

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF AQUEOUS SOLUTIONS OF POLYMER SURFACTANTS

A.N. Dyuryagina*, A.A. Lutsenko, T.V. Shirina, D.Yu. Kozik, G.B. Aubakirova

M. Kozybayev North Kazakhstan University, Petropavlovsk, Kazakhstan

E-mail: adyuryagina@inbox.ru

Abstract. *Introduction.* The rapid progress of water-dispersion paints and varnishes from the group of water-borne ones is due to a number of their advantages in comparison with the other paints and varnishes from the category of environmentally friendly ones. They provide a possibility of low-temperature drying up to the room temperature. *The goal* is to establish the electrical conductivity and degree of dissociation of the PAN and PES surfactants. *Methodology* of this work has included the determination of specific electrical conductivity (χ , mS/cm) and hydrogen index (pH) in the freshly prepared and aged (τ not less than 48 h) solutions with different content of additives ($C = 0\text{--}4 \text{ g/dm}^3$) at $T = 298 \text{ K}$. *Results and discussion.* The study of the specific electrical conductivity of the solutions with different contents of amphiphilic compounds indicates that the ability of molecules to dissociate in water prevails in the PAN composition. It has been found that at comparable concentrations in water (from 0.25 to 4 g/dm³), PAN is characterized by a greater range of changes in specific electrical conductivity (from 6.21 to 16.97 mSm) than PES (from 3.48 to 4.11 mSm). According to the experimental data, sodium polyacrylate is a polyelectrolyte dissociating in water to form polyacrylatemacroeons. *Conclusion.* The degree of dissociation of PAN in the dilute solutions (0.25 g / dm³) is maximum, and is 28 %. An increase in the concentration (from 0.25 g/dm³) is accompanied by a decrease in α down to the level of 8 % at $S_{\text{PAN}} = 4 \text{ g/dm}^3$. A polyethersiloxane copolymer, in turn, is a weaker electrolyte than PAN. The degree of dissociation of its macromolecules in the dilute solution (0.25 g/dm³) is 1.5 times less, and is 19%. In the region of the elevated concentrations ($C_{\text{PES}} = 4 \text{ g/dm}^3$), α does not exceed 2 %, that is, 4 times lower than in the PAN isoconcentration solution. The dissociation of the amphiphilic compounds is accompanied by the release of the slightly acidic functional groups, which provides a shift in the hydrogen index. With respect to bidistilled water (pH = 5.4), pH gradually decreases down to a minimum level of 4.26 in the PAN solutions and 4.64 in the PES solutions. As the duration of the exposure of the solution increases, the change in α and pH is due to the accumulation of hydrolysis products, after 48 hours in the isoconcentration solutions of PAN and PES, the values of the hydrogen index have changed by 0.1-0.8 and 0.1-0.4, respectively. The obtained results make it possible to use the studied polymer surfactants as modifiers for the water-dispersion paint compositions.

Key words: surfactant, hydrogen index, electrical conductivity, degree of dissociation, IR spectroscopy

Citation: A.N. Dyuryagina, A.A. Lutsenko, T.V. Shirina, D.Yu. Kozik, G.B. Aubakirova. Physico-chemical properties of aqueous solutions of polymer surfactants. *Chem. J. Kaz.*, **2022**, 4(80), 37-46. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2022-3/2710-1185.92>

<i>Dyuryagina Antonina Nikolaevna</i>	<i>candidate of chemical sciences, associate professor, Head of department of Chemistry and chemical technologies, e-mail: adyuryagina@inbox.ru</i>
<i>Lutsenko Aida Alexandrovna</i>	<i>master of Chemical Sciences, PhD student, e-mail: 1-a.13@mail.ru</i>
<i>Shirina Tatyana Valerievna</i>	<i>master student, e-mail: tshirina@internet.ru</i>
<i>Kozik Daria Yurievna</i>	<i>student, e-mail: daria.kozik@mail.ru</i>
<i>Aubakirova Gulsim Bagramovna</i>	<i>candidate of chemical sciences, professor, e-mail: aubakirova.60@mail.ru</i>

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ПОЛИМЕРНЫХ ПАВ

*А.Н. Дюрягина**, *А.А. Луценко*, *Т.В. Ширина*, *Д.Ю. Козик*, *Г.Б. Аубакирова*

*Северо-Казахстанский Университет им. М.Козыбаева, Петропавловск, Казахстан
E-mail: adyuryagina@inbox.ru*

Резюме. *Введение.* Быстрый прогресс водно-дисперсионных лакокрасочных материалов из группы водо-разбавляемых обусловлен рядом их преимуществ в сравнении с другими лакокрасочными материалами из разряда экологически безопасных для окружающей среды. Они обеспечивают возможность низкотемпературной сушки вплоть до комнатной температуры. А при введении в состав водных дисперсий полимеров, используемых в качестве пенообразователей, их промышленный потенциал увеличивается в разы. *Цель* – установление электропроводности и степени диссоциации поверхностно-активных веществ (ПАВ) ПАН и ПЭС. *Методология* данной работы включала определение удельной электропроводности (χ , мСм/см) и водородного показателя (рН) в свежеприготовленных и выдержанных во времени (τ не менее 48 ч) растворах с различным содержанием аддитивов ($C = 0 \div 4$ г/дм³) при $T = 298$ К. *Результаты и обсуждение:* Исследование удельной электропроводности растворов с различным содержанием амфифильных соединений указывает на то, что способность молекул к диссоциации в воде превалирует в составе ПАН. При сопоставимых концентрациях в воде (от 0.25 до 4 г/дм³) ПАН характеризуется большим диапазоном изменений удельной электропроводности (от 6.21 до 16.97 мСм), чем ПЭС (от 3.48 до 4.11 мСм). Полиакрилат натрия является полиэлектролитом, диссоциирующим в воде с образованием макроанионов полиакрилата. *Заключение.* Полиэфирсилоксановый сополимер является более слабым электролитом, чем ПАН. Степень диссоциации его макромолекул в разбавленном растворе (0.25 г/дм³) в 1.5 раза меньше и составляет 19 %. Диссоциация амфифильных соединений сопровождается высвобождением слабокислых функциональных групп, что обеспечивает смещение водородного показателя. С увеличением продолжительности экспозиции раствора изменение α и рН обусловлено накоплением продуктов гидролиза, по истечении с момента приготовления 48 часов в изоконцентрационных растворах ПАН и ПЭС значения водородного показателя изменились на $0.1 \div 0.8$ и $0.1 \div 0.4$ соответственно. Полученные результаты позволяют применять исследованные полимерные ПАВ в качестве модификаторов для водно-дисперсионных лакокрасочных композиций.

Ключевые слова: поверхностно-активное вещество, водородный показатель, электропроводность, степень диссоциации, ИК-спектроскопия

<i>Дюрягина Антонина Николаевна</i>	<i>кандидат химических наук, ассоциированный профессор</i>
<i>Луценко Аида Александровна</i>	<i>магистр химических наук, PhD докторант</i>
<i>Ширина Татьяна Валерьевна</i>	<i>магистрант</i>
<i>Козик Дарья Юрьевна</i>	<i>студент</i>
<i>Аубакирова Гульсим Баграмовна</i>	<i>кандидат химических наук, профессор</i>

1. Введение

Современное состояние мирового производства лакокрасочной продукции показывает, что традиционные органо-растворимые лакокрасочные материалы, оказывающие вредное воздействие на человека и загрязняющие атмосферу, все в большей степени заменяются на прогрессивные, не содержащие органических растворителей [1]. Быстрый прогресс водно-дисперсионных лакокрасочных материалов из группы водоразбавляемых обусловлен рядом их преимуществ в сравнении с другими лакокрасочными материалами из разряда экологически безопасных. Они обеспечивают возможность низкотемпературной сушки вплоть до комнатной температуры. Спектр технологических возможностей водных дисперсий полимеров, используемых в качестве пленкообразователей, значительно расширяется при использовании модифицирующих добавок [2].

Наибольшее распространение в качестве аддитивов при модифицировании водных дисперсий получили поверхностно-активные вещества (ПАВ). Они выполняют роль эмульгаторов, антивспенивателей, стабилизаторов суспензий, промоторов адгезии и ингибиторов коррозии, добавок, улучшающих декоративные свойства покрытий, смачивание подложки, растекание пленкообразователей, диспергирование пигментов [3].

Селективность их действия обеспечивается за счет подбора амфифильных по природе (сочетание полярных и неполярных групп) и, как следствие специфических по свойствам веществ. Следует подчеркнуть, что степень разветвления цепи, положение полярной группы и длина цепи являются важнейшими параметрами, определяющими физико-химические свойства ПАВ [4]. Полярная группа ПАВ может быть ионогенной или неионогенной. В первом случае молекула ПАВ содержит функциональную группу, способную к диссоциации. В случае неионогенных ПАВ молекула не имеет заряда при любых условиях, что в значительной степени определяет свойства поверхностно-активных веществ.

В этой связи целью наших исследований являлось определение физико-химических характеристик водных растворов двух разновидностей полимерных амфифильных соединений.

2. Экспериментальная часть

Комплекс физико-химических исследований включал определение удельной электропроводности (χ , мСм/см) и водородный показатель (рН) как в свежеприготовленных растворах, так и выдержанных во времени (τ не менее 48 ч) с различным содержанием аддитивов ($C = 0\text{--}4$ г/дм³) при $T = 298$ К.

В качестве амфифильных аддитивов использовали: полиэфирсилоксановый сополимер (ПЭС); полиакрилат натрия (ПАН).

Среднемолекулярную массу аддитивов определяли криоскопическим методом [5]. Значения M для полиэфирсилоксанового

сополимера и полиакрилата натрия составили соответственно 1120 и 1190.

Состав и структурные характеристики образцов устанавливали методами ИК-спектроскопии [6].

В ИК-спектрах ($KBr_{\nu_{max}, cm^{-1}}$) полиэфирсилоксанового сополимера наблюдались узкие полосы поглощения со следующими волновыми значениями: 1259 cm^{-1} , наличие силоксановых фрагментов $Si(CH_3)_2$ подтверждают полосы поглощения в области $1275\text{--}1260\text{ cm}^{-1}$ (Рисунок 1) [6]. Данное волновое колебание не расщепляется, что характерно для силоксановых групп $Si(CH_3)_2$.

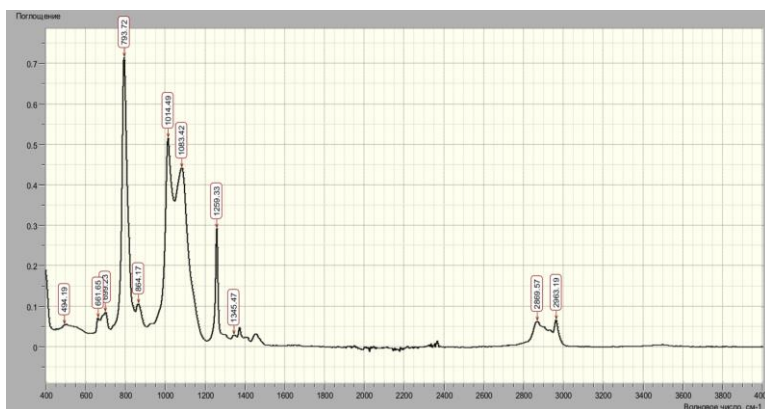
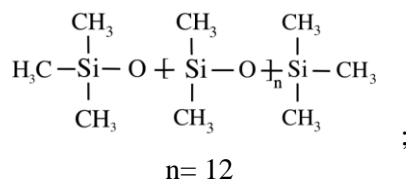


Рисунок 1 - ИК-спектры образцов полиэфирсилоксанового сополимера

Наличие полос в спектральной области $1090\text{--}1030\text{ cm}^{-1}$, характерно для эфирных связей, осуществляемых через атомы кремния. В спектре исследуемого образца обнаружены колебания $1033\text{--}1014\text{ cm}^{-1}$, что предполагает наличие кремниевых эфирных связей. Однако в области $1110\text{--}1000\text{ cm}^{-1}$, характерных для связей $Si\text{--}O\text{--}C$, колебаний не обнаружено, что однозначно доказывает наличие лишь эфирной связи только через атомы кремния.

В области $1500\text{--}700\text{ cm}^{-1}$ так же есть деформационные колебания, доказывающие наличие силановых $Si(CH_3)$ связей. Так, полоса в области 864 cm^{-1} , характерна для фрагмента $Si(CH_3)_2$, а полоса в области 764 cm^{-1} характерна для связей $Si(CH_3)_3$. Наличие метильных и метиленовых фрагментов фиксируется в области $2869\text{--}2963\text{ cm}^{-1}$.

В результате, можно сделать заключение, что для данного спектра будет приемлема следующая структура формула:



Для полиакрилата натрия обнаруживаются частоты в интервале 1800–1500 см^{-1} , где проявляются связанные карбонильные группы разной природы, принимающие участие как в межмолекулярных связях, так и в процессах взаимодействия с молекулами воды при набухании полимера (Рисунок 2). В ИК-спектре второго образца, карбонилы в составе карбоксила и карбоксилата поглощают при 1733 см^{-1} и 1633.39 см^{-1} соответственно. Причем интенсивность полосы поглощения $\text{C}=\text{O}$ карбоксила значительно выше чем карбоксилата, что говорит о частичной ионизации полимера.

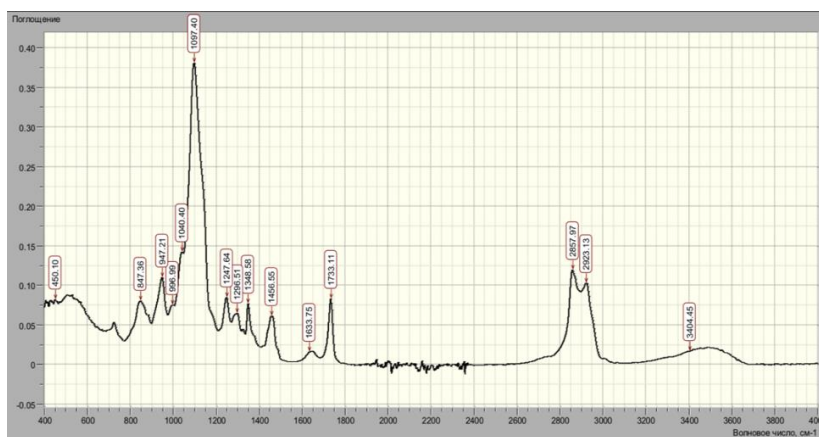


Рисунок 2 - ИК-спектры образцов полиакрилата натрия

Присутствие неионизированной формы доказывает наличие полос в области 847 см^{-1} , характерных для неионизированных форм (960 см^{-1} –880 см^{-1}).

Наличие колебаний в области 3404 см^{-1} , говорит о присутствии свободной карбоксильной группы не связанной водородными связями.

Наличие метиленых и метиленовых фрагментов фиксируется в области 2857 см^{-1} , 2923 см^{-1} .

Данные ИК спектроскопии подтверждают наличие полиакрилата, как и полиакриловой кислоты:



3. Результаты и обсуждение

Анализ удельной электропроводности (Рисунок 1) растворов с различным содержанием амфифильных соединений свидетельствует, что способность молекул к диссоциации в воде преобладает в составе ПАН (Рисунок 1 а).

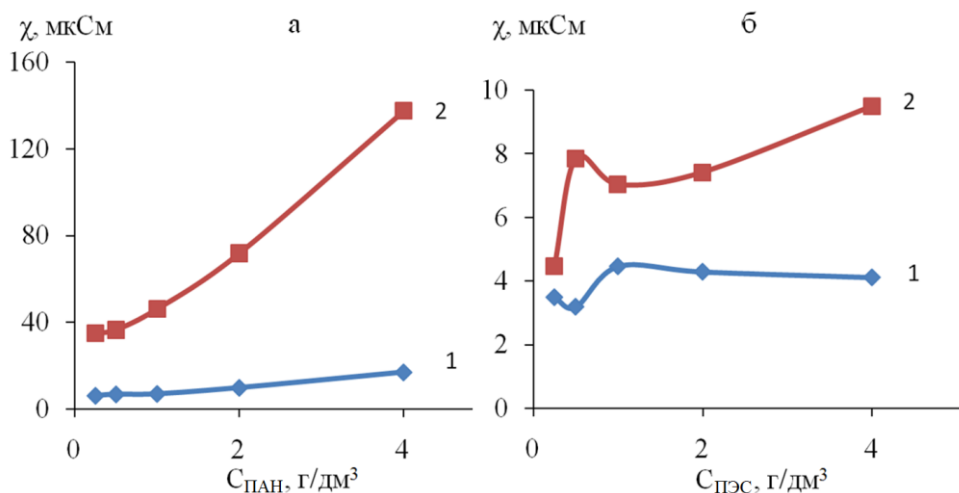


Рисунок 3 - Влияние концентрации ПАН (а) и ПЭС (б) на удельную электропроводность водных растворов: 1 – свежеприготовленные; 2 – выдержанные во времени (48 ч) растворы

Как показывают экспериментальные данные, в разбавленных изоконцентрационных (0.25 г/дм³) растворах ПАН и ПЭС удельная электропроводность составила соответственно 6.22 и 3.48 мкСм/см (Рисунок 3 а,б; кривые – 1). По мере дальнейшего увеличения концентрации показатели χ в присутствии ПЭС ($C \geq 1$ г/дм³) стабилизировались на уровне 4.11÷4.46 мкСм/см, в то время как растворы с ПАН демонстрировали неизменный рост удельной электропроводности ($\chi = 16.97$ мкСм/см, $C_{\text{ПАН}} = 4$ г/дм³).

Увеличение продолжительности экспозиции растворов (до 48 ч) еще больше усиливало разницу в значениях χ между ПАН и ПЭС (Рисунок 3 а,б; кривые – 2). В выдержанном во времени разбавленном (0.25 г/дм³) растворе ПАН удельная электропроводность возросла в 5.6 раза и составила 34.95 мкСм/см (Рисунок 3 а, кривая 2). Для раствора ПЭС (Рисунок 3 б, кривая 2) при аналогичных условиях ($\tau = 48$ ч; $C = 0.025$ г/дм³) изменение χ было менее значительным (от 3.48 до 4.48 мкСм/см). За пределами этого концентрационного участка ($C > 0.25$ г/дм³), судя по экспериментальным зависимостям, рост удельной электропроводности во времени наиболее сильно выражен также в растворах ПАН. Сопоставление значений χ через 48 ч выдержки и свежеприготовленных растворов (0.4 г/дм³) показывает, что удельная электропроводность в растворах ПАН увеличивается в 8.1 раза (от 16.97 до 137.44 мкСм/см), в растворах ПЭС только лишь в 2.3 раза (от 4.11 до 9.50 мкСм/см).

Установленное превалирование ионизированных форм, обеспечивающих более высокие показатели χ в растворах ПАН, объясняется с позиций изменения поляризуемости и энергетических характеристик процесса гидратации. Ион натрия в составе ПАН характеризуется большим

значением теплоты гидратации по сравнению с эфирной группой в составе ПЭС. Ион натрия, координируя вокруг себя диполи воды, вызывает поляризацию молекулы и последующий её распад с образованием макроанионов полиакрилата. Из-за меньшей гидратации полярных групп ПЭС степень диссоциации его молекул (α , %) значительно ниже (Таблица 1).

Таблица 1 - Физико-химические характеристики растворов

С, г/дм ³	См, моль/л	λ , См*м ² /моль		α , %	
		I	II	I	II
ПАН					
0.25	0.00019186	0.32398834	1.82148976	28.38196493	19.398187
0.5	0.00038373	0.1784224	0.95019972	24.44142411	10.1192728
1	0.00076746	0.09190059	0.59927576	12.58912192	6.38206347
2	0.00153492	0.06427569	0.46729489	8.80488863	4.9765164
4	0.00306984	0.05528629	0.4477108	7.573464384	4.76795314
ПЭС					
0.25	0.00024108	0.144458248	0.18572255	18.6794404	29.4161867
0.5	0.00048216	0.066040308	0.16288781	14.4825237	24.9387867
1	0.00096432	0.046235682	0.07297991	10.1394039	14.3097867
2	0.00192864	0.022229132	0.03849033	4.87480965	7.54712333
4	0.00385728	0.010653101	0.02462823	2.33620636	4.829065

I – свежеприготовленные; II – выдержанные во времени растворы (48 ч)

В разбавленных (0.25 г/дм³) растворе ПЭС на долю ионизированных форм приходится не менее 19 %, что в 1.5 раза ниже, чем в изоконцентрационном растворе ПАН. По мере увеличения концентрации раствора степень диссоциации уменьшается и не превышает 2 %, при С = 4 г/дм³, что в 4 раза меньше, чем в растворе ПАН (Таблица 1).

Высвободившиеся при диссоциации слабокислые функциональные группы (Рисунок 4 а, б, кривые 1) обеспечивают уменьшение водородного показателя от 5.98 до 4.26 в растворах ПАН и от 5.40 до 4.64 в растворах ПЭС по мере увеличения их концентрации в воде от 0.25 до 4 г/дм³

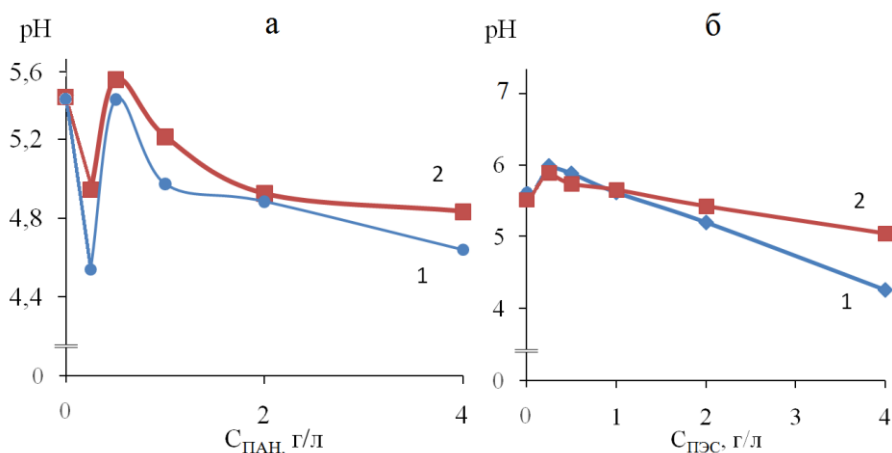


Рисунок 4 - Влияние концентрации ПАН (а) и ПЭС (б) на водородный показатель водных растворов: 1 – свежеприготовленные; 2 – выдержанные во времени (48 ч) растворы

При увеличении продолжительности экспозиции растворов (Рисунок 4 а,б, кривые 2) изменение рН обусловлено накоплением продуктов гидролиза. Так, по истечении 48 часов (с момента приготовления) в изоконцентрационных растворах ПАН и ПЭС значения водородного показателя изменились на $0.1 \div 0.8$ и $0.1 \div 0.4$ соответственно.

4. Заключение

1. При сопоставимых концентрациях в воде (от 0.25 до 4 г/дм³) ПАН характеризуется большим диапазоном изменений удельной электропроводности (от 6.21 до 16.97 мСм), чем ПЭС (от 3.48 до 4.11 мСм). Превалирование ионизированных форм, обеспечивающих более высокие показатели χ в растворах ПАН, обусловлено большей способностью к гидратации полярных групп (натрий) его макромолекул, по сравнению с эфирной группой в составе ПЭС.

2. Полиакрилат натрия является полиэлектролитом, диссоциирующим в воде с образованием макроанионов полиакрилата. Степень диссоциации ПАН в разбавленных растворах (0.25 г/дм³) максимально и составляет 28 %. Повышение концентрации ($C > 0.25$ г/дм³) сопровождается уменьшением α до уровня 8 % при $C_{\text{ПАН}} = 4$ г/дм³.

3. Полиэфирсилоксановый сополимер является более слабым электролитом, чем ПАН. Степень диссоциации его макромолекул в разбавленном растворе (0.25 г/дм³) в 1.5 раза меньше и составляет 19 %). В области повышенных содержаний ($C_{\text{ПЭС}} = 4$ г/дм³) α не превышает 2 %, то есть в 4 раза ниже, чем в изоконцентрационном растворе ПАН.

4. Диссоциация амфифильных соединений сопровождается высвобождением слабокислых функциональных групп, что обеспечивает смещение водородного показателя. Относительно бидистиллированной воды (рН=5.4) происходит постепенное уменьшение рН до минимального уровня 4.26 в растворах ПАН и 4.64 в растворах ПЭС.

5. С увеличением продолжительности экспозиции раствора изменение α и pH обусловлено накоплением продуктов гидролиза, по истечении с момента приготовления 48 часов в изоконцентрационных растворах ПАН и ПЭС значения водородного показателя изменились на $0.1 \div 0.8$ и $0.1 \div 0.4$ соответственно.

Финансирование: Работа выполнена при поддержке проекта Министерства образования и науки Республики Казахстан AP08856284.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов между авторами, требующего раскрытия в данной статье.

ПОЛИМЕРЛІ ББЗ СУ ЕРІТІНДІЛЕРІНІҢ ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

*А.Н. Дюрягина**, *А.А. Луценко*, *Т.В. Ширина*, *Д.Ю. Козик*, *Г.Б. Аубакирова*

Манап Қозыбаев атындағы Солтүстік Қазақстан университеті, Петропавл, Қазақстан

E-mail: adyuryagina@inbox.ru

Түйіндеме. *Кіріспе.* Лак-бояу өнімдерінің әлемдік өндірісінің қазіргі жағдайы адамға зиянды әсер ететін және атмосфераны ластайтын дәстүрлі органикалық-ерітін лак-бояу материалдары барған сайын прогрессивті, құрамында органикалық еріткіштер жоқ болып ауыстырылатынын көрсетеді. Су дисперсті бояулар мен лак-бояу материалдарының су-дисперсті бояулар тобындағы жылдам ілгерілеуі олардың экологиялық таза санаттағы басқа бояулармен және лактармен салыстырғандағы бірқатар артықшылықтарымен түсіндіріледі. Олар бөлме температурасына дейін төмен температурада кептіруге мүмкіндік береді. Су дисперсияларын өзгерту кезінде аддитивтер ретінде ең көп таралған беттік белсенді заттар (ББЗ) болды. *Жұмыс мақсаты* – ПАН және ПЭС ББЗ электрөткізгіштігін және диссоциациялану дәрежесін белгілеу. Бұл *жұмыстың әдістемесі* жаңадан дайындалған және ескірген (τ кемінде 48 сағ) әр түрлі қоспалары бар ($C = 0 \div 4$) ерітінділердегі меншікті электр өткізгіштігін (χ , мС/см) және сутегі индексі (рН) анықтауды қамтиды. $1/\text{дм}^3$) $T = 298$ К кезінде. *Нәтижелер мен талқылау:* Құрамында әртүрлі амфифильді қосылыстары бар ерітінділердің меншікті электр өткізгіштігін зерттеу ПАН құрамында молекулалардың суда диссоциациялану қабілетінің басым екендігін көрсетеді. Салыстырмалы концентрацияларда су (0.25-тен 4 г/дм³-ке дейін) ПАН электр өткізгіштігінің өзгеруінің үлкен диапазонымен сипатталады (6.21-ден 16.97 мСм-ге дейін) ПЭС (3.48-ден 4.11 мСм-ге дейін). Натрий полиакрилат-полиэлектрлит, суда диссоциацияланып, полиакрилат макроиондарын түзеді. *Тұжырым.* Полиэфирсилоксан сополимері ПАН-ға қарағанда әлсіз электрлит болып табылады. Сұйылтылған ерітіндідегі оның макромолекулаларының диссоциациялану дәрежесі (0.25 г/дм^3) 1.5 есе аз және 19% құрайды. Амфифильді диссоциация қосылыс сутегі индексінің сысуын қамтамасыз ететін аздап қышқыл функционалды топтардың бөлінуімен бірге жүреді. Ерітіндінің экспозиция ұзақтығының ұлғаюымен α және pH өзгеруі гидролиз өнімдерінің жинақталуына байланысты, ПАН және ПЭС изоконцентрлік ерітінділерінде 48 сағат дайындалғаннан кейін сутегі көрсеткішінің мәндері сәйкесінше $0.1 \div 0.8$ және $0.1 \div 0.4$ -ке өзгерді. Алынған нәтижелер зерттелген полимерлі ББЗ-ны сулы-дисперсиялық лак-бояу композициялары үшін модификатор ретінде қолдануға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: беттік-белсенді зат, сутектік көрсеткіш, электрөткізгіштік, диссоциация дәрежесі, ИҚ-спектроскопия

<i>Дюрягина Антонина Николаевна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты, доцент</i>
<i>Луценко Аида Александровна</i>	<i>химия ғылымдарының магистрі, PhD докторант</i>
<i>Ширина Татьяна Валерьевна</i>	<i>магистрант</i>
<i>Козик Дарья Юрьевна</i>	<i>студент</i>
<i>Аубакирова Гульсим Багратовна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты, доцент</i>

Список литературы

- 1.Верхолавец В.В. *Водные краски на основе промышленных полимеров*. Ленинград, Химия, **1968**, 268 с.
2. Кузьмина Т.М., Цейтлин Г.М. *Алкидно-акриловые композиции*. Успехи в химии и химической технологии, **2008**, Т. XXII. - №5(85), С. 27-30.
3. Durygina A.N. *Modification of composites by surfactants*. Petropavlovsk: M. Kozybayev NKZU, **2019**, 183 p.
4. Холмберг К. *Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах*, Москва, Лаборатория знаний, **2020**, 531 с.
5. Сметанина Е.И. *Лабораторный практикум по физической химии: учебное пособие*, Томск, Изд-во Томского политехнического университета, **2012**, 272 с.
6. Казицына Л.Л., Куплетская Н.Б. *Применение УФ-, ИК-, ЯМР- и масс-спектропии в органической химии*, Москва, **1979**, 240 с.
7. Koji Arai, Tsutomu Mizutani, Yoshiharu Kimura, Masatoshi Miyamoto. *Unique structure and properties of inorganic–organic hybrid films prepared from acryl. Silica nano–composite emulsions*. Progress in Organic Coatings, **2016**, 109 <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2015.12.002>
8. Guo Qiang Zhou, Yuan You Wang. *Preparation and application of modified hydroxyl acrylic dispersion without solvent by a four step synthetic approach*. Progress in Organic Coatings, **2019**, 93–98, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.01.049>
9. Jia Chyi Wong, Kuan Hoon Ngoi, Chin Hua Chia, Taeyeol Jeon, Heesoo Kim, Hyun-Joong Kim, Hong-Chul Kim, Moonhor Ree. *Surface hardness and abrasion resistance natures of thermoplastic polymer covers and windows and their enhancements with curable tetraacrylate coating*. Polymer, **2022**, 124419, <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2021.124419>
10. Miguel F. Silva, María Teresa Doménech–Carbó, Laura Osete–Cortina. *Characterization of additives of PVAc and acrylic waterborne dispersions and paints by analytical pyrolysis–GC–MS and pyrolysis–silylation–GC–MS*. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, **2015**, 606–620. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2015.04.011>

References

1. Verkhovlavtseva V.V. *Water-based paints based on industrial polymers*. Leningrad, Chemistry, **1968**, 268 p. (In Russ.).
2. Kuzmina T.M., Zeitlin G.M. *Alkyd-acrylic compositions*. Advances in Chemistry and Chemical Technology, **2008**, Т. XXII. - No. 5 (85), P. 27-30. (In Russ.).
3. Durygina A.N. *Modification of composites by surfactants*. Petropavlovsk: M. Kozybayev NKZU, **2019**, 183 p.
4. Kholmberg K. *Surfactants and polymers in aqueous solutions*, Moscow, Knowledge Laboratory, **2020**, 531 p. (In Russ.).
5. Smetanina E.I. *Laboratory workshop on physical chemistry: textbook*, Tomsk, Publishing House of Tomsk Polytechnic University, **2012**, 272 p. (In Russ.).
6. Kazitsyna L.L., Kupletskaya N.B. *Application of UV, IR, NMR and mass spectroscopy in organic chemistry*, Moscow, **1979**, 240 p. (In Russ.).
7. Koji Arai, Tsutomu Mizutani, Yoshiharu Kimura, Masatoshi Miyamoto. *Unique structure and properties of inorganic–organic hybrid films prepared from acryl. Silica nano–composite emulsions*. Progress in Organic Coatings, **2016**, 109 <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2015.12.002>
8. Guo Qiang Zhou, Yuan You Wang. *Preparation and application of modified hydroxyl acrylic dispersion without solvent by a four step synthetic approach*. Progress in Organic Coatings, **2019**, 93–98, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.01.049>
9. Jia Chyi Wong, Kuan Hoon Ngoi, Chin Hua Chia, Taeyeol Jeon, Heesoo Kim, Hyun-Joong Kim, Hong-Chul Kim, Moonhor Ree. *Surface hardness and abrasion resistance natures of thermoplastic polymer covers and windows and their enhancements with curable tetraacrylate coating*. Polymer, **2022**, 124419
10. Miguel F. Silva, María Teresa Doménech–Carbó, Laura Osete–Cortina. *Characterization of additives of PVAc and acrylic waterborne dispersions and paints by analytical pyrolysis–GC–MS and pyrolysis–silylation–GC–MS*. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, **2015**, 606–620. <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2015.04.011>