

На правах рукописи

ИВАНОВА НАТАЛЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ТЕРРИГЕННЫХ ЧАСТИЦ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ**

02.00.04 - физическая химия

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук

Саратов - 2005

Работа выполнена на кафедре полимеров
Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского

Научный руководитель: доктор физико-математических наук,
профессор **Кленин Виталий Иосифович**

Официальные оппоненты: доктор физико-математических наук,
профессор **ТСлебцов Николай Григорьевич**

кандидат химических наук
Панкин Кирилл Евгеньевич

Ведущая организация: Казанский государственный технологический
университет

Защита состоится «24» марта 2005 года в 14.00 часов на заседании
диссертационного совета Д 212.243.07 при Саратовском
государственном университете им. Н.Г. Чернышевского по адресу:
410012 Саратов, ул. Астраханская, 83, корп. I, химический факультет
СГУ.

С диссертацией можно ознакомиться в Научной библиотеке Саратовского
государственного университета им. Н.Г. Чернышевского.

Автореферат разослан «__» февраля 2005 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор химических наук,
профессор



С.Н. Штыков

Общая характеристика работы

Актуальность темы

Качество питьевой воды, то есть степень её очистки от вредных химических соединений и микроорганизмов, играет важную роль в сохранении здоровья людей и профилактике заболеваний. Особенно необходимо очищать воду от терригенных частиц, которые не только портят её вид и ухудшают потребительские свойства, но и служат рассадником опасных болезнетворных микроорганизмов.

Вода для городского водоснабжения проходит многоступенчатую систему очистки, в частности, фильтрование, эффективно удаляющее из неё относительно крупные частицы биогенного происхождения, но более мелкие терригенные могут проходить через фильтры. Поэтому особое значение имеют методы оперативного контроля остаточного содержания коллоидных примесей.

Для этой цели во всём мире применяют методику, основанную на измерении мутности в так называемых формазиновых единицах (ЕМФ, FTU — formazine turbidity unit). Суспензия частиц полимера формазина, приготовленная в стандартных условиях, используется в качестве эталона. Между тем из общих соображений очевидно, что для корректности любой оптической методики оптические свойства эталона и изучаемой системы (показатели преломления частиц и их размеры) должны совпадать или хотя бы быть достаточно близки.

В литературе отсутствуют какие-либо данные по формазину, кроме немногочисленных методик синтеза, поэтому вопрос остаётся открытым. Таким образом, стандартная суспензия формазина требует детального изучения её оптических свойств, что можно предпринять с помощью такого абсолютного, не требующего никаких эталонов и калибровок метода, как метод спектра мутности. Вместе с тем, этим методом можно изучать и сами терригенные частицы в воде (природной и питьевой), что необходимо для определения их оптических свойств и дальнейшего сравнения с таковыми для

формази́на. Наконец, если сравнение покажет неудовлетворительное соответствие, именно методом спектра мутности можно будет заменить несостоятельную стандартную методику.

Цель работы

состоит в разработке физико-химических основ усовершенствования методик контроля растворимых и нерастворимых примесей в питьевой воде, для чего были поставлены следующие задачи:

- определение физико-химических свойств стандартной суспензии формази́на строгими оптическими методами, в первую очередь: характера генезиса, среднего размера и показателя преломления частиц суспензии;
- изучение терригенных частиц в различных пробах воды корректными оптическими методами;
- сравнение физико-химических свойств частиц формази́на и нерастворимых примесей в воде;
- определение общей примеси (растворимой и нерастворимой) в различных пробах воды методом интерферометрии.

Научная новизна:

- Установлен генезис и определены параметры (показатель преломления, плотность и средний размер частиц) водной суспензии формази́на, служащей стандартом описания загрязнённости воды;
- разработана методика применения универсальных оптических методов (спектра мутности и рассеяния, интерферометрии) для определения концентрации терригенных частиц и растворимых примесей в воде и всесторонне обоснованы её преимущества перед стандартными методиками;

- доказано, что водная суспензия формазина не может быть стандартом загрязнённости воды, так как её физические параметры не соответствуют свойствам природной воды как коллоидной системы;
- осуществлено систематическое применение разработанных методик для оценки загрязнённости воды терригенными частицами и растворимыми примесями на основе методологии анализа плохо определённых дисперсных систем.

Практическая значимость

Разработанная методика исключает использование токсичных веществ (гидразинсульфата); экономится время, повышается точность и корректность анализа. Никакой дополнительной аппаратуры не требуется, выигрыш в точности достигается исключительно за счёт применения принципиально нового подхода. Установлено, что в ряде проб воды, полученных из различных источников в Саратовской области, стандартные методики занижали содержание примесей, вследствие чего негодная к употреблению вода признавалась годной, о чём проинформированы соответствующие службы. Методики полностью подготовлены к получению статуса ГОСТ.

На защиту выносятся:

- результаты изучения физических параметров водной суспензии формазина, которая служит эталоном при определении степени загрязнения воды терригенными частицами по стандартной методике;
- методики определения терригенных частиц в пробах воды методами спектра мутности и рассеяния;
- методика определения примесей в воде методом интерферометрии;
- результаты анализа 177 проб воды и обоснование преимущества предложенных методик над существующими.

Личный вклад автора заключается в освоении и применении всех использованных методов, проведении в полном объёме описанных в работе исследований, включая графическую, компьютерную и статистическую обработку полученных данных, участии в планировании работы и обсуждении результатов.

Апробация работы. Основные результаты диссертационной работы доложены на II и III Всероссийских конференциях молодых учёных «Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии» (Саратов, 1999, 2001), VI конференции «Аналитика Сибири и Дальнего Востока» (Новосибирск, 2000), IV Международной конференции «Эколого-биологические проблемы Волги и Прикаспия» (Астрахань, 2001), III Черкёсовских чтениях "Проблемы аналитической химии" (Саратов, 2002), II и V Международных конференциях молодых учёных и студентов (Самара, 2001, 2004).

Материалы диссертации изложены в 8 публикациях: 1 статье в центральной печати, 4 статьях в сборниках, 3 тезисах докладов.

Структура и объём работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения с выводами и списка литературы (источника). Работа содержит 48 рисунков, 12 таблиц и изложена на 130 страницах.

Во *введении* сформулирована цель и задачи исследования, обоснована актуальность темы, изложены новизна и практическая значимость полученных результатов и основные положения, выносимые на защиту.

В *первой главе* представлен сжатый обзор проблем, связанных с анализом питьевой воды на содержание загрязнений различной природы, и кратко рассмотрены существующие методы контроля содержания терригенных частиц в питьевой воде; классификация примесей по происхождению, степени дисперсности и их фазовому состоянию; история синтеза формазина. Отмечено отсутствие в литературе сведений об оптических свойствах и

размерах частиц водной суспензии этого полимера, как и обоснования применения его водной суспензии в качестве эталонной при анализе питьевой воды. В связи с этим поставлен ряд задач исследования, выполнение которых описывается в последующих главах.

Вторая глава посвящена методам исследования плохо определённых дисперсных систем: прежде всего, это методы спектра мутности и рассеяния, разработанные для характеристики плохо определённых дисперсных систем, а также пикнометрический метод измерения плотности, гравиметрический, интерференционный методы и рентгенофазовый анализ. Охарактеризованы реагенты и аппаратура, приведена методика получения суспензии формазина. Перечислены различные варианты отбора проб воды.

В *третьей главе* изложены результаты экспериментального исследования водной суспензии формазина, служащей эталоном загрязнённости питьевой воды.

В *четвёртой главе* проведён рентгеновский анализ твёрдого остатка проб воды, показаны типичные дифрактограммы и выявлены содержащиеся в нём вещества. Даны результаты определения концентрации и среднего размера терригенных частиц методом спектра мутности.

В *пятой главе* приведены результаты определения концентрации и среднего размера терригенных частиц методом спектра рассеяния.

В *шестой главе* исследована возможность экспрессного определения общего содержания в воде примесей, включая *растворённые* нетоксичные, методом интерферометрии.

Краткое *заключение* подводит итог проведённой работы и намечает перспективы.

Содержание работы

Экспериментальная часть

В теориях светорассеяния мутность коллоидной монодисперсной системы определяют по уравнению:

$$\tau = N_2 \pi r^2 K(\alpha, m),$$

где τ — мутность, см^{-1} , N_2 — число частиц в единице объёма, r — радиус частиц, $K(\alpha, m)$ — фактор эффективности рассеяния как функция относительного размера α и относительного показателя преломления m :

$$\alpha = 2\pi\mu_1 r / \lambda, \quad m = \mu_2 / \mu_1,$$

μ_2 — показатель преломления дисперсной фазы, μ_1 — показатель преломления дисперсионной среды, λ — длина волны в вакууме.

В ограниченном диапазоне длин волн $\Delta\lambda$ спектральная зависимость мутности выражается уравнением Ангстрема

$$\tau = A\lambda^{-n},$$

где n — волновой экспонент, или показатель длины волны, сложная функция относительного размера частиц α и относительного показателя преломления m .

В двойном логарифмическом масштабе уравнение Ангстрема принимает вид прямой (рис. 1):

$$\lg \tau = \lg A - n \lg \lambda.$$

Таким образом, n определяется как тангенс угла наклона двойного логарифмического построения. Значения мутности рассчитывают по формуле

$$\tau = 2.3 D/l,$$

где D — оптическая плотность, l — длина кюветы, см.

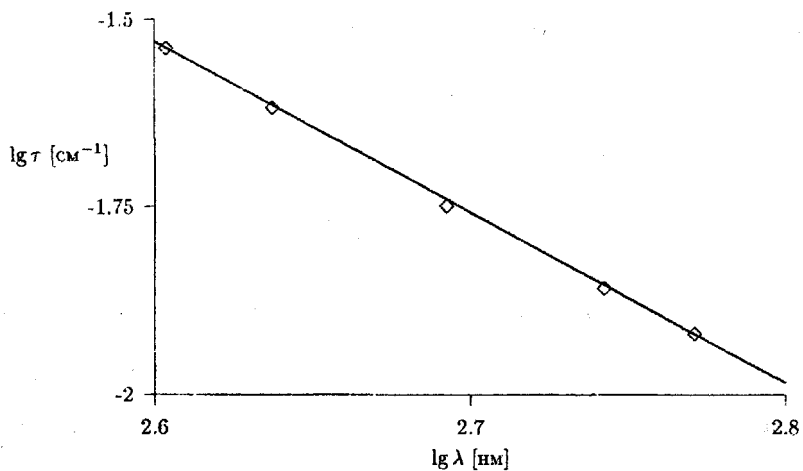


Рис. 1: Двойная логарифмическая зависимость мутности от длины волны для одной из проб воды

Для найденного экспериментально n определяют величину a из калибровочного графика $n(a, m) - f(a)$ (рис. 2).

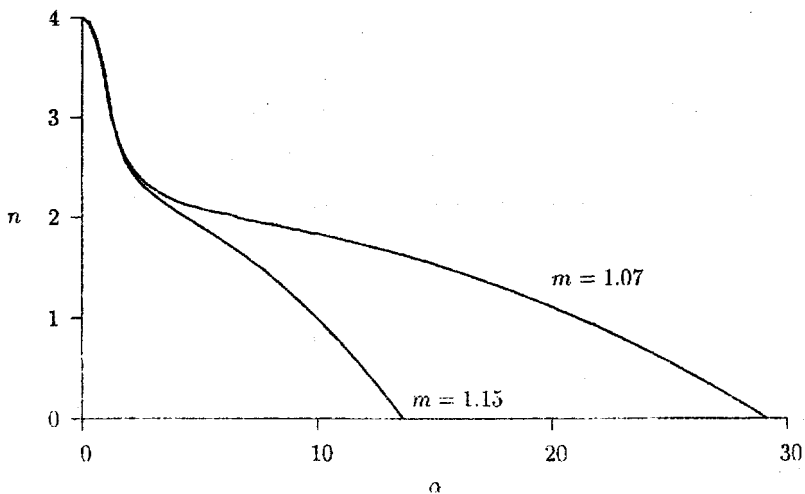


Рис. 2: Калибровки $n(a, m)$ для $m = 1.07$ и 1.15

Средний радиус частиц рассчитывают по формуле

$$\bar{r} = \frac{\alpha \lambda_{cp}}{2\pi\mu_1},$$

а числовую концентрацию

$$N_2 = \frac{4\pi\tau_{cp}}{\lambda_{cp}^2 K(\alpha, m) \alpha^2}.$$

где λ_{cp} — середина диапазона длин волн, в котором проведено измерение мутности в логарифмических координатах: $\lambda_{cp} = \sqrt{\lambda_1 \lambda_2} = 469$ нм, где λ_1 — наименьшая, λ_2 — наибольшая длина волны света рабочего диапазона λ .

Массово-объемную концентрацию \tilde{C} (г/л) и генных частиц рассчитывают по формуле

$$\tilde{C} = sv\tau,$$

$$s = \frac{10.61\rho_2\lambda_{cp}}{\mu_1(m-1)};$$

$$v(\alpha, m) = \frac{2\alpha(m-1)}{K(\alpha, m)} = \frac{2n(m-1)}{\partial K(\alpha, m)/\partial \alpha},$$

где s — параметр (г/100 см²), ρ_2 — плотность частиц. Экспонент длины волны n и структурный фактор v являются функциями одних и тех же аргументов α и m , поэтому можно построить зависимость v от n (рис. 3).

Суспензия формалина как стандарт анализа воды

Гравиметрически установлено, что реакция синтеза формазина по стандартной методике проходит с полным количественным выходом (2,15 г/л). Определены плотность суспензии формазина пикнометрическим методом при $t = 20^\circ\text{C}$ и плотность самого формазина, равная $\rho_2 = 1.004$ г/см³.

Установлено, что волновой экспонент суспензии формазина воспроизводим и равен 1.70 ± 0.05 . Поскольку известна массово-объёмная концентрация суспензии, то по измеренной мутности τ можно определить произведение vs , которое в интервале $2 < n < 4$ сильно зависит от m . Предварительно по специальным таблицам строили зависимость vs от m для полученного значения $n - 1.7$ (рис. 4). Затем по отношению $\bar{C}/\tau = sv$ и графику (рис. 4) определяли m , оказавшийся равным 1.07. Следовательно, показатель преломления формазина равен 1,426.

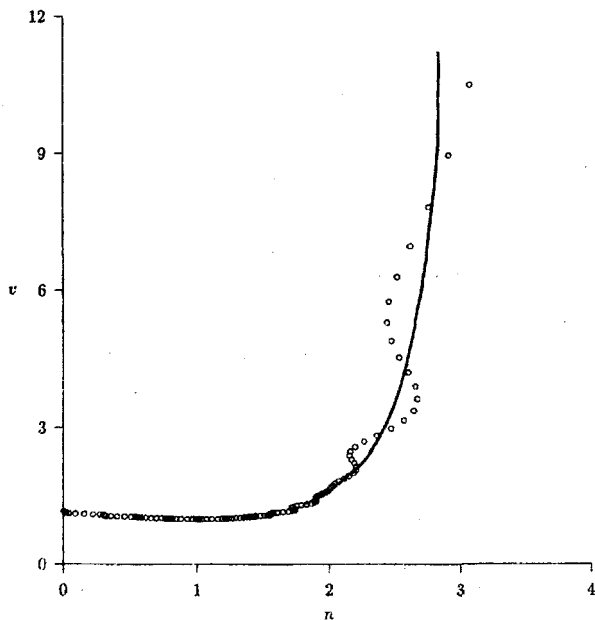


Рис. 3: Зависимость структурного фактора v от показателя длины волны n для $m = 1.15$. Кружки — монодисперсная система, кривая — полидисперсная система

На основе полученного значения m и калибровок $n - n(a, m)$ был определён средний радиус частиц формазина 800 ± 50 нм. В течение двух месяцев средний размер частиц не изменялся, таким образом, суспензия

формамина при комнатной температуре достаточно агрегативно устойчива. Дальнейшее её хранение приводит к увеличению размеров частиц и снижению их массово-объёмной концентрации, что, вероятно, объясняется агретцией частиц и их седиментацией.

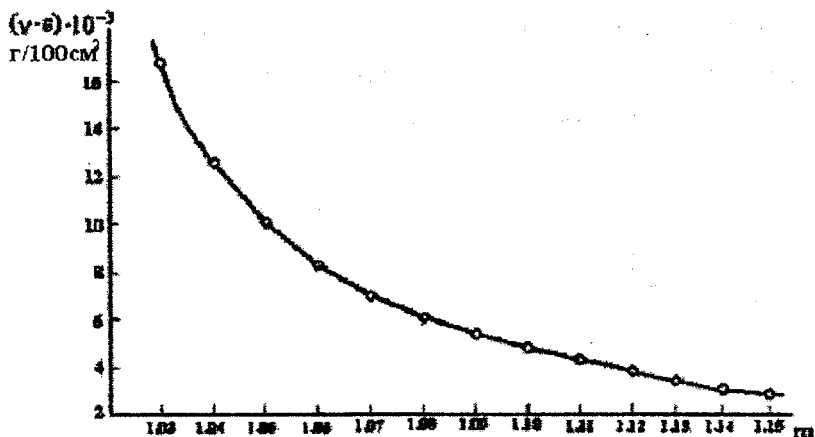


Рис. 4: Расчётная зависимость частного $C/\text{гот}$ относительного показателя преломления m при $n \sim 1.7$

Оценка содержания терригенных частиц в воде методом спектра мутности

При рентгеновском исследовании сухого остатка при выпаривании порций питьевой воды были зарегистрированы следующие минералы: NaCl (галит; растворим, игнорировался), CaCO₃, предположительно — CaSO₄ (ангидрит), FeS₂ (пирит), (α -кварц), глинистые минералы — Al₂O₃·2SiO₂·2H₂O (каолинит), иллит. хлорит. Рассчитан средний относительный показатель преломления терригенных частиц $m = 1.15$, совпадающий со значением для терригенных частиц вод морей и океанов (Шифрин) Наипучшая корреляция между полученными значениями концентрации терригенных частиц отмечалась при $m = 1.15$ (рис 5) Это

значение и было использовано в дальнейшем. Методом спектра мутности было проанализировано большое (более 170) число проб природной и питьевой воды и найдено, что средний радиус частиц меняется в широких пределах: 70-700 нм. Таким образом, можно заключить, что оптические параметры (показатели преломления) и средние размеры частиц в стандартной суспензии формазина и в воде значительно различаются. Повсеместное использование суспензии формазина в лабораториях санэпидемстанций может приводить к существенным ошибкам аттестации питьевой воды и наносить ущерб здоровью людей.

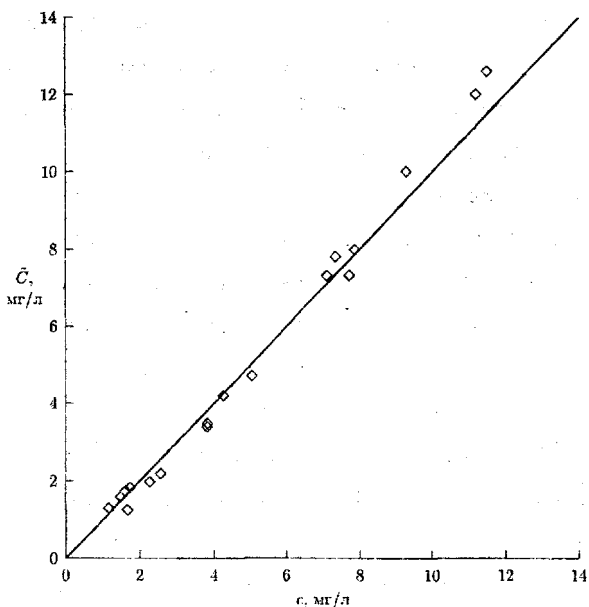


Рис. 5: Корреляция между концентрациями терригенных частиц, определёнными по методу спектра мутности (\tilde{C}) и гравиметрическим методом (c)

Для дополнительной иллюстрации этого вывода был построен график корреляции между концентрацией терригенных частиц, определённой методом гравиметрии и по стандартной формазиновой методике в одних и тех же пробах питьевой воды (рис. 6), на котором наблюдается сильный разброс точек, коэффициент линейной корреляции равен лишь 0.80. Кроме того, обязательность приготовления эталона из труднодоступных реагентов провоцирует несанкционированные отступления от технологии. Нами зафиксированы факты приготовления водной суспензии формазина с использованием фармакологического гексаметилтетрамина (в виде таблеток уротропина), который заведомо содержит нерастворимые примеси (наполнитель). Это портит эталон и может усугублять ошибку определения.

В работе методом спектра мутности были выполнены обширные аналитические исследования с целью более полной апробации и выработки рекомендаций для производственных лабораторий.

Изучали влияние задержки анализа на 30-45 суток на результаты измерений. В течение 10 суток происходило уменьшение мутности, а затем наблюдалось увеличение, и на 23 сутки снова начиналось понижение.

Средний радиус терригенных частиц в период пробоотбора был равен 410 нм, а в течение 35 суток увеличивался до 530 нм. Средний размер терригенных частиц возрастал с 80 до 540 нм. Так как перед каждым измерением пробы воды встряхивали, то взмучивающиеся терригенные частицы со средним радиусом 80 нм обуславливали скачки мутности. Значительное уменьшение массово-объёмной и числовой концентраций терригенных частиц в питьевой воде отмечалось на 8 сутки, после чего наблюдали постепенное снижение этих концентраций.

В течение 30 суток происходило существенное снижение загрязнённости питьевой воды за счёт агрегации терригенных частиц. Увеличивался их средний размер и уменьшались массово-объёмная и числовая концентрации. Увеличение или понижение мутности было

связано с тем, что перед каждым измерением сосуд с пробой питьевой воды встряхивали в течение минуты.

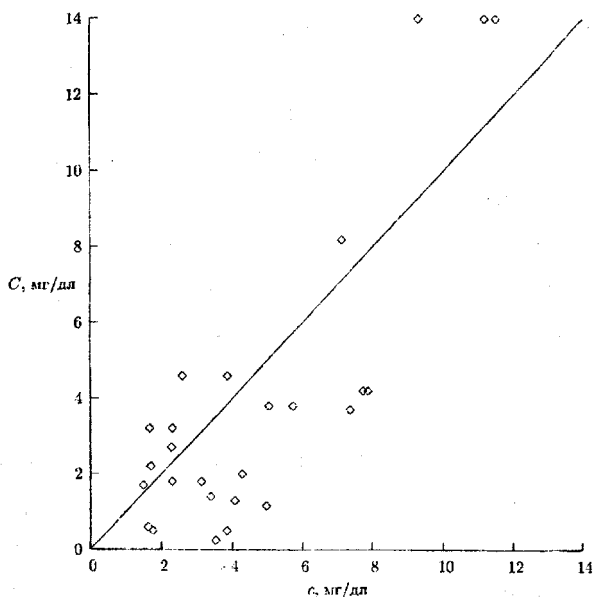


Рис. 6: Корреляция между концентрациями терригенных частиц, определёнными по стандартной методике С и гравиметрически с, в одних и тех же пробах воды

Исследовались также по отдельности нижний и верхний слои отстоянных в течение 30-45 суток проб питьевой воды из различных районов Саратовской области. Средний размер большинства терригенных частиц в течение данного времени увеличивался от 100 до 700 нм, что говорит об их агрегации с последующим оседанием на дно сосуда. Вследствие этого увеличивалась мутность нижнего слоя и массово-объёмная концентрация терригенных частиц. В верхнем же слое в основном наблюдались аномально высокие значения волнового экспонента, что указывает на переход практически всех терригенных

частиц в нижний слой воды. Между тем у некоторых проб воды было $n < 4$, а расчётное время осаждения коллоидных частиц с размером 0.02-1 нм равно 4 годам. Поэтому был сделан вывод о седиментации только терригенных частиц со средним радиусом 450-700 нм, а коллоидные частицы с размерами 50-100 нм находились во взвешенном состоянии, обуславливая мутность в верхнем слое воды.

Мутность на протяжении 10 часов повышалась практически линейно со временем, а далее в течение 10 суток происходило её уменьшение с выходом на постоянное значение (0.23 см^{-1}) на протяжении последующих суток. Средний радиус терригенных частиц увеличивался на протяжении всего времени от 130 до 460 нм. Происходило постепенное уменьшение массово-объёмной и резкое снижение числовой концентрации этих частиц.

Средний размер терригенных частиц водопроводной воды в населённых пунктах Саратовской области в момент отбора проб равен 130 нм, а в течение последующих суток возрастал до 430 нм. Мутность в течение этого времени возростала, а мутность, регулярно измерявшаяся в течение 30-45 суток, уменьшалась, так как терригенные частицы за это время укрупнялись и оседали на дно сосуда.

Помимо систематических, оценивались и случайные ошибок измерений. С этой целью было выбрано 10 проб воды из пруда Ветёлка, 6 из которых было отфильтровано через фильтры из промокательной бумаги, и 10 проб водопроводной воды в средней школе № 36. Взятые пробы подвергались фотометрированию с последующей статистической обработкой первичных данных. Далее проводилась обработка по методу спектра мутности, а полученные результаты (средняя мутность, радиус и концентрация частиц) снова прошли статистическую обработку. Показано, что метод спектра мутности имеет преимущество перед методикой ГОСТ 3351-74 не только в правильности (несмещённости) результатов анализа, но и в их точности.

Оценка содержания терригенных частиц в воде методом спектра рассеяния

Метод спектра рассеяния целесообразно применять в том случае, когда оптическая плотность питьевой воды находится ниже порога чувствительности фотоэлектроколориметра. На интервале концентраций, где применимы оба оптических метода, была проверена применимость метода спектра рассеяния для анализа воды на терригенные частицы. Построена корреляция между значениями концентраций терригенных частиц, определённых методами спектров мутности и рассеяния. Коэффициент линейной корреляции составил 0.91, что следует признать удовлетворительным с учётом большой чувствительности индикатрисы рассеяния к случайным факторам (форме частиц, неоднородности их состава и т.п.).

Изучались изменения волнового экспонента, среднего размера и концентрации терригенных частиц проб питьевой воды из ряда районов Саратовской области, происходившие в течение времени. Волновой экспонент в течение пяти суток плавно уменьшался (агрегация частиц), а на шестые сутки возрастал до 3.95 (почти релеевские частицы, крупные седиментировали). Средний радиус частиц сначала незначительно возрастал, а на шестые сутки резко уменьшался, так как агрегированные частицы оседали на дно, а по всему объёму сосуда были распределены только релеевские частицы. Концентрация терригенных частиц практически линейно падала на протяжении пяти суток до 1.23 мг/л, что послужило основой для следующей рекомендации для аналитических лабораторий: отобранные пробы воды не следует хранить до их анализа более суток.

Были исследованы сезонные изменения концентрации, мутности и среднего размера терригенных частиц водопроводной воды и атмосферных осадков, определённых по методу спектра рассеяния.

Сделано заключение о том, что метод спектра рассеяния применим к анализу менее мутных проб воды на содержание терригенных частиц.

Интерферометрия в анализе питьевой воды

Проверили линейную зависимость инкремента показателя преломления в единицах шкалы барабана A от концентрации ряда модельных «плохо определённых» растворов: поваренной соли, морской соли и поваренной соли с добавлением калия и магния. Результаты показали, что методика чувствительна к малым концентрациям, исследуемая зависимость носила линейный характер.

Для построения градуировочной зависимости инкремента показателя преломления жидкостей $\Delta\mu$ от числа делений шкалы барабана A интерферометрировали водные растворы сахарозы в диапазоне концентраций 0.1— 0.7 мас. % с известными значениями показателя преломления, а также измеренными непосредственно на рефрактометре ИРФ-23 при $\lambda = 589.3$ нм. Экспериментальные значения совпали со справочными с относительной погрешностью 0.01%.

Растворы сахарозы с концентрациями 0.1, 0.2, 0.3 и 0.4 мас. % интерферометрировали относительно дистиллированной воды, а растворы с концентрациями 0.5, 0.6 и 0.7 мас. % изучали также относительно 0.1, 0.2 и /0.3 %-ных растворов сахарозы. По градуировочной зависимости была определена цена деления шкалы барабана компенсатора N которая составила $3.25 \cdot 10^{-7}$.

Для ряда проб питьевой воды строили график зависимости инкремента показателя преломления $\Delta\mu$ от концентрации примесей в них (рис.7), определённой гравиметрическим методом с выпариванием воды из бюкса до постоянного веса при температуре 110°C. Зависимость

инкремента показателя преломления от концентрации примесей в воде аппроксимировали линейным уравнением:

$$\Delta\mu = Bc \quad \text{или} \quad \mu = \mu_0 + Bc,$$

где μ и μ_0 — показатель преломления проб питьевой и дистиллированной воды, соответственно; c — концентрация примесей в воде, мг/л; $B = 2.96 \cdot 10^{-7}$ л/мг — коэффициент инкремента показателя преломления. Распределение точек отвечало линейной зависимости с коэффициентом корреляции 0.947. Попутно установили, что концентрация растворимых примесей в питьевой воде варьируется в очень широких пределах.

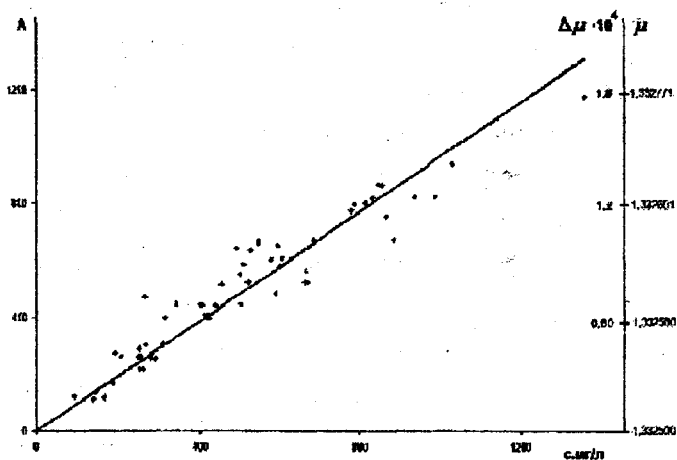


Рис. 7: Зависимость инкремента показателя преломления (в единицах шкалы барабана) A и $\Delta\mu$, показателя преломления μ от концентрации сухого остатка c

Концентрацию примесей определяли также гравиметрически и по методу спектра мутности (терригенные частицы). Концентрацию растворённых веществ оценивали по разнице между общей концентрацией примесей, определённой интерференционным методом, и концентрацией

коллоидных примесей по методу спектра мутности, она коррелировала с концентрацией по методу гравиметрии с коэффициентом 0.869, а их отношение находится в пределах 1 ± 0.35 .

Таким образом, интерференционный метод (измерение инкремента показателя преломления) даёт возможность быстро и с большой точностью определить концентрацию примесей в пробе питьевой воды. Анализ проводится в течение пяти минут с малым объёмом анализируемой воды.

ВЫВОДЫ

1. Определены плотность, относительный показатель преломления и средний размер частиц водной суспензии формазина. Установлено, что стандартные калибровки $D-C$ по формазину имеют смысл только для частиц с размером примерно 800 нм при $m = 1.07$. На самом же деле размер частиц для разных проб питьевой воды находится в пределах 70-700 нм с $m = 1.15$. Следовательно, применение суспензии формазина в качестве стандарта для определения загрязнённости питьевой воды некорректно.

2 Показано, что метод спектра мутности по теоретической своей обоснованности и простоте эксперимента (отсутствие предварительной калибровки совсем по другой системе, использование того же оптического прибора) значительно превосходит эмпирический способ, принятый ГОСТом, и его можно с успехом применять для определения среднего размера и концентрации терригенных частиц в воде.

3. Изучено влияния факта выпадения атмосферных осадков и таяния снега на качество водопроводной воды. Показано, что на средний размер и концентрацию терригенных частиц в водопроводной воде оказывают влияние сезонные изменения в природе. Рассчитан средний размер терригенных частиц в дождевой воде и в снежном покрове.

4. Предложен новый, интерференционный метод определения примесей в питьевой воде, который является достаточно точным, требует небольших затрат времени, малого объёма анализируемой воды. Построена зависимость

инкремента показателя преломления в единицах шкалы барабана и разности показателя преломления, показателя преломления от концентрации сухого остатка, которая может применяться для любой пробы воды из различных источников Саратовской области.

Публикации по теме диссертации

1. Иванова Н.А. Дисперсия формазина // Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии. Тез. докл. II Всеросс. конф. молодых учёных, 2-4 сентября 1999 г. — Саратов: Изд-во СГУ, 1999. — С. 186.
2. Кленин В.И., Иванова Н.А. Анализ терригенных частиц в питьевой воде методом спектра мутности // VI конф. «Аналитика Сибири и Дальнего Востока-2000». 21-24 ноября 2000 г. Новосибирск. Тез. докл. — Новосибирск, 2000. — С. 415.
3. Кленин В.И., Иванова Н.А. Определение концентрации примесей в пробах питьевой воды интерференционным методом // Современные проблемы теоретической и экспериментальной химии. Тез. докл. III Всеросс. конф. молодых учёных. 3-5 сентября 2001 г. - Саратов: Изд-во СГУ, 2001.-С. 165.
4. Иванова Н.А., Кленин В.И. Новый метод определения примесей в питьевой воде // Актуальные проблемы современной науки. Естественные науки, часть 3: химия, агрохимия. Тез. докл. 2 Межд. конф. молодых учёных и студентов, 11-13 сентября 2001 г. — Самара: Изд-во СамГТУ, 2001. - С. 51.
5. Кленин В.И., Иванова Н.А. Применение метода спектра мутности для определения размера и концентрации терригенных частиц в питьевой воде // Эколого-биологические проблемы Поволжского региона и Северного Прикаспия: Материалы IV Всеросс. науч. конф.

- 4-5 октября 2001 г. — Астрахань: Изд-во Астрахан. гос. пед. ун-та, 2001, — С. 8-10.
6. Кленин В.И., Иванова Н.А. Применение метода спектра мутности для определения размера и концентрации терригенных частиц в питьевой воде // Журнал прикладной химии. — 2002. — Т. 75, № 3. — С. 438-442.
7. Иванова Н.А., Кленин В.И. Определение концентрации примесей в питьевой воде по инкременту показателя преломления // Проблемы аналитической химии. III Черкасовские чтения. Сб. науч. статей. Саратов: Слово, 2002. — С. 126-127.
8. Иванова Н.А. Определение концентрации терригенных частиц в воде методом спектра рассеяния // Актуальные проблемы современной науки. Естественные науки. 4.8. Химия. Физическая химия. Сб. науч. статей. - Самара 7-9 сентября 2004 г. - С.23-24

Ответственный за выпуск: канд. хим. наук С.Л.Шамаков -

Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная Подписано в печать 14.02.2005
Гарнитура Тайме. Печать Riso.
Усл. печ. л. 1.50. Тираж 100 экз. Заказ 0817

Отпечатано с готового оригинал-макета.
410005, Саратов; Пугачевская, 161, офис 320 ☎ 27-26-93

02.00



22 FEB 2005

102