoc. Offic. Agr. Chem.*, **39**, 434 (1956).
628. J. C. Powles, J. A. Kail, *Trans. Faraday Soc.*, **55**, 1996 (1959).
629. М. П. Волярович, А. И. Шукин, *Коллоидн. ж.*, **27**, 474 (1965).
630. T. F. Conway, R. J. Smith, *Electronics*, **31**, 51 (1958).
631. W. R. Ladner, A. F. Stacey, *Brit. J. Appl. Phys.*, **13**, 136 (1962).
632. E. Golling, *Ztschr. angew. Physik*, **1962**, № 12, 717.
633. P. Olavi, I. Virtanen, J. Paasiviirta, *Acta chem. fenn.*, **B**, **38**, (4) 87 (1965).
634. *Canad. Chem. Proc.*, **46**, № 3, 72 (1962).
635. G. Mavel, *J. phys. et radium*, **20**, 834 (1959).
636. B. B. Murray, R. C. Axtemann, *Analyt. Chem.*, **31**, 450 (1959).
637. H. W. Schnauz, *Maschinenmarkt*, **67**, № 57, 15 (1961).
638. A. A. Carlstrom, C. F. Spencer, J. F. Johnson, *Analyt. Chem.*, **32**, 1056 (1960).
639. R. Aubeak, L. Champeix, J. Reiss, *J. Chromatogr.*, **16**, 7 (1964).
640. G. Guiochon, C. Landault, *Publ. Groupem. avancem methodes spectrogr.*, 1962, juill.—sept., 195.
641. O. F. Bennett, *Analyt. Chem.*, **36**, 684 (1964).
642. I. Lindgren, *Acta chem. scand.*, **19**, 247 (1965).
643. Р. И. Сидоров, А. А. Хвостиков, *Ж. прикл. хим.*, **39**, 942 (1966).
644. Л. Я. Гаврилин, Н. Н. Натальина, *Изв. Сиб. отд. АН СССР*, **1964**, № 11, сер. хим. наук, вып. 3, 143.
645. A. Prevot, F. Cabeza, Mlle, *Rev. franc. corps gras*, **8**, 632 (1961).
646. J. Lukacs, D. B. Robinson, *Soc. Petrol. Engrs J.*, **3**, 293 (1963).
647. J. A. Favre, D. E. Smith, *Ам. пат. кл.* 23—230, № 3118735 (заявл. 8.06.1959; опубл. 21.01.1964); *РЖХим.*, **1965**, 22Г154П.
648. O. E. Sundberg, Ch. Mares, *Analyt. Chem.*, **32**, 274 (1960).
649. A. A. Duswalt, W. W. Brandt, Там же, **32**, 272 (1960).
650. R. K. Sharma, D. R. McLean, J. Bardwell, *Indian J. Chem.*, **3**, 282 (1965).
651. G. O. Guerrant, *Analyt. Chem.*, **39**, 143 (1967).
652. Jajima Seishi, Shiba Koreyuki, Handa Muneo, *Bull. chem. soc. Japan*, **37**, 800 (1964), *РЖХим.*, **1965**, 3Г104.
653. В. Г. Березкин, А. Е. Мысак, Л. С. Полак, *Нефтехимия*, **4**, 156 (1964).
654. В. Г. Березкин, А. Е. Мысак, Л. С. Полак, *Хим. и техн. топлив и масел*, **1964**, № 2, 67.
655. И. М. Старшов, Ю. П. Воеводкин, А. А. Халимов, *Газов. хроматография*, М., 1965, вып. 3, стр. 103.
656. A. Badinand, Cl. Amincy, R. Guilluy, *Trav. Soc. pharmac. Montpellier*, **1963**, **23**, 207 (1964), *Discuss.*, 213.
657. M. Hager, G. Baker, *Proc. Montana Acad. Sci.*, **22**, 3 (1963) 1962.
658. A. Badinand, C. Quincey, R. Guilluy, *J. pharmac. Belg.*, **20**, 397 (1965).
659. J. H. Bartin, A. M. Knevel, *J. Pharmac. Sci.*, **54**, 1464 (1965).
660. Муся Соитиро, Икэда Санаэ, Бунсэки кагаку, *Japan Analyst*, **14**, 803 (1965); *РЖХим.*, **1966**, 10Г115.
661. P. Ugone, R. L. Pescok, *Analyt. Chem.*, **35**, 837 (1963).
662. Камэо Такаси, Хирасима Цунэаки, Манабэ Осаму, Хияма Хати-ро, *Кагаку то карё, Sci. and Ind.*, **39**, 22 (1965); *РЖХим.*, **1966**, 1Г244.
663. И. М. Старшов, Ю. П. Воеводкин, *Нефтепереработка и нефтехимия*, **1965**, № 7, 48.
664. R. M. Jones, *Anal. Chem.*, **38**, 338 (1966).
665. D. A. Elividge, K. A. Proctor, *Analyst*, **84**, 461 (1959).

666. А. В. Сагалович, В. И. Якерсон, Изв. АН СССР, сер. хим., **1965**, 882.
667. А. Н. Король, Зав. лаб., **27**, 396 (1961).
668. J. Brekke, R. Conrad, J. Agric. and Food Chem., **13**, 591 (1965).
669. V. I. Oyama, S. P. Vango, E. M. Wilson, ARS Journal, **32**, 354 (1962).
670. S. Ahuja, G. D. Chase, J. G. Nikelly, Analyt. Chem., **37**, 840 (1965).
671. H. Germak, Isotopentechnik, **1**, 140 (1961).
672. P. Obloja, Ind. lemn., **7**, 57 (1958).
673. B. Farago, Magyar textiltchn., **15**, 545 (1963).
674. М. М. Меликадзе, За технич. прогресс (Баку), **1963**, № 4, 42.
675. Water Power, **13**, 245 (1961).
676. D. Chleck, R. Maehl, O. Cucchiaro, Chemist-Analyst, **54**, 84 (1965).
677. Н. А. Милютин, Р. И. Исакова, С. И. Тарабаев, Вестн. АН КазССР, **1958**, № 3, 89.
678. P. Krumbiegel, H. Hübner, W. Rolle, Isotopenpraxis, **2**, 220 (1966).
679. Такахаси Томоо, Синоги кэнкюсё нэмпо, Annual Rept. Shionogi Res. Lab., **1965**, № 15, 152; РЖХим., **1966**, 21Н470.
680. Китахара Кадзута, Танака Йосимаса, Якугаки дзасси, Jakugaku zasshi, J. Pharmac. Soc. Japan, **83**, 559 (1963); РЖХим., **1964**, 18Н256.
681. Л. Т. Журавлева, А. В. Киселев, В. П. Найдина, А. Л. Поляков, ЖФХ, **37**, 2054 (1963).
682. V. Netz, Chem. Techn., **17**, 95 (1965).
683. J. Pawlin, J. W. Spinks, Canad. J. Technol., **34**, 503 (1957).
684. K. Preiss, P. J. Grant, J. Scient. Instrum., **41**, 548 (1964).
685. W. Kühn, Atompraxis, **5**, 133 (1959).
686. R. Berthold, Пат. ФРГ, кл. 42, 1, 9/51 (G 01п), № 114833 (заявл. 27.12.1958 опубл. 17.10.1963); РЖХим., **1964**, 24Д3.
687. H. Dresia, P. Fischötter, Brennst.-Chem., **46**, 13 (1965).
688. W. Kühn, Atompraxis, **5**, 335 (1959).
689. V. Schuricht, Kernenergie, **7**, 44, 45 (1964).
690. V. Schuricht, D. Hiemann, Isotopenpraxis, **1**, 82 (1965).
691. Е. В. Хамский, В. Ф. Левченко, В. Г. Прохоров, Н. И. Смагин, Зав. лаб., **28**, 312 (1962).
692. M. J. Sivadjan, Bull. Soc. franc. fotogr. et cinématogr., **3**, 81 (1953).
693. M. J. Sivadjan, Analyt. chim. acta, **9**, 70 (1953); **22**, 284 (1960).
694. M. J. Sivadjan, F. Corral, Там же, **26**, 185 (1962).
695. M. J. Sivadjan, Soil Sci., **90**, 369 (1960).
696. M. J. Sivadjan, F. Corral, J. Appl. Polymer Sci., **6**, 561 (1962).
697. M. J. Sivadjan, Arch. Intern. pharmacodyn., **143**, 377 (1963).
698. L. Gardner, G. Topel, Materials Research and Standards, **1**, 112 (1961).
699. О. А. Тарасов, Автомобильн. транспорт, **1963**, № 9, 15.
700. О. А. Тарасов, Зав. лаб., **29**, 733 (1963).
701. DIN 51793, Erdöl und Kohle, **10**, 616 (1957).
702. G. Giebler, T. Kempf, Ztschr. analyt. Chem., **199**, 23 (1964).
703. J. Merritt, Analyt. Chem., **34**, 293 (1962).
704. M. Mauvieux, Tecnicien laut, **16**, 32 (1964); РЖХим., **1966**, 22Р120.
705. Instrument. Rev., **10**, 137 (1963).
706. Ch. W. E. Walker, Analyt. Instrumentat.—1963. Pittsburgh, Pa, Instrum. Soc. America, 1963, 183.
707. Б. М. Красовицкий, Д. Г. Переясова, Авт. свид. СССР, кл. 42 1, 9/50; (G01п), № 170739 (заявл. 18.04.1964; опубл. 10.05.1965).
708. Б. М. Красовицкий, Д. Г. Переясова, ЖВХО им. Д. И. Менделеева, **1965**, 704.
709. А. Ф. Чудновский, Ж. технич. физики, **24**, 2190 (1954).
710. В. Н. Ершов, Н. М. Ершова, Там же, **26**, 1301 (1956).
711. В. Н. Ершов, Зав. лаб., **27**, 212 (1961).
712. G. S. Smith, Talanta, **5**, 189 (1960).
713. Г. С. Сапунов, М. Г. Кузнецова, Совершенствование технологии и контроля производства на Ново-Уфимском нефтеперераб. заводе, М., 1961, стр. 77.
714. Ам. пат., кл. 23—232, № 3057693 (заявл. 02.09.1960); РЖХим., **1964**, 8И143П.
715. А. Н. Александров, С. Л. Скоп, И. Л. Левина, Методы исследования продуктов нефтепереработки и нефтехим. синтеза, Л., Гостоптехиздат, 1962, стр. 141.

Химико-технологический институт
им. Д. И. Менделеева,
Москва