

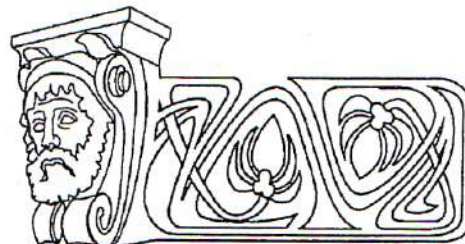


УДК 543

ОРГАНИЗОВАННЫЕ СРЕДЫ КАК АЛЬТЕРНАТИВА ТРАДИЦИОННЫМ РАСТВОРИТЕЛЯМ В ХИМИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ

С.Н. Штыков

Саратовский государственный университет,
кафедра аналитической химии и химической экологии
E-mail: ShtykovSN@info.sgu.ru



Кратко рассмотрены типы реакционных сред, используемых в аналитической химии. Выявлены основные отличия организованных сред от традиционных, дана их классификация. Показано, что организованные наносистемы, входящие в состав таких сред, являются объектами изучения нанохимии и супрамолекулярной химии. Приведены основные результаты, полученные в научной группе при изучении термодинамических свойств и структуры организованных сред, их влияния на протолитические, таутомерные, комплексообразующие, окислительно-восстановительные свойства аналитических реагентов. Рассмотрены результаты применения организованных сред в спектрофотометрии, люминесценции, химических сенсорах, жидкостной хроматографии.

**Organized media as an alternative to conventional solvents
in chemical analysis**

S.N. Shtykov

The types of reaction media used in analytical chemistry have been briefly considered. The main differences of organized media from conventional ones have revealed and their classification has been given. It has been shown that organized nanosystems to be incorporated into these media are the subject of nanochemistry and supramolecular chemistry. The main results obtained in scientific group in studies of thermodynamic properties and structure of organized media, their impact on protolytic, tautomeric, complexing, red-ox properties of analytical reagents have been given. The results of application of organized media in spectrophotometry, luminescence, chemical sensors and liquid chromatography have been considered.

Традиционные среды

В течение многих столетий основным растворителем, которым пользовались химики-аналитики, являлась вода. Вода одинаково пригодна для растворения неорганических и органических веществ и благодаря своим уникальным свойствам является практически единственным растворителем, амфотерные свойства которого предопределяют существование большого и почти равного числа разных по силе кислот и оснований.

Однако со временем даже столь универсальные и уникальные свойства воды как растворителя перестали удовлетворять многих химиков, в том числе и аналитиков. Появилось желание *управлять свойствами ве-*

ществ и самим химическим процессом [1], проводить такие реакции, которые не протекают в воде или протекают очень медленно. И вот с середины XIX в. сначала эпизодически, а с 1990-х годов все более интенсивно в химическую практику начали входить неводные растворители. Обширные исследования, особенно в первой половине XX в., привели к тому, что неводные среды стали применять не только в научных лабораториях, но и в рутинном химическом анализе [2, 3].

В результате систематических исследований выяснилось, что растворитель является не только средой, в которой протекают химические реакции, но и их активным участником. Его влияние на химический процесс определяется, прежде всего, двумя важнейшими характеристиками: донорно-акцепторными свойствами и величиной диэлектрической проницаемости среды. Значит, прежде чем *управлять химическим процессом*, надо научиться *управлять самим растворителем, т.е. свойствами реакционной среды* [1].

Регулировать оба свойства сразу, применяя индивидуальные растворители, невозможно. Выход из положения был найден простой: химики начали использовать *смешанные* неводные или водно-органические среды. Несмотря на значительные успехи в управлении химическим процессом, достигнутые с появлением таких реакционных сред, многие проблемы решить не удалось. Электропроводность таких растворов была низка, реакции между гидрофобными и гидрофильными (ионными) веществами протекали не всегда или имели низкую скорость из-за сольватации или фазового разделения компонентов.

Ряд новых задач для химии растворов поставила также аналитическая химия, одной из основных задач которой является сниже-



ние пределов обнаружения веществ. Однако известно, что чем ниже концентрация определяемых веществ в растворе, тем меньше вероятность их контакта с реагентом и вероятность самой аналитической реакции. Таким образом, определение веществ на уровне нано- и пикограммов, а также необходимость повышения эффективности переноса энергии возбуждения молекул в спектроскопическом анализе или переноса электрона в электрохимии требовали *локального концентрирования* компонентов реакции. К тому же в ходе, например, хроматографического разделения смеси гидрофильных и гидрофобных веществ возникала потребность в динамической модификации поверхности сорбента [4]. И тогда исследователи вновь вернулись к воде, обратив внимание на эффект самоорганизации дифильных молекул поверхностно-активных веществ (ПАВ) в мицеллы.

Микрогетерогенные организованные среды

Организованные среды принципиально отличаются от описанных выше классических гомогенных сред тем, что они являются *микрогетерогенными*. Они содержат растворитель и распределенное в нем огромное число ансамблей дифильных молекул или ионов ПАВ. Молекулы такого ансамбля коллективно образуют собственную наноразмерную псевдофазу, свойства среды которой резко отличаются от основного растворителя, позволяя получить принципиально новый тип реакционной среды. По природе молекул, входящих в состав таких растворителей, и способу образования организованных систем можно выделить два типа организованных сред [5]: среды, содержащие организованные *мицеллярные системы*, и среды, содержащие *молекулы-рецепторы*.

Мицеллярные системы представляют собой ансамбли нескольких десятков или сотен дифильных молекул ПАВ (дисперсная фаза), распределенных в общей массе водного (прямые мицеллы) или неводного (обратные мицеллы) растворителя (дисперсионная среда) [5]. Кроме молекул ПАВ, в состав более сложных мицеллярных систем, например микроэмульсий, могут входить два-три других компонента, в частности углеводороды

и спирты. К мицеллярным системам относят также липосомы, наносомы и везикулы, получаемые не только искусственно, но и существующие в любом живом организме. Мицеллярные системы могут образовываться и на соприкасающейся с раствором твердой поверхности, образуя гемимицеллы (полумицеллы), адмицеллы (адсорбционные бислои) или наноразмерные пленки Ленгмюра-Блоджетт (ПЛБ). Характерным признаком самоорганизующихся мицеллярных систем является динамическое равновесие, включающее их непрерывное образование и распад.

Своеобразие наноразмерной фазы, создаваемой ансамблем ПАВ, состоит в том, что она практически не имеет макроскопического аналога [5]. Следует также отметить, что образование мицеллярных ансамблей в результате самоорганизации (самосборки) молекул или ионов ПАВ в растворе не связано с возникновением новых межмолекулярных химических связей, что позволяет отнести их к *супрамолекулярным* структурам, являющимся предметом изучения нового раздела химии, зародившегося в последнее десятилетие XX века – *супрамолекулярной химии* [6]. В то же время такие ансамбли являются предметом изучения *нанохимии*, поскольку их размеры находятся в пределах 2–50 нм, и вследствие этого обладают огромным запасом поверхностной энергии и необычными свойствами.

Представителями второй группы организованных сред являются растворы различных молекул-рецепторов, например циклодекстринов, каликсаренов, циклофанов, кавитандов, карцерандов и т.д., образующих в пространстве жесткие трехмерные полости [5]. Такие полости выступают в роли «хозяев» (рецепторов) для включаемых в полость «гостей», давая начало химии «гость-хозяин». Образование *супрамолекулярного* комплекса включения по типу «гость-хозяин» протекает также без возникновения новых химических связей и лежит в основе принципа *молекулярного распознавания* веществ. К такого рода молекулам можно отнести и *дендримеры*, представляющие из себя огромную разветвленную шарообразную молекулу, исходящую как бы из одной точки.



В целом термин *организованные среды* относится к прозрачным, оптически изотропным растворам, в которых в основной массе растворителя (водного или неводного) присутствуют наноразмерные системы, образующие собственную нанофазу. Таким образом, организованные среды гомогенны и однофазны в макромасштабе, но микрогетерогенны и двухфазны на наноуровне [4, 5].

Принципиальное отличие микрогетерогенных организованных сред от привычных для нас гомогенных растворов состоит в том, что определяющую роль в них играет *локальный эффект* [4, 5], связанный с сольubilизацией (растворением) гидрофильных и гидрофобных молекул в нанообъеме мицеллярной системы или полости молекулы-рецептора. В этом случае изменение свойств и реакционной способности растворенных веществ обусловлено изменением состояния среды только в их *микроокружении*, а не во всем растворителе. Поскольку химическая реакция протекает не в основной массе растворителя, а в такой наноразмерной микрофазе, то последнюю называют *нанореактором* [5].

Основные результаты

Изучение физико-химических свойств и аналитического применения организованных сред проводится нами по нескольким направлениям:

- термодинамические, транспортные и микроскопические (метод молекулярного зонда) свойства жидких организованных сред;

- влияние мицеллярных систем и молекул-рецепторов (нанореакторов) на физико-химические свойства аналитических органических реагентов, а также протолитические, таутомерные, окислительно-восстановительные, комплексообразующие, сольubilизационные равновесия и перенос энергии возбуждения в растворах органических реагентов;

- свойства организованных сред на поверхности, изучаемые методами хроматографии и Ленгмюра–Блоджетт;

- применение различных типов организованных сред в спектрофотометрическом, люминесцентном, хроматографическом методах анализа, оптических сенсорах и в экстракции веществ.

Свойства организованных сред

На основании анализа результатов измерений изотермической сжимаемости, термического коэффициента объемного расширения и плотности водных растворов анионных, катионных и неионных ПАВ при концентрациях ниже и выше критической концентрации мицеллообразования (ККМ) установлено, что объемные свойства растворов всех типов ПАВ до ККМ не зависят от их природы, длины углеводородного радикала и концентрации и соответствуют таковым самой воды; при этом гидратация их молекул (ионов) в целом гидрофобна [7, 8]. Протяженность области концентраций ПАВ, внутри которой объемные свойства *реальных* и *идеальных* растворов практически совпадают, имеет верхнюю границу, которой является ККМ, что подтвердили и калориметрические измерения [9].

Установлено, что зависимости указанных трех объемных свойств и внутреннего давления микроэмульсий на основе додецилсульфата натрия (ДДС) от концентрации воды имеют монотонный характер, что не отражает радикальных структурных перестроек, происходящих в системе [10, 11]. В противоположность этому концентрационная зависимость *температурного коэффициента внутреннего давления* имеет характерный изгиб, что позволило предложить новый термодинамический параметр для исследования структурных переходов в микроэмульсиях [12]. Найденные границы структурных состояний микроэмульсий коррелируют с изменениями транспортных свойств [11], спектральных характеристик молекулярных зондов [13] и калориметрическими данными [14].

Свойства органических реагентов в организованных средах

В серии работ нами показано, что сольubilизация органических реагентов в мицеллах, микроэмульсиях, ПЛБ, циклодекстринах изменяет их протолитические [15, 16], таутомерные [17, 18], окислительно-восстановительные [19] и, следовательно, комплексообразующие [19, 20] свойства. Указанные изменения являются следствием изменения свойств среды (микрополярности, микрокислотности, диэлектрической проницаемости) в микроокружении сольubilизированных ре-



агентов и характера их гидратации [21–23]. Установлено, что в мицеллах катионных ПАВ (КПАВ) [16, 19, 22] и пленках Ленгмюра–Блоджетт [24, 25] на основе КПАВ кислотные свойства реагентов трифенилметанового, дифениламинового рядов и азосоединений усиливаются. В мицеллах неионных и анионных ПАВ [20, 23] и микроэмульсиях анионного типа [26], наоборот, кислотные свойства реагентов ослабляются.

Впервые показано, что сольubilизация в мицеллах ПАВ сдвигает кето-енольное и азохинонгидразонное таутомерные равновесия в сторону менее полярных енольного и азоидного таутомеров [17, 18, 27]. Данный сдвиг, наряду с изменением протолитических равновесий, может оказывать существенное влияние на последующее комплексообразование органических реагентов с ионами металлов.

Организованные среды в люминесценции

Наиболее интересные результаты получены при изучении явления сенсibilизированной фосфоресценции при комнатной температуре (С-ФКТ). Концентрирование и сближение компонентов аналитической реакции и тяжелого атома таллия (I) в нанопазе мицеллы или микроэмульсии по принципу супрамолекулярной самосборки позволило впервые реализовать триплет-триплетный (Т-Т) перенос энергии с молекул красителя (донор) на молекулы полициклических ароматических углеводородов (ПАУ) и, следовательно, С-ФКТ [28, 29]. Обнаруженный эффект использован для разработки *нового избирательного метода* определения ПАУ в их смеси [30–32]. При этом акридиновые красители выполняли роль *органических реагентов в возбужденном триплетном состоянии* на те или иные ПАУ [30, 33]. Условием подбора таких реагентов является большая величина триплета красителя по отношению к триплету ПАУ.

Изучено влияние на процесс дезактивации триплетной энергии различных спиртов [34, 35], смесей ПАВ [36], внешнего и внутреннего тяжелых атомов [37] и рассмотрены факторы, определяющие связывание кислорода в мицеллярных растворах ДДС [38]. Впервые показано, что Т-Т перенос и С-ФКТ возможны и в микроэмульсиях [39].

Важные для анализа результаты получены при использовании мицелл для повышения эффективности синглет-синглетного переноса энергии в многокомпонентных системах с участием РЗЭ. Показано, что в оптимальных условиях, в результате так называемого *эффекта антенны*, можно получить 1000-кратное увеличение интенсивности флуоресценции, которое может быть использовано в аналитических целях для определения европия [40]. Кроме металла такие системы позволяют определять и концентрацию лигандов, например АТФ [41] или тетрациклинов [42]. Высокой селективностью обладает также предложенный нами метод определения цетилпиридиния, основанный на явлении тушения флуоресценции в мицеллах [43].

Организованные среды в химических сенсорах

Получение организованных сред на поверхности, в частности наноразмерных пленок Ленгмюра–Блоджетт, путем последовательного переноса монослоев с поверхности воды на твердую подложку позволило реализовать *новые подходы* в создании оптических и пьезокварцевых сенсоров, основанные на нанотехнологиях. Наиболее важные преимущества сенсорных нанослоев, созданных с применением ЛБ технологии, следующие [44]:

- высокая однородность пленки, сочетающаяся с направленной взаимной ориентацией молекул и их функциональных групп в монослое;
- возможность контроля и воспроизведения толщины пленки с точностью до одной молекулы и выявления оптимального числа монослоев, обеспечивающих наибольший аналитический эффект;
- возможность варьирования химической природы пленки посредством изменения природы дифильной молекулы или созданием смешанных монослоев.

На основе данной технологии предложены оптические сенсоры для определения pH в широком диапазоне кислотности, основанные на варьировании природы матрицы ПЛБ [24, 25], и пьезокварцевые сенсоры с регулируемым числом монослоев ПАВ, алкилированных циклодекстринов и каликсаренов [45–47]. Основой этих результатов



явилась серия работ по свойствам самих ПЛБ [48–52]. Предложены также оптические датчики для ПАУ на основе эффекта ФКТ на твердой подложке [53].

*Организованные среды
на основе мицелл ПАВ и циклодекстринов
в жидкостной хроматографии*

Результаты применения организованных сред в тонкослойной хроматографии, связанные с модификацией как подвижной фазы, так и твердого сорбента, обобщенные в обзорах [54, 55], подробно рассмотрены в отдельной статье профессора Е.Г. Суминой.

Приведенные результаты получены при поддержке РФФИ (проекты 94-03-08759; 97-03-33393; 01-03-32649; 04-03-32946), Министерства образования и науки РФ (проекты 45166, 97-0-9.5-40; E00-5.0-253; E02-5.0-65).

Библиографический список

1. Фиалков Ю.А. Растворитель как средство управления химическим процессом. Л., 1990.
2. Денеш И. Титрование в неводных средах. М., 1971.
3. Будников Г.К., Троепольская Т.В., Улахович Н.А. Электрохимия хелатов металлов в неводных средах. М., 1980.
4. Штыков С.Н. // Вісник Харків нац. ун-та. 2000. №495. С.9–14.
5. Штыков С.Н. // Журн. аналит. химии. 2002. Т.57, №10. С.1018–1028.
6. Лен Ж.-М. Супрамолекулярная химия. Концепции и перспективы. Новосибирск, 1998.
7. Карцев В.Н., Штыков С.Н., Цепулин В.В. и др. // SÖFW-Journal. 2002. №2. С.52–57.
8. Карцев В.Н., Штыков С.Н., Цепулин В.В. и др. // Журн. физ. химии. 2000. Т.74, №2. С.2285–2288.
9. Батов Д.В., Карцев В.Н., Штыкова Л.С., Штыков С.Н. // Изв. вузов. Химия и хим. технол. 2003. Т.46, №6. С.80–82.
10. Карцев В.Н., Штыков С.Н., Цепулин В.В., Штыкова Л.С. // Коллоид. журн. 2000. Т.62, №6. С.860–862.
11. Карцев В.Н., Штыков С.Н., Синева А.В. и др. // Коллоид. журн. 2003. Т.65, №3. С.429–432.
12. Карцев В.Н., Штыков С.Н., Штыкова Л.С. // Фазовые переходы, критические явления в конденсированных средах: Сб. тр. Междунар. конф. Махачкала, 2002. С.124–127.
13. Штыков С.Н., Мельников Г.В., Штыкова Л.С. // Изв. РАН. Сер. хим. 2002. №2. С.381–385.
14. Батов Д.В., Карцев В.Н., Штыкова Л.С., Штыков С.Н. // Изв. вузов. Химия и хим. технол. 2003. Т.46, №7. С.7–10.
15. Штыков С.Н., Сумина Е.Г. // Журн. аналит. химии. 1997. Т.52, №7. С.697–702.
16. Бурмистрова Н.А., Муштакова С.П., Штыков С.Н. и др. // Изв. РАН. Сер. хим. 2000. Т.49, №8. С.1386–1388.
17. Штыков С.Н., Паришина Е.В. // Журн. физ. химии. 1994. Т.68, №1. С.114–118.
18. Штыков С.Н., Окунев А.В., Сафарова М.И. // Журн. аналит. химии. 2003. Т.58, №11. С.1154–1160.
19. Бурмистрова Н.А., Муштакова С.П., Штыков С.Н. и др. // Журн. аналит. химии. 2001. Т.56, №7. С.732–738.
20. Штыков С.Н., Сумина Е.Г., Малова М.И. // Журн. аналит. химии. 1997. Т.52, №7. С.707–712.
21. Карцев В.Н., Цепулин В.В., Амелин В.Г. и др. // Журн. физ. химии. 1986. Т.60, №1. С.232–234.
22. Штыков С.Н., Амелин В.Г., Сорокин Н.Н., Чернова Р.К. // Журн. физ. химии. 1986. Т.60, №2. С.345–349.
23. Штыков С.Н., Паришина Е.В. // Журн. аналит. химии. 1995. Т.50, №7. С.740–746.
24. Штыков С.Н., Русанова Т.Ю. // Докл. РАН. 2003. Т.388, №5. С.643–645.
25. Штыков С.Н., Русанова Т.Ю., Смирнова Т.Д., Горин Д.А. // Журн. аналит. химии. 2004. Т.59, №2. С.198–201.
26. Штыкова Л.С., Богомоллова И.В., Еременко С.Н. // Органические реагенты в организованных средах: Межвуз. сб. науч. ст. Саратов, 2003. С.141–144.
27. Подкосов К.В., Окунев А.В., Штыков С.Н. // Органические реагенты в организованных средах: Межвуз. сб. науч. ст. Саратов, 2003. С.128–135.
28. Мельников Г.В., Горячева И.Ю., Штыков С.Н. // Докл. РАН. 1998. Т.361, №1. С.72–73.
29. Shtykov S., Melnikov G., Goryacheva I. // J. Mol. Struct. 1999. V.483/483. P.699–702.
30. Горячева И.Ю., Мельников Г.В., Штыков С.Н. // Журн. аналит. химии. 2000. Т.55, №9. С.971–975.
31. Melnikov G., Shtykov S., Goryacheva I. // Anal. Chim. Acta. 2001. V.439. P.81–86.
32. Goryacheva I., Shtykov S., Melnikov G., Fedorenko E. // Environ. Chem. Lett. 2003. №1. P.82–85.
33. Мельников Г.В., Штыков С.Н., Горячева И.Ю., Федоренко Е.В. // Изв. РАН. Сер. хим. 2001. №6. С.944–946.
34. Заев Е.Е., Мельников Г.В., Штыков С.Н., Штыкова Л.С. // Журн. физ. химии. 2002. Т.76, №5. С.912–914.
35. Мельников Г.В., Штыков С.Н., Заев Е.Е., Штыкова Л.С. // Журн. физ. химии. 2003. Т.77, №2. С.345–348.
36. Горячева И.Ю., Мельников Г.В., Штыков С.Н. // Журн. физ. химии. 2003. Т.77, №2. С.281–284.
37. Горячева И.Ю., Штыков С.Н., Мельников Г.В., Федоренко Е.В. // Журн. физ. химии. 2004. Т.78, №12. С.2264–2267.
38. Левицин Л.В., Мельников Г.В., Штыков С.Н., Горячева И.Ю. // Журн. физ. химии. 2002. Т.76, №4. С.699–703.
39. Мельников Г.В., Штыков С.Н., Штыкова Л.С., Горячева И.Ю. // Изв. РАН. Сер. хим. 2000. №9. С.1529–1532.
40. Штыков С.Н., Смирнова Т.Д., Молчанова Ю.В. // Журн. аналит. химии. 2001. Т.56, №10. С.1052–1056.
41. Штыков С.Н., Смирнова Т.Д., Былинкин Ю.Г. // Журн. аналит. химии. 2004. Т.59, №5. С.495–499.
42. Штыков С.Н., Смирнова Т.Д., Былинкин Ю.Г., Жемеричкин Д.А. // Журн. аналит. химии. 2005. Т.60, №1. С.30–34.



43. Штыков С.Н., Белолитцева Г.М. // Журн. аналит. химии. 1998. Т.53, №3. С.297–302.
44. Штыков С.Н., Коренман Я.И., Русанова Т.Ю., Горин Д.А., Калач А.В., Панкин К.Е. // Докл. РАН. 2004. Т.396, №4. С.508–510.
45. Коренман Я.И., Калач А.В., Панкин К.Е., Штыков С.Н. // Сенсор. 2002. №4. С.32–35.
46. Коренман Я.И., Калач А.В., Русанова Т.Ю., Штыков С.Н. // Сенсор. 2002. №2. С.14–17.
47. Коренман Я.И., Штыков С.Н., Калач А.В. и др. // Изв. вузов. Химия и хим. технол. 2003. Т.46, №2. С.31–35.
48. Штыков С.Н., Климов Б.Н., Смирнова Т.Д. и др. // Журн. физ. химии. 1997. Т.71, №7. С.1292–1295.
49. Штыков С.Н., Климов Б.Н., Науменко Г.Ю. и др. // Журн. физ. химии. 1999. Т.73, №9. С.1689–1691.

50. Климов Б.Н., Науменко Г.Ю., Воронцова Н.Н. и др. // Изв. вузов. Материалы электрон. техники. 2001. №1. С.35–38.
51. Штыков С.Н., Климов Б.Н., Горин Д.А. и др. // Журн. физ. химии. 2004. Т.78, №3. С.503–506.
52. Штыков С.Н., Климов Б.Н., Горин Д.А. и др. // Журн. физ. химии. 2004. Т.78, №10. С.1852–1857.
53. Мельников Г.В., Русанова Т.Ю., Штыков С.Н. // Датчики и системы. 2002. №11. С.29–31.
54. Сумина Е.Г., Штыков С.Н., Тюрина Н.В. // Журн. аналит. химии. 2003. Т.58, №8. С.809–818.
55. Штыков С.Н., Сумина Е.Г., Тюрина Н.В. // Рос. хим. журн. 2003. Т.47, №1. С.119–126.

УДК 543:544.42

ЖИДКОСТНАЯ ХРОМАТОГРАФИЯ В ПОДВИЖНЫХ ФАЗАХ НА ОСНОВЕ ПАВ: ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ОСОБЕННОСТИ

Е.Г. Сумина

Саратовский государственный университет,
кафедра аналитической химии и химической экологии
E-mail: SuminaEG@yandex.ru

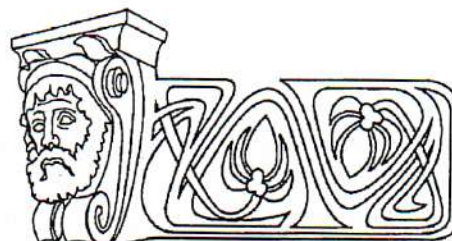
В статье рассмотрены основные варианты жидкостной хроматографии в растворах ПАВ: мицеллярный и ион-парный, основанные на динамической модификации подвижной и неподвижной фаз, а также предварительном импрегнировании сорбента в статических условиях. Показаны особенности каждого из вариантов и закономерности поведения сорбатов.

**Liquid chromatography in mobile phases
on the base of surfactants: regularities and peculiarities**

E.G. Sumina

Experimental data on the use of surfactants as modifiers of mobile and stationary phases in liquid chromatography have been analyzed. The features of micellar and ion-pair version of liquid chromatography, as well as dynamic and static modifications of stationary phases with surfactants, have been considered. Regularities and peculiarities of chromatographic behaviour of different sorbates have been discussed.

Одна из фундаментальных проблем аналитической химии, состоящая в поиске путей улучшения эффективности, селективности разделения и определения химических соединений в сложных объектах, может быть решена, в частности, с помощью методов мицеллярной и ион-парной жидкостной высокоэффективной (ВЭЖХ) и тонкослойной (ТСХ) хроматографии [1, 2]. Указанные подходы основаны на использо-



вании в составе подвижных фаз (ПФ) специфических гидрофобных модификаторов – различных типов поверхностно-активных веществ (ПАВ).

В мицеллярной жидкостной хроматографии (МЖХ) концентрация ПАВ в ПФ выше критической концентрации мицеллообразования (ККМ). В этом случае мицеллы ПАВ сольбилизируют и переносят разделяемые компоненты [3–6].

В ион-парной ЖХ (ИПЖХ) концентрация ПАВ в водной или водно-органической ПФ ниже ККМ, т.к. большое количество органического растворителя препятствует образованию мицелл. В данном случае ПАВ выполняет роль противоиона разделяемых ионных компонентов смеси [7].

В обоих вариантах ПАВ являются модификаторами не только подвижной, но и неподвижной (НФ) фаз. Модификация НФ в результате адсорбции ПАВ при движении элюента вдоль поверхности сорбента происходит в динамическом режиме. Статическую модификацию НФ осуществляют путем предварительного импрегнирования сорбента спиртовыми растворами ПАВ.