

## Содержание

Исследование биоразлагаемости анионоактивных ПАВ на основе полиненасыщенных жирных кислот В. М. АББАСОВ, Л. И. АЛИЕВА, З. Г. АСАДОВ, Э. В. РАХМАНОВ, И. Г. НАЗАРОВ . . . . .	107
Экспериментальное исследование пеногелей для регулирования фильтрационных потоков флюидов в нефтегазоконденсатных пластах Л. К. АЛТУНИНА, В. А. КУВШИНОВ, И. В. КУВШИНОВ . . . . .	115
Образование гуминовых кислот при кавитационном воздействии на торф в водно-щелочных средах Д. В. ДУДКИН, А. С. ЗМАНОВСКАЯ . . . . .	121
Прогноз геоэкологических последствий разработки месторождения вольфрама Бом-Горхон (Забайкалье) О. В. ЕРЕМИН, Е. С. ЭПОВА, Г. А. ЮРГЕНСОН, О. К. СМЕРНОВА . . . . .	125
Получение силумина путем плазменно-дуговой переработки механически активированных минералов группы силлиманита Г. Г. ЛЕПЕЗИН, А. С. АНЬШАКОВ, В. А. ФАЛЕЕВ, Е. Г. АВВАКУМОВ, О. Б. ВИНУКОВА . . . . .	133
Влияние надмолекулярной структуры целлюлозы на морфологию волокон оксида алюминия, полученного золь-гель методом И. С. МАРТАКОВ, П. В. КРИВОШАПКИН, М. А. ТОРЛОПОВ, Е. Ф. КРИВОШАПКИНА, В. А. ДЕМИН . . . .	145
Синтез и биологическая активность новых N-аминогликозидов с пиразольным фрагментом О. А. НУРКЕНОВ, И. В. КУЛАКОВ, Р. А. ЕРМУХАНБЕТОВА . . . . .	153
Газохимическая карбонизация ртути в производственных отходах Ю. В. ОСТРОВСКИЙ, Г. М. ЗАБОРЦЕВ, И. М. БЕЛОЗЕРОВ, А. В. БАБУШКИН, Д. Ю. ОСТРОВСКИЙ, В. А. МИНИН . . . . .	157
Синтез углеродных сорбентов с антибактериальными свойствами Л. Г. ПЯНОВА, О. Н. БАКЛАНОВА, В. А. ЛИХОЛОБОВ, В. А. ДРОЗДОВ, А. В. СЕДАНОВА . . . . .	163
Сероорганические соединения высокосернистой нефти Нижнепервомайского месторождения (Томская область) В. П. СЕРГУН, И. С. КОРОЛЬ, Р. С. МИН . . . . .	175
Определение микроэлементного состава шиповника собачьего ( <i>Rosa canina</i> ) из разных мест произрастания методом РФА-СИ А. В. СИДОРИНА, В. А. ТРУНОВА, А. Н. АЛЕКСЕЕВА . . . . .	181
Синтез углеродных наноматериалов из углеводородного сырья на катализаторе Ni/SBA-15 И. А. СТРЕЛЬЦОВ, И. В. МИШАКОВ, А. А. ВЕДЯГИН, М. С. МЕЛЬГУНОВ . . . . .	187
Хлорирование метана на стекловолоконистых катализаторах Н. В. ТЕСТОВА, Е. А. ПАУКШТИС, В. Б. ГОНЧАРОВ, В. Н. ПАРМОН . . . . .	195
Перспективы использования "мокрого" сжигания органических отходов в перексиде водорода для замкнутых систем жизнеобеспечения С. В. ТРИФОНОВ, Ю. А. КУДЕНКО, А. А. ТИХОМИРОВ, В. В. КЛЕВЕЦ . . . . .	203

УДК 66.092.46:665.12

## Исследование биоразлагаемости анионоактивных ПАВ на основе полиненасыщенных жирных кислот

В. М. АББАСОВ<sup>1</sup>, Л. И. АЛИЕВА<sup>1</sup>, З. Г. АСАДОВ<sup>1</sup>, Э. В. РАХМАНОВ<sup>2</sup>, И. Г. НАЗАРОВ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Институт нефтехимических процессов им. Ю. Г. Мамедалиева НАН Азербайджана, проспект Ходжалы, 30, Баку AZ 1025 (Азербайджан)

E-mail: leylufer-ipcp@rambler.ru

<sup>2</sup>Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Ленинские горы, д. 1, стр. 1, Москва 119991 (Россия)

<sup>3</sup>Бакинский филиал Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, ул. Б. Вахабзаде, 14, Баку AZ 1143 (Азербайджан)

(Поступила 06.11.13; после доработки 27.01.14)

### Аннотация

Получены анионоактивные ПАВ на основе сульфопроизводных смеси жирных кислот, выделенных из кукурузного масла и индивидуальной линоленовой кислоты. Определены физико-химические свойства ПАВ и кальциевых солей, синтезированных на их основе. Исследования с тонкими (0.16–0.17 мм) пленками нефти на поверхности различных вод (пресной, дистиллированной, морской) показали, что эти соли в виде 5 и 10 % этанольных растворов обладают хорошими нефтесобирающими и нефтесепараторными свойствами. Установлено, что 0.025 и 0.05 % растворы кальциевых солей биоразлагаемы.

**Ключевые слова:** биоразлагаемость, поверхностно-активные вещества, жирные кислоты, линоленовая кислота, соли сульфокислот, нефтесобирание

### ВВЕДЕНИЕ

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) представляют собой разнородную по химической структуре группу соединений, которые при концентрировании на границе раздела фаз способствуют снижению поверхностного натяжения. В настоящее время ПАВ широко применяются в промышленных производствах и технологических процессах, поскольку позволяют существенно интенсифицировать, упростить и сделать экономически выгодными и экологически безопасными многие процессы нефтедобычи, нефтепереработки, очистки вод и т. д.

Среди ПАВ выделяются вещества, которые быстро разрушаются в окружающей среде, и соединения, которые не разрушаются

и накапливаются в организмах в недопустимых концентрациях. Один из основных негативных эффектов ПАВ в окружающей среде – снижение поверхностного натяжения. Например, в океане изменение поверхностного натяжения приводит к снижению показателя удерживания CO<sub>2</sub> и кислорода в массе воды [1–3]. Только немногие ПАВ считаются безопасными, например алкилполиглюкозиды, продукты деградации которых – углеводы [4].

По биоразлагаемости можно выделить несколько типов ПАВ: 1) бионеразлагаемые или биоразлагаемые менее чем на 30 % (тетрапропиленбензолсульфонат и все оксиэтилированные алкилфенолы); 2) биоразлагаемые более чем на 80 %, но не до простейших неорганических веществ (линейные алкилбензолсульфаты); 3) полностью биоразлагаемые

соединения (алкилсульфаты, алкансульфонаты, олефинсульфонаты).

Кроме того, ПАВ подразделяются на ионные, т. е. диссоциирующие на ионы в водной среде, и неионные. К ионным относятся: 1) анионные (АПАВ), которые при диссоциации образуют макроанион, обладающий поверхностной активностью; 2) катионные (КПАВ), образующие поверхностно-активный макрокатион; 3) амфотерные или амфолитные, диссоциирующие как АПАВ или как КПАВ в зависимости от реакции среды. Скорость биоразлагаемости АПАВ зависит прежде всего от строения алкильной цепи. Вещества с неразветвленной (линейной) цепью сравнительно легко разрушаются микроорганизмами. Разветвления в цепи, напротив, замедляют разложение ПАВ. Биоразложение протекает быстрее при большей длине алкильной цепи, а сульфонатов – при большем расстоянии между концом цепи и гидрофильной группой. Однако с увеличением длины алкильной цепи свыше C14–C18 активность деструкции падает из-за снижения растворимости. Для алкилбензолсульфонатов установлено, что одиночная боковая метильная группа на ближнем или отдаленном конце цепи только незначительно замедляет процесс биодegradации. Наличие терминальной четвертичной группы несущественно, если есть открытый конец цепи. В противном случае процесс биодegradации заметно тормозится. Разложение происходит не обычным метаболическим путем и облегчается при увеличении длины цепи [5–7]. Однако наличие метильной группы в гидрофобной части молекулы не влияет на разлагаемость, а в некоторых случаях усиливает процесс [8]. В неионных ПАВ увеличение числа оксизетиленовых групп замедляет процесс биодegradации. Введение в молекулу ПАВ оксипропиленовых и оксибутиленовых звеньев также значительно тормозит разложение. В азотсодержащих КПАВ соединения с одной линейной алкильной цепью, присоединенной к атому азота, разлагаются быстрее, чем соединения с двумя или тремя алкильными цепями. Замена метильной группы на фенильную незначительно влияет на скорость разложения ПАВ [9].

На долю АПАВ приходится больше половины производимых ПАВ. Гидрофильная полярная группа АПАВ способна к интенсивному молекулярному взаимодействию, углеводородная часть, практически нерастворимая в воде, представляет собой вытянутую цепь, состоящую из 10–18 атомов углерода. Наличие в структуре АПАВ этих групп придает ей дифильные свойства. При изучении биоразлагаемости необходимо учитывать многие факторы: строение АПАВ, состав вод, наличие в среде микроорганизмов, концентрацию, температуру и т.д.

В странах с развитой нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей промышленностью как при добыче, так и при транспортировке и переработке нефти практически невозможно избежать аварий и прочих непредвиденных ситуаций, которые оборачиваются загрязнением гидросферы. Нефть, разлитая на водной поверхности, преимущественно удаляется механическим путем, за исключением тонких нефтяных пленок. В этом случае необходимо применять специальные виды ПАВ, которые должны обладать нефтесобирающими и нефтедиспергирующими свойствами [10–12] и к тому же быть экологически безвредными.

В этой связи представляло интерес изучить биоразлагаемость АПАВ с нефтесобирающими и нефтедиспергирующими свойствами, которые получены на основе индивидуальных жирных кислот либо смеси жирных кислот, выделенных из растительных масел.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве полиненасыщенных жирных кислот использована линоленовая кислота (ЛК) – одноосновная карбоновая кислота с тремя изолированными двойными связями, а также кислоты, выделенные из растительного масла. Смесь ненасыщенных жирных кислот выделяли из кукурузного масла (КМ) путем омыления и последующей обработки хлороводородной кислотой. В процессе гидролиза имеющиеся в составе КМ триглицериды превращаются в натриевые мыла, а в качестве побочного продукта образуется глицерин.

Полученную смесь кислот использовали в дальнейшем без разделения. Выделенные из