

*Химия*

УДК 544.7.53

Р. О. ЧАЛТИКЯН, Дж. Д. ГРИГОРЯН, А. О. МАКАРЯН, С. А. АПОЯН, Ж. Н. ЧОБАНЯН

### ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВОДЫ И ВОДНО-МИЦЕЛЛЯРНЫХ РАСТВОРОВ АНИОННОГО ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА

Изучено влияние излучения импульсного неодимового лазера на физико-химические свойства воды и водно-мицеллярных растворов анионного поверхностно-активного вещества пентадецилсульфоната натрия. Показано, что в зависимости от времени экспозиции излучения меняется электропроводность воды, что обусловлено ее структурными изменениями. Эти изменения влияют на процесс мицеллообразования и на значение критической концентрации мицеллообразования.

**Введение.** В последнее десятилетие при лечении различных заболеваний широкое распространение приобрело использование лазеров, обладающих достаточно широким спектром воздействия на биологические структуры.

Во всех фотобиологических процессах необходима определенная энергия для преодоления активационных барьеров химических превращений. В настоящее время доказано влияние световой энергии на конформационные переходы клеточных мембран. Так как в мембране имеется тесный контакт между липидами и белками, то конформационные изменения липидного биослоя могут влиять на процессы, связанные с мембранами [1, 2].

Фотостимуляция во многом зависит от физико-химического состояния воды в организме. Современными методами установлено, что внутриклеточная вода находится в своеобразном состоянии непрерывных микрофазных переходов: кристалл–жидкость, жидкость–кристалл. Было показано, что при воздействии низкоинтенсивного лазерного излучения (НЛИ) на воду достоверно изменяются ее рН, электропроводность, растворимость кислорода. При этом эффект регистрируется в течение нескольких дней после воздействия. В облученной воде образуются льдоподобные кристаллические структуры, а иногда наблюдается противоположный эффект – деструктурирование воды. Это зависит от режима лазерного излучения и исходного физико-химического состояния воды. При облучении лазером удельная электропроводность воды изменяется, что объясняется изменением структуры водных молекулярных ассоциатов и константы диссоциации воды, а также количеством угольной кислоты, образовавшейся при гидратации растворенного атмосфер-

ного  $\text{CO}_2$  в воде [3, 4]. В работе [5] показано, что увеличение термостабильности водно-солевых растворов ДНК при облучении может быть обусловлено изменением структуры воды, что приводит к увеличению степени гидратации ДНК и присутствующих в растворе ионов.

Известно, что мицеллы являются упрощенной моделью биологических мембран, через которые происходит обмен веществ. Поведение их во многом аналогично влиянию ферментов на химические процессы. Добавки различного рода влияют на свойства мицелл, меняя их гидрофильно-гидротированные и гидрофобные зоны [6]. Изучение процесса мицеллообразования и физико-химических свойств мицелл дает возможность оценить роль различного рода взаимодействий, происходящих в мембране.

**Экспериментальная часть и обсуждение результатов.** Изучение влияния НЛИ на физико-химические свойства воды и водных растворов поверхностно-активного вещества (ПАВ) пентадецилсульфоната натрия (ПДСН) проводилось методами кондуктометрии и тензиометрии. 100 мл воды облучалось импульсным неодимовым лазером с частотой импульсов 10 Гц. Длина волны лазерного излучения составляла 1,06 мкм, энергия одного импульса – ~0,07 Дж при длительности импульса 100 нс. Для изучения влияния облученной воды на критическую концентрацию мицеллообразования (ККМ) готовили растворы ПДСН с облученной и необлученной водой и измеряли их электропроводность и поверхностное натяжение.

Связь между давлением пузырька ( $P$ ) и межфазным натяжением ( $\gamma$ ) представляется уравнением Юнга-Лапласа:  $\gamma = P / 2r$ , где  $r$  – радиус пузырька. Непосредственные измерения электропроводности ( $\kappa$ ) проводили с помощью прибора Jenwey 4330 при  $25 \pm 0,01$  ( $^{\circ}\text{C}$ ), а межфазного натяжения ( $\gamma$ ) – с помощью прибора SITA Science Line t 60.

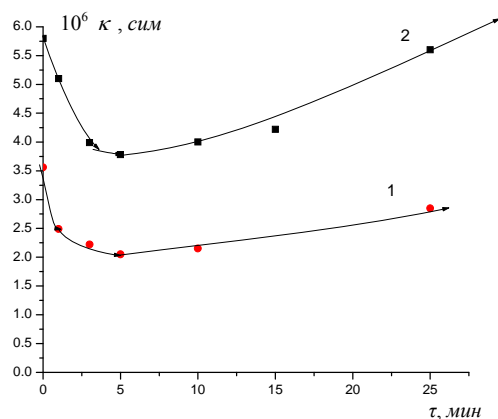


Рис. 1. Изменение электропроводности воды в зависимости от продолжительности экспозиции лазерного облучения. 1 – бидистиллированная (рН ~6,4); 2 – дистиллированная вода (рН ~6,5).

связано с несколькими факторами: упорядочением структуры воды, увеличением степени диссоциации воды и других примесей (в частности  $\text{H}_2\text{CO}_3$ ), а также с увеличением подвижности ионов  $\text{OH}^-$ ,  $\text{H}^+$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  [4]. На данном этапе исследования трудно оценить вклад того или иного фактора.

На рис. 1 приведены усредненные значения зависимости  $\kappa$  от времени облучения дистиллированной и бидистиллированной воды. С увеличением экспозиции облучения у обеих кривых наблюдается минимум. По-видимому, разница в значениях  $\kappa$  обусловлена наличием примесей в дистилляте. Такой ход кривых, на наш взгляд, может быть обусловлен разрыхлением структуры воды, которое и приводит к уменьшению электропроводности согласно прототропному механизму электропроводности [7]. Дальнейшее увеличение  $\kappa$  с увеличением времени облучения может быть

Известно, что ККМ помимо других факторов (наличие добавок, pH, температура и т.д.) во многом зависит от структуры воды [8, 9]. Следовательно, можно ожидать, что полученная нами закономерность должна отражаться на процессе мицеллообразования, т.е. на значениях ККМ. Для выяснения этого мы изучали электропроводность и межфазное натяжение водно-мицеллярных растворов ПДСН, приготовленных с облученной и необлученной дистиллированной водой.

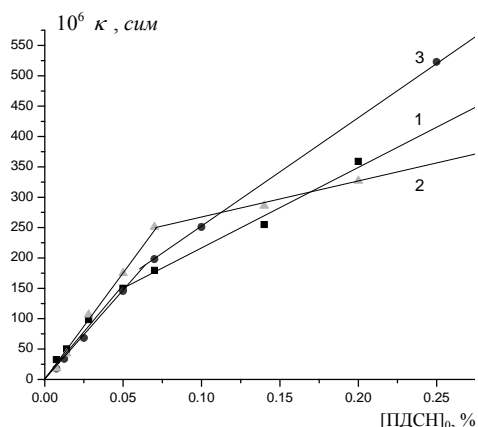


Рис. 2. Зависимость электропроводности растворов ПАВ с необлученной (1) и облученной (2, 3) водой от  $[ПДСН]_0$ ; 2 – длительность облучения воды 1 мин; 3 – 25 мин.

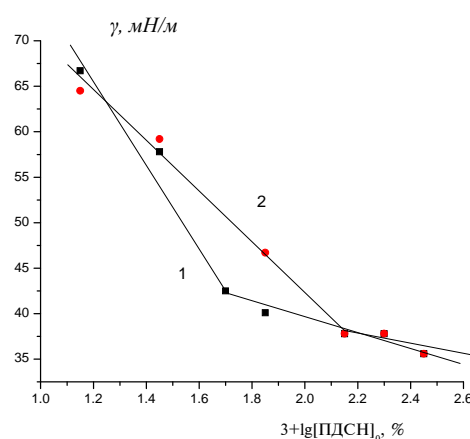


Рис. 3. Зависимость межфазного натяжения растворов ПАВ с необлученной (1) и облученной (2) 5 мин водой от  $[ПДСН]_0$ .

Для иллюстрации приведены зависимости  $\kappa$  (рис. 2) и  $\gamma$  (рис. 3) от  $[ПДСН]_0$ . Точка перегиба на кривых соответствует значению ККМ и зависит от времени облучения воды.

#### Зависимость ККМ от времени экспозиции воды

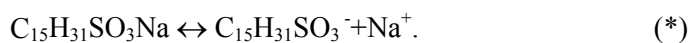
Время облучения воды, мин	0	1	3	5	10	25
ККМ, %	0,055	0,068	0,075	0,14	0,07	0,058
	0,05	0,075	0,08	0,12	0,07	0,06

1 – по измерениям электропроводности; 2 – поверхностного натяжения.

В таблице представлено изменение значений ККМ в зависимости от времени облучения воды, определенных по измерениям электропроводности (1) и поверхностного натяжения (2) растворов. Из них следует, что в пределах экспозиции до 5 мин ККМ увеличивается, а дальнейшее увеличение  $\tau$  приводит к уменьшению ККМ.

Одной из причин, приводящих к такому изменению ККМ при облучении, и может быть изменение структуры воды.

В водных растворах ПДСН существует динамическое равновесие



При разрыхлении структуры воды при малых дозах облучения (см. рис. 1) она становится более “гидрофобной” и равновесие (\*) смещается влево. Количество неассоциированных молекул ПДСН в такой воде увеличивается, что приводит к затруднению образования мицелл и увеличению ККМ. При увеличении времени облучения воды ККМ уменьшается, что, возможно, связано с упорядочиванием структуры воды, приводящим к уменьшению “молекулярно растворенного” количества ПДСН. Кроме этого, с увеличением  $\tau$  может увеличиваться концентрация ионов (в частности  $H^+$ ,  $OH^-$ ). Это может способствовать протеканию реакции  $C_{15}H_{31}SO_3^- + H^+ \leftrightarrow C_{15}H_{31}SO_3H$ , вследствие чего образуется более неполярное ПАВ и ККМ уменьшается.

Таким образом, можно предположить, что при облучении лазером вода перетерпевает структурные изменения, что и отражается на процессе мицеллообразования.

Кафедра физической и коллоидной химии

Поступила 02.12.2009

#### ЛИТЕРАТУРА

1. **Петросян В.Н., Синицин Н.И., Елкин В.А.** и др. Биомедицинская радиоэлектроника, 2001, т. 6, № 5, с. 62–105.
2. **Буйлин В.А.** Низкоинтенсивная лазерная терапия с применением матричных импульсных лазеров. М.: ТОО «Техника», 1996.
3. **Плужников М.С., Жуманкулов М.С., Басиладзе Л.И., Иванов Б.С.** Актуальные вопросы лазерной медицины. Тез. докл. I Всеросс. конф. М.-Л.: МОНИКИ, 1991, с. 8.
4. **Якименко И.Л., Сидорик Е.П.** Укр. биохим. журнал, 2001, т. 73, № 1, с. 16–23.
5. **Бабаян Ю.С., Акопян С.Н., Казарян П.С.** и др. Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 2006, № 11, с. 64–68.
6. **Шагинян А.А.** Роль структурной организации ионных мицелл в механизме формирования макромолекул в эмульсиях. Ер.: Изд-во АН Арм. ССР, 1985.
7. **Эрден-Груз Т.** Явления переноса в водных растворах. М.: Мир, 1976, сс. 331, 388, 437.
8. **Григорян Дж.Д., Арутюнян Р.С.** Арм. хим. жур., 1986, т. 39, № 8, с. 476–480.
9. **Григорян Дж.Д., Арутюнян Р.С., Симонян Л.Х., Бейлерян Н.М.** Коллоидн. журнал, 1989, т. 51, с. 368–371.

Ո. Հ. ՉԱԼՏԻԿՅԱՆ, Զ. Դ. ԳՐԻԳՈՐՅԱՆ, Ա. Հ. ՄԱԿԱՐՅԱՆ,  
Ա. Հ. ԱՓՈՅԱՆ, Ժ. Ն. ՉՈՒԲԱՆՅԱՆ

ԼԱԶԵՐԱՅԻՆ ՃԱՌԱԳԱՅԹՍԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՋՐԻ ԵՎ  
ԱՆԻՈՆԱՅԻՆ ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ԱԿՏԻՎ ՆՅՈՒԹԻ  
ՋՐԱՄԻՑԵԼԱՅԻՆ ԼՈՒԾՈՒՅԹՆԵՐԻ ՖԻԶԻԿԱԸԹԻՄԻԱԿԱՆ  
ՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ա մ փ ո փ ո մ

Ուսումնասիրվել է նեոդիմային իմպուլսային լազերի ճառագայթման ազդեցությունը ջրի և նատրիումի պենտադեցիլսուլֆոնատ անիոնային մակերևութային ակտիվ նյութի ջրամիցելային լուծույթների ֆիզիկաքիմիական

հատկությունների վրա: Ցույց է տրված, որ կախված էքսպոզիցիայի ժամանակից փոխվում է ջրի էլեկտրահաղորդականությունը, որը պայմանավորված է ջրի կառուցվածքի փոփոխությամբ: Այդ փոփոխությունները ազդում են միգելագոյացման կրիտիկական կոնցենտրացիայի վրա:

R. H. CHALTIKYAN, J. D. GRIGORYAN, A. H. MAKARYAN,  
S. H. APOYAN, J. N. CHOBANYAN

INFLUENCE OF INPULSE NEODIM LAZER RADIATION ON  
PHYSICAL-CHEMICAL BEHAVIOR OF WATER AND WATER-  
MICELLAR SOLUTION OF ANIONIC SURFACTANTS SODIUM  
PENTADECILSULFAT

Summary

The influence of impulse neodim lazer radiation on physical-chemical behavior of water and water-micellar solution of anionic surfactants sodium pentadecilsulfat has been studied. It is shown that depending on radiation exposition time the electroconduction of water is changed, which is stipulated by structural changes of water. These changes influence on the process of micellarformation and the meaning of CCM.