

Министерство образования Республики Беларусь  
Брестский государственный технический университет  
Кафедра инженерной экологии и химии

# **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

к лабораторным работам по курсу  
**«Отраслевая экология»**  
для студентов всех специальностей  
дневного и заочного обучения



Брест  
2000

Методические указания содержат сведения по составу и механизму действия современных моющих средств, а также экологической опасности их составляющих. В практической части приведено описание лабораторной работы по количественному и качественному анализу компонентов моющих средств по стандартизированным методикам. Контрольные задания способствуют закреплению у студентов полученных теоретических знаний.

Составители: Строкач П.П., к.т.н., профессор,  
Халецкий В.А., старший преподаватель,  
Яловая Н.П., старший преподаватель,  
кафедра инженерной экологии и химии,  
Брестский государственный технический университет

Рецензенты: Белорусский государственный университет  
Химический факультет  
Кафедра неорганической химии  
Заведующий кафедрой, академик НАНБ,  
профессор, д.х.н.,  
Свиридов В.В.,  
доцент, к.х.н.,  
Логина Н.В.

## 1. СИНТЕТИЧЕСКИЕ МОЮЩИЕ СРЕДСТВА

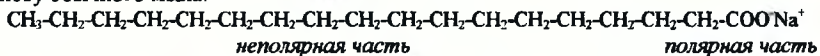
Многие вещества, с которыми мы сталкиваемся в нашем повседневном обиходе, являются потенциально экологически опасными. При попадании в окружающую среду, а именно через сточные воды в природные воды, они способны привести к серьезным последствиям. Поэтому необходимо представлять себе их химический состав, механизм действия, возможные токсические свойства. К таким веществам, экологическую опасность которых мы мало себе представляем, относятся различные моющие средства.

*Моющими средствами* называются вещества или смеси веществ, проявляющие в растворах моющее действие и применяемые для удаления загрязнений с поверхности твердых тел. Наиболее важны моющие средства, предназначенные для использования в водных средах. К ним относятся различные виды товарного (туалетного, хозяйственного мыла) и технического мыла, многокомпонентные композиции синтетических моющих средств (СМС) бытового и промышленного назначения, а также некоторые природные продукты, например, сапонины.

Основу *синтетических моющих средств* или *детергентов* составляют мицеллообразующие поверхностно-активные вещества (ПАВ). Кроме того, они содержат различные вспомогательные вещества и добавки, усиливающие моющую способность ПАВ или придающие композиции специфические свойства. К ним относятся комплексообразователи, щелочные электролиты, химические и оптические отбеливатели, антиресорбенты, предотвращающие повторное прилипание грязи к волокну, ферменты, парфюмерные отдушки. Состав некоторых синтетических моющих средств, производимых в Беларуси, приведен в табл. 1. Рассмотрим подробнее составные части моющих средств с точки зрения их возможного воздействия на окружающую среду.

### 1.1. Поверхностно-активные вещества

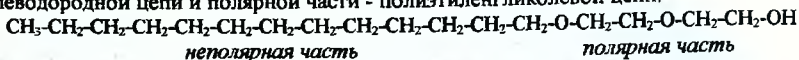
Основным назначением *поверхностно-активных веществ (ПАВ)* является снижение поверхностного натяжения воды. Молекулы ПАВ состоят из двух частей - неполярной углеводородной цепи, лиофобной по отношению к воде (гидрофобной) и полярной лиофильной (гидрофильной) группы на ее конце. Примером таких веществ может служить натриевая соль стеариновой кислоты - стеарат калия, составляющая основу обычного мыла:



В зависимости от строения молекулы поверхностно-активного вещества и особенности ее диссоциации Международная организация по стандартизации (ISO) рекомендует подразделять ПАВ на четыре основных класса: *анионоактивные* (анионные), диссоциирующие в воде с образованием длинноцепочечного аниона, определяющего поверхностную активность; *катионоактивные* (катионные), диссоциирующие в воде с образованием длинноцепочечного катиона, определяющего поверхностную активность; *неионогенные*, недиссоциирующие в водных растворах; *амфотерные*, содержащие гидрофильный радикал и гидрофобную часть, способную быть катионом или анионом в зависимости от pH раствора.

В состав порошкообразных моющих средств обычно вводят анионные ПАВ. Неионогенные ПАВ используют в жидких детергентах, а также в шампунях, средствах для мытья посуды и т.д. Преимуществом неионогенных ПАВ является их способность эффективно удалять жировые и другие загрязнения при низких температурах. Также

они меньше пенятся и мало стабилизируют пену, что позволяет применять их для стирки в стиральных машинах. Молекулы неионогенных ПАВ состоят из неполярной углеводородной цепи и полярной части - полиэтиленгликолевой цепи.



Растворимость неионогенных ПАВ обусловлена образованием водородных связей между атомами кислорода, входящими в состав полиэтиленгликолевой цепи и молекулами воды.

Рассмотрим как протекает процесс удаления грязи с поверхности волокон ткани под воздействием ПАВ. Грязь на волокнах ткани - это капельки жира или масла с включенными в них твердыми частицами. Масло - вещество, молекулы которого образованы в основном ковалентными неполярными связями - не очень хорошо смачивает волокно, молекулы которого в основном полярны. Добавление к этой системе воды мало что меняет в общей системе взаимодействий, так как разница в значениях поверхностного натяжения воды и масла велика.

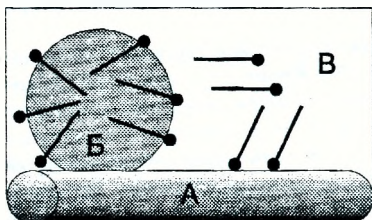


Рис. 1.1. Распределение ПАВ при стирке: А - поверхность волокна, В - капля грязи, В - мыльный раствор

Если же в воде содержатся ПАВ, например соли жирных кислот, образующие мыло, характер взаимодействия веществ заметно изменяется. Молекулы ПАВ адсорбируются и на поверхности волокна и на поверхности масла. Причем неполярная часть молекулы (углеводородная цепь) проникает вглубь частички масла, полярная часть ( $\text{COO}^-$ ) ориентируется в направлении от частички грязи и сольватируется молекулами воды (рис. 1.1). В результате образуется большая частица, внутри которой находится гидрофобная частица грязи, а внешний

слой составляют молекулы воды, что позволяет смыть такую частицу избытком воды. Таким образом, поверхность волокна очищается от грязи.

Мировое производство ПАВ составляет величину порядка 2-3 кг на душу населения в год. Примерно 50% производимых ПАВ используется для бытовой химии, остальное - в промышленности и сельском хозяйстве. Это приводит к тому, что водные растворы ПАВ в большей или меньшей концентрации поступают в производственные сточные воды и в конечном счете в водоемы. Очистке сточных вод от ПАВ уделяется большое внимание, так как из-за низкой скорости разложения ПАВ вредные результаты их воздействия на природу и живые организмы непредсказуемы. Сточные воды, содержащие продукты гидролиза полифосфатных ПАВ, могут вызвать интенсивный рост растений, что приводит к загрязнению ранее чистых водоемов: по мере отмирания растений начинается их гниение, а вода обедняется кислородом, что в свою очередь ухудшает условия существования других форм жизни в воде. Кроме того, ПАВ значительно увеличивают проницаемость межклеточных мембран у растений и животных.

Максимально допустимая концентрация ПАВ в питьевой воде составляет 0.2 мг/л, в водоемах рыбохозяйственного значения - 0.1 мг/л. При содержании ПАВ в количестве 0.4 - 3.0 мг/л появляется горький и заметный мыльно-керосиновый привкус воды. Содержание ПАВ в реке Мухавец на участке от г. Кобриня до г. Бреста составляет 0.1-0.7 от предельно допустимой концентрации.

Среди способов очистки сточных вод в отстойниках - перевод ПАВ в пену, адсорбция активным углем, использование ионообменных смол, нейтрализация катионо-

активными веществами. Эти методы дороги и недостаточно эффективны, поэтому предпочтительна очистка сточных вод от ПАВ в отстойниках (аэротенках) и в естественных условиях (в водоемах) путем биологического окисления под действием гетеротрофных бактерий (преобладающий род - *Pseudomonas*), которые входят в состав активного ила. По биологической стойкости ПАВ принято делить на *жесткие* (трудно-разлагаемые) и *мягкие* (легкоразлагаемые). Степень биоокисления мягких ПАВ зависит от структуры гидрофобной части молекулы: при ее разветвленности биоокисление резко ухудшается. Основными продуктами биодеградации ПАВ является углекислый газ и вода.

Таблица 1.1 Состав некоторых синтетических моющих веществ (в масс. %).

| Компоненты                             | Порошкообразные СМС               |      |     |      |     |     | Жидкие СМС |       |
|--|-----------------------------------|------|-----|------|-----|-----|------------|-------|
|  | №1*                               | №2*  | №3* | №4*  | №5* | №6* | №7*        | №8*   |
| ПАВ (всего)                            | 18                                | 15   | 15  | 20   | 15  | 18  | 35         | 24    |
| алкилбензолсульфонаты                  | 18                                | 8    | 8   | —    | 8   | 4   | 15         | 8-12  |
| алкилсульфаты                          | —                                 | —    | —   | —    | —   | 12  | —          | до 6  |
| алкилсульфонаты                        | —                                 | —    | —   | —    | —   | —   | —          | до 13 |
| неионогенные ПАВ                       | —                                 | до 3 | 3   | до 5 | 3   | —   | 20         | до 3  |
| мыло                                   | —                                 | 4    | 4   | 15   | 4   | 2   | —          | —     |
| Комплексообразователи                  |                                   |      |     |      |     |     |            |       |
| триполифосфат Na                       | 40                                | 40   | 35  | 35   | 40  | 40  | —          | —     |
| триполифосфат K                        | —                                 | —    | —   | —    | —   | —   | 3.5        | 3.5   |
| Щелочные электролиты                   |                                   |      |     |      |     |     |            |       |
| Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>       | 3                                 | 4    | 7   | 8    | 5   | 3   | —          | —     |
| Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>        | —                                 | —    | 10  | 20   | 10  | —   | —          | —     |
| Химические отбеливатели                |                                   |      |     |      |     |     |            |       |
| пероксоболат Na                        | —                                 | —    | 15  | —    | —   | 8   | —          | —     |
| Оптические отбеливатели                | 0.3                               | 0.2  | 0.2 | 0.2  | 0.3 | 0.3 | 0.2        | 0.1   |
| Антиресорбент                          |                                   |      |     |      |     |     |            |       |
| карбоксиметилцеллюлоза                 | 0.9                               | 1.0  | 1.2 | 0.9  | 1.0 | 1.0 | —          | —     |
| Фермент                                |                                   |      |     |      |     |     |            |       |
| протеаза                               | —                                 | 2.0  | —   | —    | 2.0 | —   | —          | —     |
| Стабилизаторы                          | —                                 | —    | 0.3 | —    | —   | —   | —          | —     |
| Парфюмерные отдушки                    | 0.2                               | 0.2  | —   | —    | 0.2 | 0.2 | 0.1        | 0.1   |
| Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> и вода | остальное - до 100% (вода до 10%) |      |     |      |     |     |            |       |

\* - №1 - «Лотос», №2 - «Ока», №3 - «Эра», №4 - «Малыш», №5 - «Био С», №6 - «Нептун», №7 - «Рось», №8 - «Экстра».

## 1.2. Комплексообразователи

Основными комплексообразователями, используемыми в производстве моющих средств, являются фосфаты щелочных металлов и натриевая соль этилендиаминтетрауксусной кислоты. Их основной функцией является создание комплексов с многозарядными ионами металлов, особенно с ионами Ca<sup>2+</sup> и Mg<sup>2+</sup> с целью умягчения воды.

**1. Фосфаты щелочных металлов.** Помимо своей основной функции данные соединения диспергируют грязь и стабилизируют образовавшуюся дисперсию. Также,



создавая щелочной буферный раствор, фосфаты облегчают работу анионоактивных ПАВ. Из фосфатов наибольшее применение в моющих средствах находят ортофосфат натрия ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), триполифосфат натрия ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) - в порошкообразных композициях, триполифосфат калия ( $\text{K}_3\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) - в жидких композициях. Содержание фосфатов может достигать до 50% от массы моющего средства. Поскольку фосфор относится к биогенным элементам, при попадании в природные воды фосфаты вызывают усиленный рост сине-зеленых водорослей, что приводит к «цветению» воды.

Содержание фосфора в виде фосфатов в воде в системе централизованного водоснабжения по стандарту качества воды не должно превышать: в США 0.18 мг/л, в странах Европейского сообщества не должно превышать 0.4 мг/л. Содержание фосфатов в реке Мухавец на участке от г. Кобрин до г. Бреста составляет 0.2-0.3 от предельно допустимой концентрации.

2. *Этилendiаминтетрауксусная кислота и ее натриевые соли (ЭДТА, Трилон Б).* ЭДТА используют в качестве заменителя фосфатов в рецептурах современных моющих средств. Кроме того, эти соединения в больших количествах применяется при очистке воды, целлюлозно-бумажной промышленности и других отраслях экономики (рис. 1.2.).

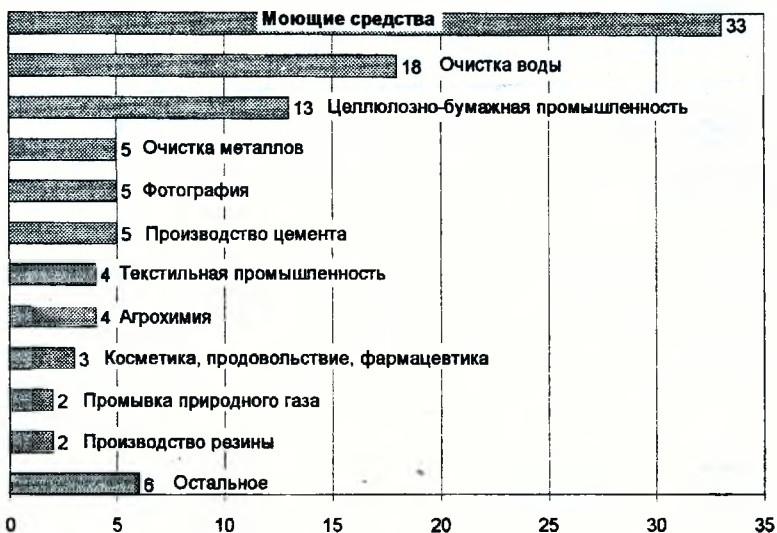
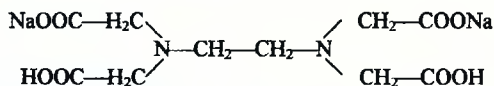


Рис. 1.2. Структура мирового потребления ЭДТА в 1998 году в %.

Молекула двузамещенной натриевой соли ЭДТА имеет следующее химическое строение:



Со всеми многозарядными ионами металлов и в различных условиях ЭДТА образует прочные комплексные соединения в соотношении 1:1. Обратные десятичные логарифмы констант нестойкости приведены в таблице 1.2.

До недавнего времени экологической опасности ЭДТА не придавалось особого значения. Это привело к неконтролируемому сбросам этого соединения в сточные воды. Последние исследования показали, что в присутствии ЭДТА ионы металлов-микроэлементов, необходимые для нормальной жизнедеятельности живых организмов, связываются в прочные комплексы и не могут быть усвоены. Наличие ЭДТА в воде в концентрации более чем 0.1 ммоль/л подавляет способность клеток к размножению и приводит к их частичной гибели. В 1992 году Всемирная организация здравоохранения (ВОЗ) в нормативах для питьевой воды по органическим показателям ввела предельно допустимую концентрацию ЭДТА в питьевой воде на уровне 0.2 ммоль/л.

Таблица 1.2. Обратные десятичные логарифмы констант нестойкости комплексов металлов и ЭДТА.

|             |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|-------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Ион металла | Ag <sup>+</sup>  | Al <sup>3+</sup> | Ba <sup>2+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Cd <sup>2+</sup> | Co <sup>2+</sup> |
| pK          | 7.32             | 16.1             | 7.63             | 10.6             | 16.5             | 16.3             |
| Ион металла | Co <sup>3+</sup> | Cr <sup>3+</sup> | Cu <sup>2+</sup> | Fe <sup>2+</sup> | Fe <sup>3+</sup> | Hg <sup>2+</sup> |
| pK          | 36               | 24               | 18.8             | 14.3             | 25.1             | 21.8             |
| Ион металла | Mg <sup>2+</sup> | Mn <sup>2+</sup> | Ni <sup>2+</sup> | Sr <sup>2+</sup> | V <sup>2+</sup>  | Zn <sup>2+</sup> |
| pK          | 8.64             | 14.0             | 18.6             | 8.53             | 12.7             | 16.5             |

### 1.3. Отбеливатели

Важным компонентом синтетических моющих средств являются химические отбеливатели. Наиболее часто из них используется пероксоборат натрия NaH<sub>2</sub>BO<sub>4</sub>, выделяющий при разложении кислород, который окисляет органические загрязнения на волокнах ткани. Пероксоборат натрия обладает токсическими свойствами. При попадании в пищеварительный тракт он легко всасывается стенками кишечника, в результате чего возникают физиологические нарушения кровообращения, функции почек истройство центральной нервной системы.

Оптические отбеливатели, входящие в состав моющих средств, обладают способностью поглощать УФ-составляющую солнечного света (λ=300-400нм) и преобразовывать полученную энергию в видимый свет, преимущественно в голубой или фиолетовой части спектра (λ=400-500нм). Отбеливающее действие этих веществ основано на том, что излучаемый ими свет компенсирует недостаток синих лучей в свете, отражаемом материалом. Основой большинства оптических отбеливателей являются соединения пиразола:



Производные пиразола уже в малых концентрациях способны вызывать вредное воздействие на кровеносную систему, а в больших концентрациях они вызывают судороги и паралич дыхательных путей.

#### 1.4. Контроль за содержанием компонентов моющих средств в природных и сточных водах

Мировой объем производства и потребления моющих средств постоянно увеличивается, а, следовательно, возрастает сброс их отходов в коммунальные и технологические стоки. Это привело к необходимости постоянного контроля за содержанием важнейших компонентов моющих средств в сточных и природных водах. Данную задачу выполняют специализированные лаборатории на водозаборах, очистных сооружениях промышленных предприятий, лаборатории экологического контроля и т.д. Для того, чтобы было можно сопоставлять результаты определений, проведенные в различных лабораториях, все методики химического анализа строго стандартизируются.

Таблица 1.3. Некоторые стандарты по контролю качества воды.

| Стандарт   | Наименование стандарта  |
|--|---|
| <i>Международный стандарт (ISO)</i>                                      |   |
| ISO 6878-1:1986  | Качество воды. Определение фосфора. Часть 1. Спектрометрический метод с применением молибдата аммония.  |
| ISO 7875-1:1984  | Качество воды. Определение поверхностно-активных веществ. Часть 1. Определение анионных поверхностно-активных веществ спектрофотометрическим методом с метиленовым синим.                                   |
| ISO 7875-2:1984  | Качество воды. Определение поверхностно-активных веществ. Часть 2. Определение неионогенных поверхностно-активных веществ с использованием реактива Драгендорфа.  |
| ISO 10304-1:1992   | Качество воды. Определение растворенных фторида, хлорида, нитрита, ортофосфата, бромида, нитрата и сульфата методом жидкостной ионной хроматографии. Часть 1. Метод для вод с малыми степенями загрязнения. |
| ISO 10304-2:1993   | Качество воды. Определение растворенных бромида, хлорида, нитрата, нитрита, ортофосфата и сульфата методом жидкостной ионной хроматографии. Часть 2. Метод для загрязненных вод.                            |
| <i>Стандарт Американского общества по испытаниям и материалам (ASTM)</i> |   |
| D 515-88   | Метод определения фосфора в воде.   |
| D 3113-92  | Метод определения солей натрия с ЭДТА в воде.   |
| <i>Государственный стандарт РФ (ГОСТ)</i>                                |   |
| ГОСТ 18309-72  | Вода питьевая. Метод определения полифосфатов.  |
| ОСТ 34 70-953.19-91  | Воды производственные тепловых электростанций. Метод определения ЭДТА и ее солей  |

В целях разработки стандартов в области качества воды, включая термины и определения и отбор проб, Международной организацией по стандартизации (ISO) в 1971 году был создан Технический комитет *ISO/TC 147 Water quality (Качество воды)*. Разработка международных стандартов в области охраны окружающей среды относится к приоритетным направлениям деятельности ISO. При разработке международных стандартов специалисты руководствуются директивами ISO, согласно которым содержание этих документов должно быть изложено четко и не должно допускать различного толкования. Стандарты ISO составляются в такой форме, что их легко можно принять в качестве национальных стандартов без дополнительной переработки или при-



менять непосредственно. В США разработку стандартов по контролю качества воды проводит крупнейшая неправительственная организация Американское общество по испытаниям и материалам (ASTM), в рамках которой с 1932 года действует комитет *ASTM D19 Water (Вода)*. В России методики химического анализа качества воды устанавливает Госстандарт Российской Федерации. В табл. 1.3. приведены наименования различных стандартов, которые устанавливают методику определения в воде важнейших компонентов моющих средств.

В Беларуси в области охраны окружающей среды используются следующие нормативные документы: «Перечень методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь» и «Дополнение к Перечню методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь», согласованные с Государственным комитетом по стандартизации, метрологии и сертификации Республики Беларусь. Данные документы включают в себя определение фосфатов, анионных, катионных и неионогенных ПАВ, других составных частей детергентов.

## 2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

### 2.1. Техника лабораторных работ

Для проведения лабораторных опытов необходимо уметь правильно обращаться с химической посудой, которая изготавливается из специальных сортов стекла. Она выдерживает воздействие химических реагентов и колебания температуры. Набор посуды зависит от характера работы, выполняемой в лаборатории. В данной работе используется химическая посуда общего назначения (пробирки, воронки) и мерная посуда, предназначенная для измерения объемов растворов (пипетки, цилиндры, бюретки).

**1. Мерные цилиндры.** Служат для отмеривания с небольшой точностью объемов жидкости. Они представляют собой толстостенные градуированные стеклянные цилиндры с широкой подставкой для их устойчивости (см. рис. 2.1). Мерные цилиндры бывают различной емкости - от 10 мл до 2 л. Объем при градуировке цилиндров как правило указывается в миллилитрах.



Рис. 2.1. Мерный цилиндр.

☑ *Использование.* Необходимо наполнить цилиндр жидкостью до объема немного меньше требуемого. Затем, добавляя жидкость по каплям довести, объем до необходимого уровня.

В случае прозрачной жидкости уровень следует отмеривать по нижнему краю мениска, глядя на цилиндр сбоку на уровне мениска (см. рис. 2.1).

**2. Пипетки.** Предназначены для точного отбора небольших объемов жидкости. На практике чаще используются пипетки двух типов: с расширением (пипетка Мора) и трубчатые калиброванные (см. рис. 2.2). Пипетки бывают различной емкости, как правило, от 1 до 25 мл.

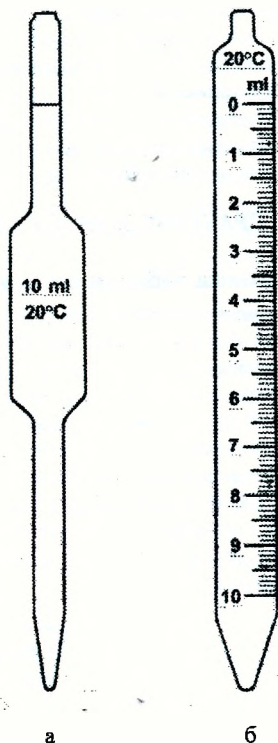


Рис. 2.2. Пипетки: а – пипетка Мора; б – трубчатая калиброванная.

☑ *Использование.* Для наполнения пипетки опустить ее нижним концом в раствор и осторожно засосать его с помощью резиновой груши несколько выше уровня метки. При этом необходимо следить, чтобы нижний конец пипетки всегда находился в растворе. После этого верхний конец пипетки быстро закрыть указательным пальцем, а излишки жидкости выпустить при небольшом ослаблении нажима пальца. Когда нижний уровень раствора дойдет до метки, закрыть плотно верхнее отверстие пальцем. Под пипетку поставить стакан и выпустить в него раствор, убрав палец и касаясь нижним концом пипетки стенки стакана. При этом в оттянутом конце должна оставаться капля жидкости, не вытекающая при открытом верхнем отверстии.

3. **Мерные колбы.** Служат для приготовления растворов точной концентрации (молярной и эквивалентной). Они представляют собой плоскодонные колбы с длинным узким горлышком, на котором нанесена кольцевая метка (черта) (см. рис. 2.3). Мерные колбы бывают различной вместимости - от 25 мл до 2 л.

☑ **Использование.** Необходимо наполнить мерную колбу жидкостью таким образом, чтобы уровень был ниже черты. Затем по каплям довести объем жидкости до кольцевой метки.



Рис. 2.3. Мерная колба.

4. **Бюретки.** Служат для отмеривания точных объемов жидкостей. Обычные бюретки представляют собой длинные узкие, градуированные на десятые доли миллилитра стеклянные трубки (см. рис. 2.4). Нижняя часть трубки переходит в узкую трубку, которая заканчивается оттянутым концом. Для спуска жидкости имеются краны. Вместо крана может использоваться металлический зажим или шарик, вставленный в резиновую трубку и пропускающий жидкость лишь при нажатии на него рукой (см. рис. 2.4). Вместимость бюреток - от 1 до 100 мл.

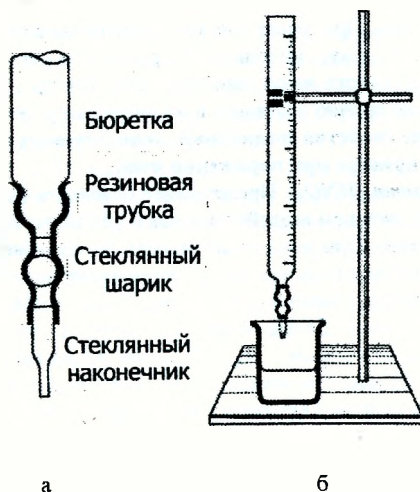


Рис. 2.4. Стеклянная бюретка: а - устройство; б - общий вид.

☑ *Использование.* Укрепить бюретку вертикально в лапке штатива и при помощи воронки залить требуемым раствором. При этом воронку нужно слегка приподнимать рукой, чтобы между ней и бюреткой оставался небольшой зазор для выхода воздуха. После этого подставить под бюретку стакан и заполнить нижнюю часть ее жидкостью, для чего полностью открыть кран или зажим. Как только жидкость заполнит нижнюю часть, закрыть кран или зажим. Долить раствором выше нулевого деления и осторожно выпустить излишек жидкости до начального деления. Следить, чтобы в нижней трубке с оттянутым концом не было воздуха.

## 2.2. Техника безопасности

При выполнении лабораторных работ студент должен уметь правильно обращаться со стеклянной химической посудой, соблюдать особую осторожность при работе с токсичными и едкими веществами, знать меры первой доврачебной помощи.

**1. Работа со стеклянной посудой.** Основным травмирующим фактором при работе со стеклянной химической посудой являются острые осколки стекла, способные вызвать порезы тела работающего. По этой причине следует соблюдать особую осторожность при использовании такой посуды. Если же во время работы стеклянная посуда все таки разбилась, то необходимо предпринять следующие меры.

☑ *Первая помощь.* При порезах рук или других частей тела стеклом следует удалить из раны мелкие осколки, после чего промыть ее 2%-ным раствором перманганата калия или этиловым спиртом, смазать йодной настойкой и забинтовать. Осколки стекла, попавшие в глаза, может удалить только медицинский работник.

При уборке рабочего места осколков разбитой посуды, во избежание порезов рук, следует собирать щеткой и совком.

**2. Работа с электронагревательными приборами.** При использовании электронагревательных приборов необходимо соблюдать максимальную осторожность. Перед началом работы с ними следует ознакомиться с инструкцией по их эксплуатации. При работе с водяной баней нужно следить, чтобы в ней постоянно была вода. Во избежание термического ожога нельзя касаться руками нагревательных элементов электрической плитки.

☑ *Первая помощь.* При ожогах легкой степени тяжести необходимо на пораженное место наложить повязку, смоченную 2% раствором перманганата калия. При ожогах средней степени тяжести на пораженное место накладывается стерильная повязка. Пострадавшего нужно срочно доставить в медицинское учреждение.

**3. Токсические свойства соединений, используемых в лабораторной работе, и меры неотложной помощи при поражении ими.**

*Азотная кислота (HNO<sub>3</sub>).* Представляет опасность (вызывает сильные химические ожоги) как при внешнем воздействии, так и при попадании вовнутрь.

☑ *Первая помощь.* При попадании кислоты на кожу место поражения немедленно промыть большим количеством воды, продолжительность промывания 10-15 минут. Щелочные растворы применять для промывания нельзя, так как при взаимодействии с водой они выделяют большое количество тепла, что может усугубить тяжесть поражения. В случае поражения глаз - обильное промывание водой в течение 10-15 минут. При попадании кислоты вовнутрь - обильное питье, вызывать рвоту без применения механических средств. Обратиться за помощью в медицинское учреждение.

## 2.3. Лабораторная работа

### Опыт №1

#### Качественная реакция на присутствие неионогенных ПАВ

☑ Данная реакция положена в основу количественного определения неионогенных ПАВ в сточных и природных водах по стандарту ISO 7875-2:1984. Чувствительность реакции - 0,05 мг/л.

Качественное определение неионогенных поверхностно-активных веществ основано на их реакции с реактивом Драгендорфа, представляющем собой смесь тетрагидродвисмутата калия ( $K[BiCl_4]$ ), хлорида бария ( $BaCl_2$ ) и уксусной кислоты.

В пробирку внесите 2-3 мл исследуемой воды. Прибавьте 4-5 капель реактива Драгендорфа. Тщательно перемешайте содержимое стеклянной палочкой. Какие изменения происходят с раствором? Опишите их в рабочей тетради.

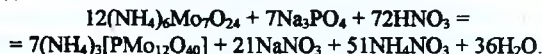
☑ Количественный анализ неионогенных поверхностно-активных веществ проводят путем отбеления и растворения полученного осадка с последующим определением концентрации в нем ионов висмута, эквивалентной концентрации ПАВ.

### Опыт №2

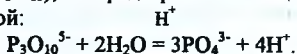
#### Качественная реакция на присутствие фосфатов

☑ Данная реакция положена в основу количественного определения неионогенных ПАВ в сточных и природных водах по стандарту ISO 6878-1:1986.

Качественное определение фосфатов в основном на их реакции с 24-оксогептамолибдатом (VI) аммония в результате чего образуется аммонийная соль фосфорномолибденовой кислоты:



Поскольку в мощных средствах фосфор содержится в виде триполифосфатов натрия и калия ( $Na_5P_3O_{10}$  и  $K_3P_3O_{10}$ ), их предварительно следует перевести в фосфаты нагреванием с азотной кислотой:



Большинство производителей рекомендуют использовать порошкообразные моющие средства в виде раствора с массовой долей 1%, жидкие моющие средства - в виде раствора с массовой долей 0,5%. Для анализа следует приготовить более концентрированный раствор исследуемого моющего средства (2%). Для этого необходимо выполнить следующую последовательность действий:

1. Отмерьте 49 мл воды с помощью мерного цилиндра на 50 мл.
2. С помощью теххимических весов взвесьте в кварцевой чашке (*Осторожно!*) 1 грамм порошкообразного моющего средства (стирального порошка).
3. Аккуратно перенесите навеску вещества в химический стакан. Оставшиеся в чашке частички смойте водой из цилиндра и тоже перенесите в стакан.
4. Оставшуюся в цилиндре воду небольшими порциями приливайте в стакан при постоянном перемешивании стеклянной палочкой. (*Не следует слишком интенсивно перемешивать раствор во избежание вспенивания.*) В случае плохого растворения моющего средства стакан с раствором следует поместить на электрическую плитку.

В первую пробирку внесите 10 капель приготовленного раствора, 10 капель 6М раствора азотной кислоты и 10 капель 0,5М раствора 24-оксогептамолибдата (VI) аммония. Во вторую (контрольную) пробирку внесите 10 капель дистиллированной воды, 10 капель 6М раствора азотной кислоты и 10 капель 0,5М раствора 24-оксогептамолибдата (VI) аммония. Обе пробирки на 5 минут поместите на водяную

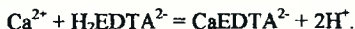


баню. Какие изменения произошли с содержимым пробирок? О чем это свидетельствует? Опишите произошедшие изменения в рабочих тетрадях.

### Опыт №3

#### Количественное определение ЭДТА в моющих средствах

В основу определения положена реакция ЭДТА ( $H_4EDTA$ ) или ее натриевой соли ( $Na_2H_2EDTA$ ) с многозарядными ионами металлов, в данном случае с ионами кальция ( $Ca^{2+}$ ):



Количественное определение содержания ЭДТА в моющих средствах проводится методом *титриметрии*. Титриметрия - аналитический метод, основанный на измерении количества реагента, израсходованного на реакцию с определяемым веществом. Реагент обычно применяют в виде раствора с точно известной концентрацией. В данной работе реагентом служит 0.5н раствор хлорида кальция ( $CaCl_2$ ). Раствор реагента из бюретки прибавляют в анализируемый раствор моющего средства до достижения *точки эквивалентности*, то есть такого состояния, когда ЭДТА и  $CaCl_2$  будут находиться в строго стехиометрическом соотношении. Фиксируется точка эквивалентности по изменению окраски индикатора.

Основной расчетов в титриметрическом анализе служит формула:

$$C_{H1} \cdot V_1 = C_{H2} \cdot V_2,$$

где  $C_{H1}$  и  $C_{H2}$  - эквивалентные концентрации реагирующих веществ, а  $V_1$  и  $V_2$  - их объемы.

1. В бюретку залейте раствор хлорида кальция ( $CaCl_2$ ) точной эквивалентной концентрации (0.5н). Установите нижний край мениска на нулевую отметку.

2. С помощью пипетки отмерьте 25 мл 1% раствора моющего средства и вылейте в коническую колбу вместимостью 50 мл. Прибавьте 5 капель аммонийного буфера и 2-3 микрошпателя индикатора - *кислого хрома темно-синего*. Смесь приобретет синюю окраску.

3. Раствор хлорида кальция небольшими порциями (0.1-0.2 мл) приливайте из бюретки в коническую колбу при *постоянном* перемешивании. В конце титрования раствор щелочи приливайте *по каплям*. Точка эквивалентности (конец титрования) наступает в тот момент, когда после прибавления одной капли раствора хлорида кальция содержимое конической колбы изменяет свою окраску с синей на винно-красную.

4. По шкале бюретки определите объем раствора хлорида кальция, пошедший на титрование, результат измерения занесите в итоговую таблицу к опыту №3.

5. Повторите титрование еще 2 раза. Перед началом титрования каждый раз доливайте раствор хлорида кальция в бюретке до нулевой отметки. По результатам титриметрического анализа заполните итоговую таблицу к опыту №3.

Итоговая таблица к опыту №3

| Номер определения | V( $CaCl_2$ ), мл | V( $CaCl_2$ ) средний, мл | $C_H$ ( $CaCl_2$ ), экв/л | V (ЭДТА), мл | $C_H$ (ЭДТА) |
|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|--------------|--------------|
| 1 титрование      |                   |                           | 0.5                       | 25           |              |
| 2 титрование      |                   |                           | 0.5                       | 25           |              |
| 3 титрование      |                   |                           | 0.5                       | 25           |              |

## 2.4. Контрольные задания

1. Рассчитайте массовую долю фосфора в ортофосфате натрия ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ), триполифосфате натрия ( $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ) и триполифосфате калия ( $\text{K}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ ).

*При решении задач 2 - 7 воспользуйтесь данными таблицы 1.1.*

2. Рассчитайте, в каком объеме воды следует растворить содержимое одной стандартной пачки стирального порошка «Лотос» (600 грамм), чтобы в полученном растворе содержание ПАВ составило 0.1 мг/л, что соответствует предельно допустимой концентрации ПАВ в водах водоемов рыбохозяйственного значения.

3. Рассчитайте, в каком объеме воды следует растворить содержимое одной стандартной пачки стирального порошка «Ока» (600 грамм), чтобы в полученном растворе содержание ПАВ составило 0.1 мг/л, что соответствует предельно допустимой концентрации ПАВ в водах водоемов рыбохозяйственного значения.

4. Рассчитайте, в каком объеме воды следует растворить содержимое одной стандартной пачки стирального порошка «Эра» (600 грамм), чтобы в полученном растворе содержание ПАВ составило 0.1 мг/л, что соответствует предельно допустимой концентрации ПАВ в водах водоемов рыбохозяйственного значения.

5. Рассчитайте, в каком объеме воды следует растворить содержимое одной стандартной пачки стирального порошка «Малыш» (600 грамм), чтобы в полученном растворе содержание ПАВ составило 0.1 мг/л, что соответствует предельно допустимой концентрации ПАВ в водах водоемов рыбохозяйственного значения.

6. Рассчитайте, в каком объеме воды следует растворить содержимое одной стандартной пачки стирального порошка «Био С» (600 грамм), чтобы в полученном растворе содержание ПАВ составило 0.1 мг/л, что соответствует предельно допустимой концентрации ПАВ в водах водоемов рыбохозяйственного значения.

7. Рассчитайте, в каком объеме воды следует растворить содержимое одной стандартной пачки стирального порошка «Нептун» (600 грамм), чтобы в полученном растворе содержание ПАВ составило 0.1 мг/л, что соответствует предельно допустимой концентрации ПАВ в водах водоемов рыбохозяйственного значения.

8. На основании данных таблицы 1.2. расположите следующие металлы в порядке увеличения эффективности их связывания в комплексные соединения этилендиаминтетрауксусной кислотой: медь, железо, цинк, ртуть, хром, кобальт, никель, кадмий.

9. Содержание ортофосфата натрия ( $\text{Na}_3\text{PO}_4$ ) в стиральном порошке «E-Standard», производства фирмы «Cussons» составляет 15%. Рассчитайте массу чистого фосфора, содержащегося в одной пачке этого стирального порошка массой 600 грамм.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Philip C.H. Mitchell. Metal complexes of EDTA: an exercise of data interpretation // Journal of Chemical Education, 1997, vol. 74, No.10, p.1235-1237.
2. George S. Kriz, Jr., Kay Dian Kriz. Analysis of phosphates in detergents // Journal of Chemical Education, 1971, vol. 48, No.8, p.551-552.
3. David Williams. Storing up trouble // Chemistry in Britain, 1998, No.1, p.48-50.
4. K.I. Kump, F.A. Palocsay, T.N. Gallaher. Determination of the percent  $\text{Na}_4\text{EDTA}$  in bathroom cleaners // Journal of Chemical Education, 1978, vol. 55, No.4, p.265-267.
5. Фомин Г.С., Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. Энциклопедический справочник. - М.:Протектор, 1995. -624с.
6. Химическая энциклопедия: В 5 т., т.3. Под ред. Кунынца И.Л. - М.:БРЭ, 1992. - 639с.
7. Химическая энциклопедия. В 5 т., т.4. Под ред. Зефирова Н.С., - М.:БРЭ, 1995. - 639с.
8. Эткинс П., Молекулы. - М.:Мир, 1991. - 216с.
9. Суворов А.В. Никольский А.Б., Общая химия. - СПб.: Химия, 1995. - 624с.
10. Taschenlexikon Chemie. Hrsg. von Hans Keune. - Leipzig: Dt. Verl. für Grundstoffind., 1990. - 512s.
11. Пацак Й., Органическая химия. - М.:Мир, 1986. - 366с.
12. Фелленберг Г., Загрязнение природной среды. Введение в экологическую химию. - М.:Мир, 1997. - 232с.
13. Строчак П.П., Словарь терминов по химии и технологии воды, Брест: БрПИ, 1997. - 228с.
14. Воскресенский П.И. Начала техники лабораторных работ. - М.:Химия, 1971. - 224с.
15. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Белорусский научно-исследовательский центр «Экология». Сборник методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь. Часть 1. - Мн.:НТЦ «АПИ», 1997. - 263с.
16. Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь. Белорусский научно-исследовательский центр «Экология». Сборник методик выполнения измерений, допущенных к применению в деятельности лабораторий экологического контроля предприятий и организаций Республики Беларусь. Часть 2. - Мн.:НТЦ «АПИ», 1997. - 283с.
17. Фашевский Б.В., Основы экологической гидрологии. - Мн.:Экоинвест, 1996. - 240с.
18. Состояние природной среды Беларуси. Экологический бюллетень 1998. Под ред. Логинова В.Ф. - Мн.:Минсктиппроект, 1999. - 203с.

# СОДЕРЖАНИЕ

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. СИНТЕТИЧЕСКИЕ МОЮЩИЕ СРЕДСТВА</b>   | <b>3</b>  |
| 1.1. ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА   | 3         |
| 1.2. КОМПЛЕКСООБРАЗОВАТЕЛИ  | 5         |
| 1.3. ОТБЕЛИВАТЕЛИ   | 7         |
| 1.4. КОНТРОЛЬ ЗА СОДЕРЖАНИЕМ КОМПОНЕНТОВ МОЮЩИХ СРЕДСТВ В ПРИРОДНЫХ И СТОЧНЫХ ВОДАХ | 8         |
| <b>2. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</b>  | <b>9</b>  |
| 2.1. ТЕХНИКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ   | 9         |
| 2.2. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ   | 12        |
| 2.3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА  | 13        |
| 2.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ  | 15        |
| <b>ЛИТЕРАТУРА</b>   | <b>16</b> |

УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Составители:  
СТРОКАЧ Петр Павлович  
ХАЛЕЦКИЙ Виталий Анатольевич  
ЯЛЮВАЯ Наталья Петровна

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к лабораторным работам по курсу  
«Отраслевая экология»  
для студентов всех специальностей  
дневного и заочного обучения

Ответственный за выпуск: Халецкий Виталий Анатольевич  
Редактор: Строкач Таисия Владимировна

Подписано в печать 30.06.2000. Формат 60x84/16. Бумага писчая № 1. Усл. печ.  
л. 1,1. Уч. изд. л. 1,25. Зак. № 599. Тираж 150 экз. Отпечатано на ризографе  
Брестского государственного технического университета. 224017, г. Брест, ул.  
Московская, 267.