

[http://www.uam.es/personal\\_pdi/ciencias/catalan/Web-solvents.html](http://www.uam.es/personal_pdi/ciencias/catalan/Web-solvents.html).

28. Shyder L. R. Classification of the solvent properties of common liquids / L. R. Shyder // J. Chromatogr. Sci. – 1978. – V. 16 (June). – P. 223–234.

29. Паркер А. Д. Влияние сольватации на свойства анионов в диполярных апротонных растворителях / А. Д. Паркер // Успехи химии. – 1963. – Т. 32. – № 10. – С. 1270–1295.

Надійшла 22.8.2011 р.

УДК 677.31.02

В.А. ВОЛКОВ

Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина

А.А. АГЕЕВ

Институт Мировой экономики и информатизации

Н.И. МИТАШОВА

Московский государственный университет инженерной экологии

М.С. КИБАЛОВ

Российский университет туризма и сервиса

## АДСОРБЦИЯ И МОЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОЦЕССЕ СТИРКИ

*В работе рассмотрены закономерности моющего действия материалов во время стирки. Этот сложный процесс включает в себя ряд стадий, таких как капиллярная пропитка тканей, избирательное смачивание загрязненных волокон, адсорбция поверхностно-активных веществ (ПАВ) на различных поверхностях раздела фаз и сворачивание масляных загрязнений в капли, эмульгирование масляных и диспергирование твердых загрязнений, стабилизация отмытых капель и частиц, предотвращение осаждения отмытых загрязнений обратно на ткани (антиресорбция), удаление дисперсий и эмульсий отмытых загрязнений из моющей ванны. После стирки текстильные изделия подвергают полосканию, цель которого отмыть оставшиеся ПАВ от тканей, так как они оказывают вредное воздействие на окружающую среду и здоровье человека.*

*A washing effect is a complex physics-chemical process including some successive and parallel stages, such as wetting and capillary filling of textiles, preferable wetting of dirty fibres, adsorption of surfactants on various surfaces in phase division and turning dirty pieces into drops, amalgamation of oily and firm dirt, stabilization of cleaned drops and particles and turning the sedimented cleaned pieces back onto the textiles (antiresorption), taking dispersions and emulsions of cleaned pieces out of the washing bath. After this textiles are washed some times to get rid of the left surfactants. Sewage contains surfactants which can pollute the environment and make a harmful influence on people's health. This paper presents the results of our research, describes the interrelations between the surfactants and the washing effect, defines the amount of surfactants in sewage and how much they are toxic.*

Ключевые слова: моющее действие, поверхностно-активные вещества, смачивание, капиллярность, эмульгирование, диспергирование, стабилизация, антиресорбция, токсичность, сточная вода.

### Введение

Наши многолетние исследования показали важную роль адсорбции ПАВ в моющем процессе [1]. Но в процессе стирки подчас значительная часть ПАВ остается на тканях, в результате чего в последствии может контактировать с телом человека, а другая часть ПАВ выделяется со сточными водами и попадает в открытые водоемы, оказывая влияние на жизнедеятельность водных организмов (гидробионтов). В этой связи возникает задача по определению количества ПАВ в сточных водах от стирки и полоскания с целью возможного возврата воды в технологический процесс, экономии её и снижения нагрузки на окружающую среду.

Цель настоящей работы – обсуждение результатов наших исследований по связи адсорбции ПАВ на тканях и моющего действия, а также определению количества ПАВ в сточной воде стирки и полоскания и токсичности этих стоков.

### Постановка задачи исследования

Результатам исследования адсорбции ПАВ из растворов на волокнах тканей мы посвятили отдельную книгу [2], поэтому здесь рассмотрим только связь адсорбции и моющего действия, что представляет собой сложную и самостоятельную проблему.

Изучение влияния природы ПАВ, состава моющих композиций и температуры на удаление масляных загрязнений и связанных с маслом дисперсных загрязнений с различных субстратов привлекало ранее и привлекает сейчас пристальное внимание исследователей [1, 3]. Наиболее простой случай – удаление масла растворами ПАВ с поверхности металла, стекла и полимерных пленок изучен в работах А.Ф.Корецкого [3]. Такое исследование можно легко контролировать по величине краевого угла избирательного смачивания гладкой поверхности субстрата каплей масла в водном растворе ПАВ.

Удаление масляных загрязнений с тканей существенно более сложный процесс, чем отмывание гладких поверхностей субстратов от масла, поскольку ткани представляют собой капиллярно-пористые системы с развитой капиллярной структурой, содержащей капилляры и поры с широким распределением по размерам [4].

### Результаты исследования и их обсуждение Адсорбция ПАВ и моющее действие

В нашей работе [5] были описаны результаты исследований влияния природы и состава синергетических смешанных растворов ПАВ на удаление масляных загрязнений с хлопчатобумажных (х/б) тканей. Удаление масла контролировали по изменению окраски поверхности ткани красителем, растворенным в масле. Был установлен оптимальный состав смесей ПАВ, при котором получалось наиболее полное удаление загрязнений.

Вместе с тем, контролирование моющего действия растворов ПАВ по изменению окраски ткани чревато ошибкой, связанной с тем, что этот метод позволяет охарактеризовать удаление масла исключительно с внешней поверхности волокон ткани, и не может быть признан адекватным, ибо масляное загрязнение стремится проникнуть внутрь капилляров между волокнами тканей. В этой связи нами был разработан метод оценки качества удаления масляных загрязнений из капилляров тканей по величине динамического краевого угла смачивания очищенной от загрязнений ткани, определенной из капиллярных свойств [4].

В процессе апробирования нового метода оценки качества моющего действия растворов ПАВ по капиллярности образцов ткани после удаления масла было обнаружено интересное явление, связанное с неравновесностью адсорбции неионогенных ПАВ на поверхности волокон внутри капилляров. Было обнаружено, что в результате адсорбции неионогенных ПАВ, остающихся на поверхности волокон после полоскания (промывки водой для удаления остаточного количества ПАВ), гидрофильность тканей оказалась выше, чем у чистых исходных образцов. Это связано с низкой скоростью диффузии сорбированных молекул ПАВ, проникших внутрь волокон и недостаточно эффективного выведения их через капилляры ткани наружу в моющий раствор. Одновременно с этим оказалось, что электрокинетический потенциал волокон был ниже, чем у исходной ткани. Это свидетельствовало о том, что на поверхности волокон существовал адсорбционный ПАВ или адгезионный слой масла, экранирующий поверхностные потенциалопределяющие группы. По отдельности эти два факта не находили удовлетворительного объяснения и даже, более того, как бы находились в противоречии, но будучи найденными одновременно легко находили объяснение как следствие формирования адсорбционного структурированного слоя неионогенного ПАВ.

В этой связи будет интересным рассмотреть результаты анализа сточных вод на промышленной прачечной после стирки и полоскания. Отметим, что в процессе стирки текстильных изделий ПАВ адсорбируются на волокнах текстильных материалов, причем неионогенные вещества проникают внутрь волокон, а анионоактивные формируют внешний адсорбционный слой. Рассчитать величину адсорбции можно исходя из значений концентрации ПАВ в моющем растворе до стирки и равновесной концентрации ПАВ в сточной воде после стирки как

$$A = \frac{(c_0 - c_p)V}{250}, \quad (1)$$

где  $c_0$ ,  $c_p$  – исходная концентрация ПАВ в моющем растворе и равновесная концентрация ПАВ в сточной воде стирки, в том числе и то количество ПАВ, которое может быть адсорбировано на частицах и каплях загрязнений,  $V=1$  – объем раствора, при расчетах адсорбции на 1 л раствора, 250 – количество г ткани, приходящееся на 1 л раствора при модуле ванны, равном 4.

Зависимость концентрации ПАВ в промывной воде после полоскания на промышленных стиральных машинах приведена на рис. 1 и рис. 2. По результатам определения концентрации неионогенного ПАВ в промывных водах полоскания (экспериментальные точки показаны квадратиками) после обработки зависимости полиномом второго порядка была выявлена зависимость, формула которой приведена на рисунке 1. Расчет показал хорошее совпадение экспериментальных и расчетных данных (расчетные данные показаны треугольниками) с коэффициентом регрессии, равным 1.

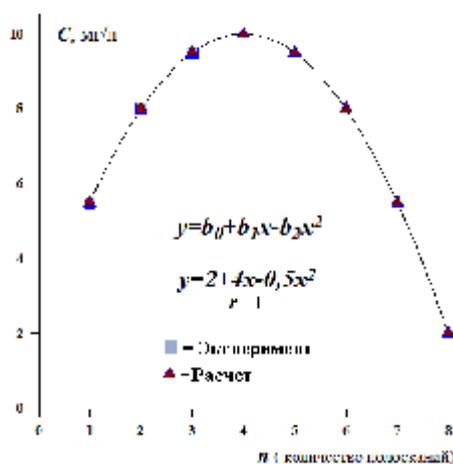


Рис. 1. Зависимость концентрации неионогенного ПАВ (неонол АФ-9-8) в промывной воде после полоскания от количества полосканий

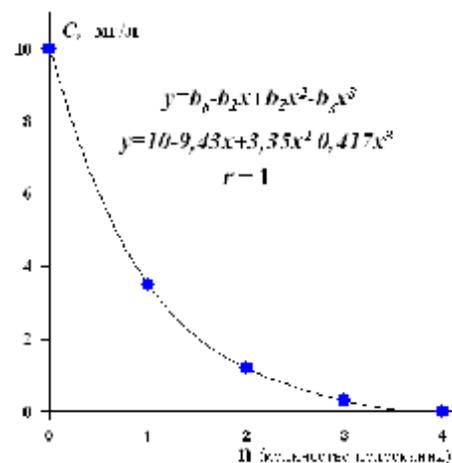


Рис. 2. Влияние количества полосканий на содержание анионоактивного ПАВ (додецилсульфонат натрия) в промывной воде

Из приведенных на рисунке 1 данных следует, что неионогенное ПАВ (нПАВ) трудно удаляется при полоскании текстильных изделий, что связано с проникновением нПАВ внутрь волокон при стирке. Очевидно, что только часть адсорбированного ПАВ будет располагаться на поверхности волокон и именно эта часть моющего средства и будет удаляться при полоскании. После удаления внешнего слоя неионогенного ПАВ промывными водами возникает градиент концентрации нПАВ и будет происходить диффузия молекул из объема волокон на поверхность раздела фаз волокно-раствор вплоть до установления равновесия. Но для этого потребуется достаточно длительный промежуток времени, существенно больший, нежели время полоскания (5-7 минут), поэтому равновесия при диффузии ПАВ и формировании адсорбционного слоя на внешней поверхности волокон не достигается. Но после каждого полоскания и центрифугирования (отжима) некоторое количество нПАВ будет вытесняться на поверхность ткани с остаточной влагой и отмываться с последующей промывкой. Поскольку количество нПАВ в волокнах будет снижаться, то градиент концентрации также уменьшится и с каждым полосканием (после достижения максимума на кривой зависимости концентрации раствора нПАВ от количества промывок-полосканий) количество удаляемого ПАВ будет снижаться до тех пор, пока все вещество, перешедшее внутрь волокон во время стирки не будет удалено. Расчет показывает, что это произойдет после восьмого полоскания. Достичь этого можно и за меньшее количество полосканий, увеличивая продолжительность каждого из них. Вместе с тем следует отметить, что процесс адсорбции неионогенных ПАВ сопровождается их фракционированием [6]. В первую очередь будут вымываться те фракции, которые имеют наибольшую гидрофильность, т.е. наибольшую степень оксигилирования.

Совершенно другая картина наблюдается при вымывании анионоактивных ПАВ. Эти вещества в силу одинакового заряда молекул и поверхности волокон не способны проникать глубоко внутрь волокна и поэтому вымываются с тканей практически полностью за три полоскания – время трех полосканий примерно соответствует времени стирки, за которое формируется адсорбционный слой аПАВ.

На рис. 2. показано изменение концентрации анионоактивного ПАВ при полоскании текстильных изделий. Из приведенных на этом рисунке данных видно, что после третьего полоскания промывные воды практически не содержат анионного ПАВ. Следовательно, того времени, которое затрачивается на три полоскания, достаточно для удаления всех молекул анионоактивного ПАВ, локализованного на внешней поверхности волокон текстильных материалов в виде адсорбционного слоя во время стирки. Именно поэтому исследования адсорбции ПАВ на тканях показывают, что неионогенные ПАВ способны формировать полимолекулярные слои, а анионоактивные – исключительно мономолекулярные [2]. Косвенно можно рассчитать адсорбцию по количеству вымытого с ткани ПАВ, только надо проводить отмывку тканей от ПАВ до постоянного значения поверхностного натяжения, соответствующего поверхностному натяжению чистой воды.

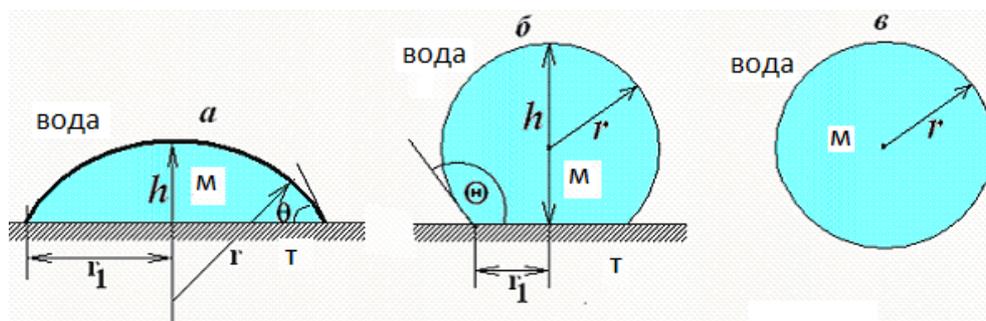


Рис. 3. Схема изменения формы капли при изменении поверхностных натяжений в результате адсорбции ПАВ

Исходя из полученных результатов, следует отметить необходимость изучения процессов массопереноса в капиллярно-пористой системе, что позволит выявить механизм моющего действия растворов ПАВ при удалении масляных и иных загрязнений из тканей. Именно такой подход был реализован нами в работе [7], где рассматривалась физическая модель моющего процесса.

По параметрам капли, а именно по её высоте  $h$  и радиусу сферической части  $r$  (см рис. 3, а, б) можно рассчитать косинус краевого угла смачивания (при условии, что  $r_1 < h$ ) как

$$\cos q = 1 - \frac{h}{r} = \frac{r-h}{r} \quad (2)$$

или при произвольных  $r$  и  $h$

$$\cos q = \frac{r^2 - h^2}{r^2 + h^2} \quad (3)$$

Объем сферического сегмента капли находят как

$$V = \frac{\pi}{6} (3r_1^2 h + h^3) \quad (4)$$

$$(h^2 + r_1^2) = 2rh \quad (5)$$

Площадь сферической части капли  $S_{жс}$  и площадь контакта капли с твердой поверхностью  $S_{жст}$  соответственно равны

$$S_{жс} = p(h^2 + r_1^2) \quad (6)$$

$$S_{жст} = pr_1^2 \quad (7)$$

Теперь рассмотрим возможные изменения избирательного смачивания внешней поверхности волокон и внутри капилляров ткани. Предположим, что ткань, на поверхности волокон которой находится капля масла, погружается в раствор ПАВ (рис. 3, а). В результате этого изменяются значения межфазовых натяжений и краевой угол смачивания твердой поверхности маслом, как показано на рис. 3, б.

При введении поверхностно-активных веществ в водный раствор изменяются поверхностные натяжения на границе водный раствор-ткань, водный раствор-масло, а также изменяется площадь контакта фаз при неизменном объеме капли, т.е. система перейдет от состояния, представленного каплей на рис. 3а в состояние, представленное схемой капли 3б, тогда, учитывая, что

$$\partial V = \left( pr_1 h \partial r_1 + \frac{p}{2} r_1^2 \partial h + \frac{p}{2} h^2 \partial h \right) = 0, \quad (8)$$

откуда

$$\partial h = - \left( \frac{2r_1 h}{r_1^2 + h^2} \right) \partial r_1 \quad (9)$$

При этом изменение свободной энергии Гиббса составит

$$\partial G = s_{мс} \partial S_{мс} + s_{мм} \partial S_{мм} + s_{мв} \partial S_{мв} \quad (10)$$

или, учитывая, что

$$\partial S_{мв} = -\partial S_{мс} = 2pr_1 \partial r_1, \partial S_{мс} = 2pr_1 \partial r_1 + 2ph \partial h \quad (11)$$

получим

$$\partial G = (s_{мм} - s_{мс}) 2pr_1 \partial r_1 + s_{мв} (2pr_1 \partial r_1 + 2ph \partial h) \quad (12)$$

Это будет вклад адсорбции поверхностно-активных веществ и последующего изменения поверхностных натяжений на границах фаз, где формируется адсорбционный слой, в моющее действие растворов. Вместе с тем, часто капли не сворачиваются до значения краевых углов смачивания  $\theta=180^\circ$  и не отрываются от поверхности самопроизвольно. В подавляющем большинстве случаев  $\theta < 180^\circ$ , поэтому капли имеют определенную площадь контакта с твердой подложкой и для их отрыва требуется совершить некоторую механическую работу

$$A_{\max} = -\Delta G = 4pr^2 s_{мс} + pr_1^2 s_{мс} - pr_1^2 s_{мм} - (pr_1^2 + ph^2) s_{мв} \quad (13)$$

При этом следует отметить, что значение поверхностного натяжения  $\sigma_{мм}$  будет оставаться практически неизменным, так как за тот промежуток времени, в течение которого протекает моющий процесс, адсорбционный слой на поверхности волокна в контакте с каплей масла не успеет сформироваться. Это связано с тем, что перенос молекул ПАВ через границу водный раствор-масло активируется перемешиванием только со стороны водного раствора, а в капле масла должна проходить неактивируемая диффузия от поверхности капли с водным раствором до поверхности волокна. Перемешивания раствора внутри масляной фазы не происходит. Исследования экстракции неионогенных ПАВ масляной фазой из водных растворов [8] показали, что это процесс длительный, требующий несколько часов времени. Поэтому можем считать, что в моющем процессе поверхностное натяжение на границе масло-волокно остается постоянным. Вымывание масляных загрязнений из капилляров ткани – процесс более сложный, чем удаление их с поверхности волокон. Прежде всего, положение в капиллярах (глубина проникновения) масляных загрязнений зависит от времени хранения загрязненных изделий до стирки, т.к. чем дольше хранится загрязненная ткань, тем глубже проникают масляные загрязнения внутрь капилляров. Это зависимость описывается уравнением

$$l = \sqrt{\frac{r_e \sigma \cos \theta}{2h}} t = K \sqrt{t}, \quad (14)$$

где  $r_e$  – эффективный радиус такого цилиндрического капилляра, который по свойствам эквивалентен реальному,  $\sigma$  – межфазовое натяжение на границе масло-волокно,  $\cos \theta$  – краевой угол смачивания поверхности капилляра маслом, как это показано на рис. 4.1,  $\eta$  – вязкость масла.

При помещении ткани, загрязненной маслом, в моющую ванну раствор ПАВ проникает в капилляры и вступает в контакт с масляным загрязнением (см. рис. 4.1 → 4.2). Очевидно, что чем эффективнее раствор осуществляет пропитку ткани, тем быстрее ПАВ способно изменять поверхностное натяжение и, соответственно, форму межфазовой поверхности масло-раствор как это показано на схеме рис. 4.2 → 4.3.

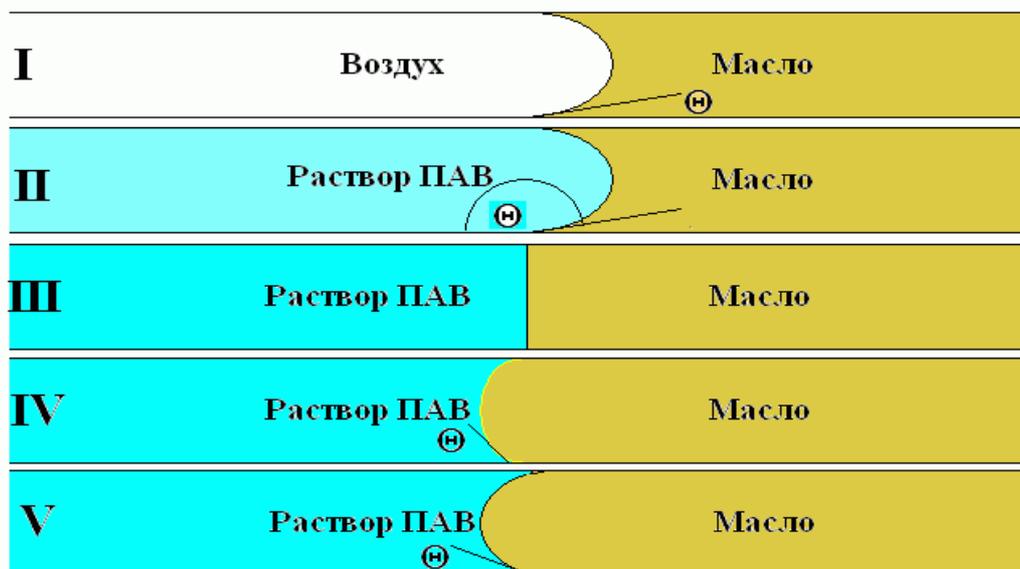


Рис. 4. Схема изменения межфазовой поверхности и краевого угла смачивания при контакте водного раствора ПАВ с маслом в капилляре

### Взаимосвязь моющего действия и капиллярной пропитки тканей растворами ПАВ

Исследования капиллярной пропитки тканей растворами ПАВ и их моющего действия проводились нами как для водных растворов, так и для растворов в перхлорэтилене. Было установлено, что высота подъема растворов ПАВ по образцам смачиваемой ткани и краевые углы смачивания хорошо коррелируют с моющим действием этих растворов. Эти результаты были нами доложены на одной из сессий секции физико-химии ПАВ Научного совета РАН по коллоидной химии и физико-химической механике и опубликованы в [9]. Для водных растворов такая корреляция была установлена нами ранее и опубликована в [10].

Ткань, в капиллярах которой находится масло, помещается в раствор ПАВ. При контакте раствора ПАВ с маслом происходит адсорбция молекул растворенного вещества и снижение межфазового натяжения таким образом, что краевой угол смачивания со стороны водного раствора становится острым (см. рис. 4.V). В результате этого возникает положительное капиллярное давление ( $P_k$ ), которое описывается уравнением Лапласа

$$\left( P_k = \frac{2\sigma_{12} \cos \theta_{123}}{r} \right), \quad (15)$$

где  $\sigma_{12}$  – межфазовое натяжение на границе раствор ПАВ – масло,  $\theta_{123}$  – краевой угол смачивания на границе раствор ПАВ- масло-волокно,  $r$  – радиус капилляра.

В результате этого происходит перемещение раствора ПАВ, вытесняющего масло из капилляров. Течение двух жидкостей по горизонтальным капиллярам ткани раствора ПАВ, вытесняющего масло из капилляра можно описать уравнением Уошборна

$$V = \frac{r\sigma_{12} \cos \theta_{123}}{4(\eta_1 l_1 + \eta_2 l_2)} t, \quad (16)$$

где  $V$  – объем текущей жидкости, проходящей за время  $t$  (фактически объемная скорость течения),  $\eta_1$ ,  $\eta_2$  – вязкость раствора ПАВ и масла, соответственно,  $l_1$ ,  $l_2$  – длина капилляра, занятая раствором ПАВ и маслом, соответственно.

Здесь мы остановимся на последних результатах исследования взаимосвязи смачивания х/б ткани и капиллярной пропитки с моющим действием смесей ПАВ в перхлорэтилене. Такие исследования представляют интерес в связи с тем, что растворы смесей ПАВ используются в процессе очистки тканей от загрязнений не только при стирке, но и в «сухой» или химической чистке как основа моющих средств.

Для изготовления стандартнозагрязненных образцов использовали искусственное загрязнение НИТХИБ описанное нами в [11], процесс отмыывания загрязнения в перхлорэтилене проводили по стандартной методике в лаундерометре. При проведении экспериментов использовали бинарные растворы ПАВ с постоянной общей молярностью в перхлорэтилене, изменяя только их состав. Для каждого из растворов было определено значение максимальной высоты поднятия и моющей способности. По полученным данным были построены графики зависимости максимальной высоты поднятия и моющей способности от состава композиции (ПАВ) в растворе и установлено, что смачивающая и моющая способность хорошо коррелируют между собой проявляя высокий синергетический эффект.

Наиболее изученным фторсодержащим ПАВ в наших работах является перфторундекан-3-он-2-сульфонилфторид обозначенный как (ПФСК-8) или (ДЭФК), который получают в реакции хлорангидрида перфторпеларгоновой кислоты с 1-гидротетрафторэтан-сульфонил-фторидом в присутствии триэтиламина. Это вещество используется нами для модификации волокон тканей, но его можно применять и в

композициях моющих средств, учитывая тот факт, что ДЭФК снижает поверхностное натяжение растворов в перхлорэтилене, а это будет оказывать положительное влияние на моющее действие.

В данной работе нами были изучены растворы смесей анионоактивного ПАВ (оксифос Б) с фторсодержащим неионогенным (ПФСК-8). На рис. 5 показана зависимость максимальной высоты подъема раствора по вертикальному образцу ткани от состава смеси растворенных ПАВ. Эта высота характеризует пропитывающую способность раствора.

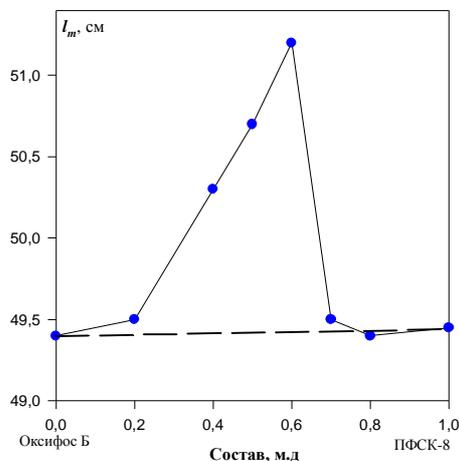


Рис. 5. Зависимость максимальной высоты впитывания раствора х/б тканью от состава композиции ПАВ

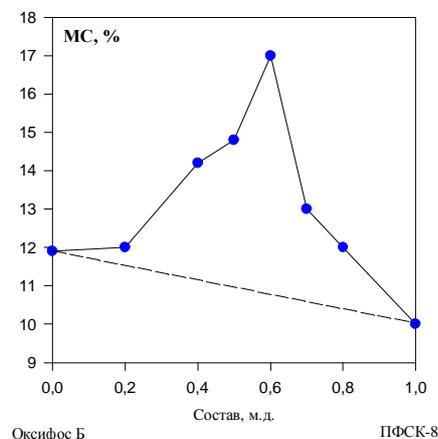


Рис. 6. Влияние состава моющей композиции ПАВ в перхлорэтилене на моющую способность

На рис. 6 показана зависимость моющей способности растворов ПАВ в перхлорэтилене от состава композиции.

Из приведенных на рис. 5 и 6 данных видно, что максимальное значение смачивающей и моющей способности наблюдаются при одинаковом соотношении компонентов (0,4 оксифоса Б) в смешанных растворах оксифоса Б и ПФСК-8 в перхлорэтилене.

Тут следует подчеркнуть, что именно *ПАВ различной природы* проявляют свойство синергизма. Если взять ПАВ одинаковой природы, например два неионогенных вещества, то никакого синергетического эффекта не обнаружим, хотя есть примеры таких работ, в которых пытались найти синергизм в смесях двух неионогенных ПАВ.

#### Токсичность ПАВ в производственной и очищенной сточной воде прачечной

В таблице 1 приведены результаты определения состава сточных вод прачечной от стирки текстильных изделий, принимаемых у населения.

Таблица 1

#### Состав и характеристики сточных вод прачечной

Показатели загрязнения сточных вод	Результаты анализа		ПДК в ГК
	Стиральный сток	Вода после сепарации	
рН	9-11	7,5	7,5-8,5
Запах	Очень сильный запах отдушки смс, (5)	Слабый запах отдушки смс, (2)	0-1
Цвет	Мутно-белый	Мутновато-белый	нет
Окраска по разбавлению до бесцветной	1: 3	1: 2	1: 16
Прозрачность по шрифту	6	13	>20
Мутность, мг/л	155	70	2
Взвешенные вещества, мг/л	387,5	175	До 1000
Тяжелые металлы	Отсутствуют	Отсутствуют	$1 \cdot 10^{-5}$
Специфические показатели загрязнения сточных вод			
Ионы аммония ( $\text{NH}_4$ )	0,5	0	2
Общее железо	0,1	0	0,3
Сульфат-ионы	500	350	500
Хлорид-ионы	50	10	350
Фосфат-ионы	10	3,5	3,5
Перманганатная окисляемость	2	0	5
Анионоактивные ПАВ	15	0,3	2,5
Неионогенные ПАВ	5	0	0,5

Примечание. Вода после сепарации – очищенная методом выпенивания, ПДК в ГК- предельно-допустимая концентрация при сбросе воды в городскую канализацию г.Москвы.

Одной из основных задач нашей работы, результаты которой здесь обсуждаются, было выявление состава сточных вод, образующихся при использовании СМС в процессе стирки на производственной прачечной. Был изучен состав сточных вод, (включая стоки стирки и трех полосканий) по органолептическим показателям, содержанию АПАВ, НПАВ, фосфатов, хлоридов, сульфатов, тяжелых металлов, ионов железа, ионов аммония и др. Химические анализы проводили экспресс-методами на тест-системах МедЭкотест. Содержание анионоактивных и неионогенных ПАВ в сточной воде при первом, втором и третьем полосканиях приведено выше. Полученные результаты свидетельствуют о том, что механизм сорбции АПАВ и НПАВ на волокнах стираемых изделий принципиально различается. Установлено, что состав сточных вод трех полосканий позволяет повторно использовать их в технологии стирки, предварительно обеспечив проведение их дезинфекции. Токсичность сточной воды после стирки и воды от полосканий определялась методом биотестирования на семенах пшеницы.

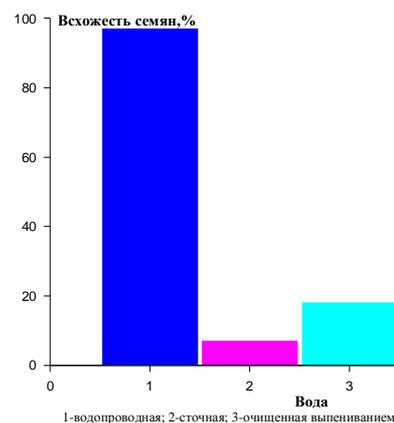


Рис. 7. Влияние качества воды на всхожесть семян пшеницы. Вода: 1 – водопроводная, 2 – сточная от стирки; 3 – очищенная выпениванием сточная вода

Определялась всхожесть семян, обработанных сточной водой, очищенной сточной водой по сравнению с водопроводной. ПАВ, адсорбируясь на поверхности клеточных мембран коренным образом изменяют их проводимость по отношению к воде и питательным веществам, в результате чего прекращается их прорастание и развитие. Этот метод является одним из наиболее показательных и не требует проведения экспериментов на животных или использования биохимического люминесцентного метода на бактериях. На рис. 7 приведены зависимости всхожести семян от применяемой для смачивания их воды.

Было установлено, что сточная вода после стирки и первого полоскания является токсичной и соответствует, третьему классу опасности (опасные). Третье полоскание – не является токсичным и принадлежит к четвертому классу опасности. Была также исследована возможность очистки сточных вод после замачивания и собственно стирки с использованием нового поколения (Аква-Аурат-30 и Водакс). Очищенный сток стирки также можно использовать повторно, проведя корректировку pH и дезинфекцию. Полученные результаты указывают на необходимость проведения экологической сертификации препаратов, используемых для стирки и химчистки.

Очевидно, что очищая сточную воду прачечной от ПАВ и сопутствующих веществ, например от комплексонов, и проведя дезинфекцию её, можно добиться такого качества оборотной воды, которое позволит использовать её повторно, например, на стадии замачивания белья.

### Выводы

1. Наличие поверхностно-активных веществ в моющей ванне необходимо для обеспечения хорошей смачивающей и высокой моющей способности растворов.
2. В смешанных растворах анионоактивных и неионогенных ПАВ наблюдается корреляция между величинами смачивающей и моющей способности независимо от природы входящих в его состав смесей компонентов.
3. Смеси ПАВ *различной природы* обладают синергетической способностью в растворах.
4. В сточных водах от стирки и полоскания содержится большое количество ПАВ, превышающее не только нормы сброса в открытые водоемы, но и в городские очистные сооружения. Поэтому необходимо использовать очистные сооружения для удаления ПАВ.
5. Часть технологических вод процесса стирки и полоскания после очистки и дезинфекции можно повторно использовать для стирки.

### Литература

1. Волков В. А. Поверхностно-активные вещества в синтетических моющих средствах и усилителях химической чистки / В. А. Волков. – М. : Легпромбытиздат, 1985. – 250 с.
2. Агеев А. А. Адсорбция поверхностно-активных веществ / А. А. Агеев, В. А. Волков. – М. : 2011. – 200 с.
3. Корецкий А. Ф. О механизме моющего действия / А. Ф. Корецкий, В. А. Колосанова, А. В. Смирнова, Т. А. Корецкая // Изв. Сиб. отделения АН СССР, сер. хим. наук. – 1972. – Вып. 2. – № 4. – С. 32–37.
4. Волков В. А. Капиллярные свойства текстильных материалов / В. А. Волков, Е. Л. Щукина, О. С. Егорова // Химическая технология. – 2011. – Т.12. – № 2. – С. 84–99.
5. Волков В. А. Роль поверхностно-активных веществ в удалении пятен машинного масла с суровых тканей / В. А. Волков, М. Е. Кузнецова, В. Н. Ордин // Известия ВУЗ. Сер. Технология текстильной промышленности. – 1994. – № 2. – С. 54–58.
6. Волков В. А. Неионогенные ПАВ. Физико-химические основы синтеза, очистка и анализ /

В. А. Волков, В. В. Сучков. – М. : НИИТЭхим, 1978. – 90 с.

7. Агеев А. А. Механизм и кинетика моющего действия / А. А. Агеев, В. А. Волков // Химическая технология. – 2011. – Т.12. – № 6. – С. 54–65.

8. Булушев Б. В. Строение поверхностных слоев неионогенных ПАВ на границе двух жидкостей / Б. В. Булушев, А. А. Агеев, В. А. Волков, С. П. Штанько // В сб. науч. трудов «Структурообразование и межфазовые явления в системах жидкость-жидкость» РХТУ им. Д. Менделеева. – М., 2001. – С. 371–380.

9. Агеев А. А. Корреляция моющей способности и смачиваемости в бинарных растворах ПАВ в перхлорэтилене / А. А. Агеев, В. А. Волков, М. С. Кибалов, О. С. Егорова // В сб. материалов научной сессии секции коллоидной химии и физико-химической механики Научного совета РАН по физической химии. – М., 2010. – С. 32–34.

10. Волков В. А. Влияние поверхностно-активных веществ на процесс щелочной отварки хлопчатобумажной ткани / В. А. Волков, Д. Л. Леонов, М. Е. Кузнецова // Известия Вузов. Сер. Технол. текст. пром-сти. – 1994. – N1. – С. 58–61.

Надійшла 19.8.2011 р.

УДК 66.021.2.081.3: 546.76

Т.М. ВАСИЛІНИЧ

Вінницький державний педагогічний університет ім. Михайла Коцюбинського

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ СТОКІВ ШКІРЯНОГО ВИРОБНИЦТВА ПРИРОДНИМИ АДСОРБЕНТАМИ

*Досліджено процеси сорбційного очищення стічної води від іонів хрому (III). Експериментально досліджено процес адсорбції іонів хрому та калію зі стічних вод природним мінеральним сорбентом глауконітом в статичних та динамічних умовах. Встановлена залежність між кількістю адсорбенту та залишковою концентрацією іонів хрому в стоках.*

*Sorptive processes of water purification from pollution of chromiums (III) ions were investigated in this research. The adsorption process of chromium and potassium ions from drain water by mean of natural mineral sorbent glauconite (in static and dynamic conditions) was investigated. The dependence between the adsorbent quantity and residual concentration of chromium ions in the gutter was established.*

Ключові слова: сорбційне очищення води, глинисті сорбенти.

### Вступ

Стічні води шкіряної промисловості відносяться до сильно забруднених концентрованих вод. Вони містять велику кількість розчинних і нерозчинних сполук, мають неприємний запах, темний колір, піняться і являються токсичними. Характерна наявність нерозчинних речовин (в основному сполук кальцію, хрому), шматків шкір, ворсинок, жирових частинок, а також нерозчинних сполук, які утворюються в результаті взаємного осадження початково розчинних речовин після змішування стічних вод. Ступінь забруднення і кількість стічних вод, які утворюються в процесі переробки шкіряної і хутрової сировини, залежать від видів шкіри та хутра, які виробляють, технології виробництва і, перш за все, підготовчих процесів і дублення. Відпрацьовані рідини від процесу дублення – нейтралізації в найбільшій кількості містять солі хрому (III), натрію або ж калію [1].

Аналіз останніх публікацій свідчить про доцільність застосування адсорбційних методів для очищення стоків від забруднювачів із використанням природних дисперсних сорбентів. Очищення водних розчинів за допомогою дисперсних сорбентів відповідає багатьом вимогам екологічно чистого та енергоощадного виробництва, що базується на принципі безвідходності. Потужні геологічні запаси, дешеве видобування породи, проста підготовка до транспортування та використання, можливість використання відпрацьованих сорбентів у інших технологіях, завдяки чому відпадає потреба у дорогій за вартістю регенерації – основні переваги використання природних мінералів. Природні сорбенти відзначаються доброю іонообмінною селективністю катіонів різних важких металів, крім цього вони легко доступні і не вимагають попередньої складної обробки [2]. Дослідні роботи із застосуванням природних сорбентів зосереджуються в основному на визначенні іонообмінної ємності чи визначенні умов їх регенерації. Розроблені на їх основі технології не знайшли широкого застосування, тому що є недостатньо досконалими та не дають можливості досягти необхідної глибини очищення.

### Постановка завдання

Метою досліджень є розробка процесу очищення стічних вод від іонів хрому та калію на природних адсорбентах, який би дозволив максимально знешкодити шкідливі речовини у стічних водах шкіряно-хутрового виробництва.

### Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом досліджень є стічні води, що утворюються в процесі дублення шкіряної сировини та на етапах оздоблення шкіряного напівфабрикату. Досліджено процес очищення стічних вод від іонів хрому та калію природним сорбентом – глауконітом.