

Титова И.И., канд.  
техн.наук, доцент  
Титов А.О., канд.  
техн.наук, доцент  
Титов О.П., канд.  
техн.наук, доцент

Восточно-Сибирский  
государственный  
университет  
технологий и  
управления,  
Россия

Участники конференции,  
национального  
первенства по научной  
аналитике

## ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ЖИДКОСТИ ПОВЕРХНОСТНО- АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ

*Оценка поверхностных свойств материалов перемещением жидкости поверхностно-активными веществами основана на определении объема перемещенной жидкости находящейся в слое известной толщины.*

*Приведены результаты исследований при применении капельного и бесконтактного методов исследования. Особенности метода бесконтактного определения свойств поверхностей: появление темных пятен в начале перемещения жидкости и образование кольцевых структур. Приведена важная особенность взаимодействия ПАВ с поверхностью воды над слоем песка – образование движущихся объектов.*

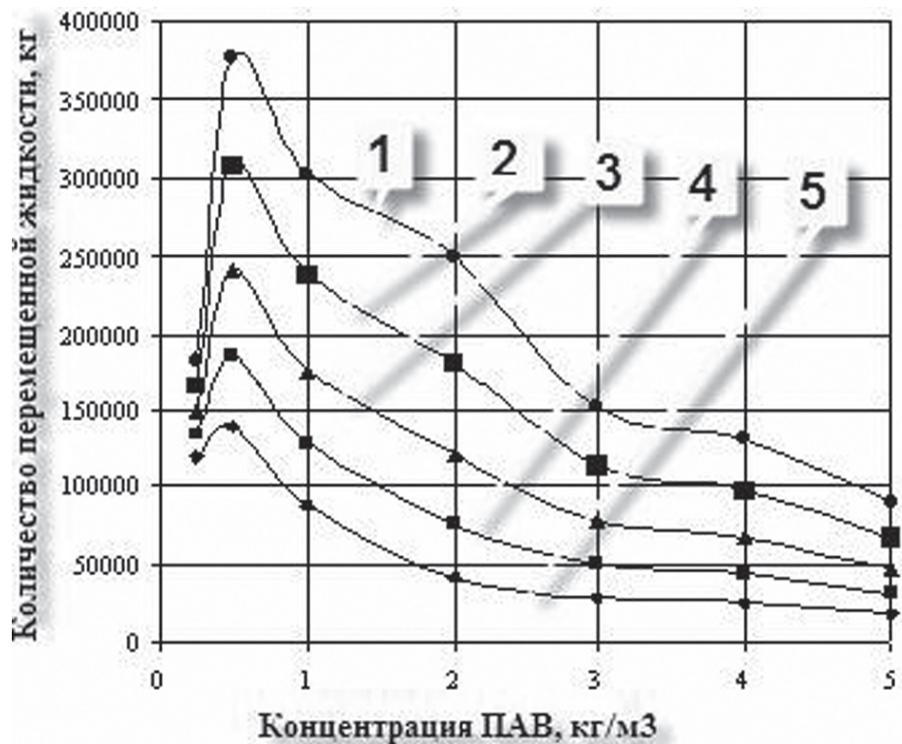
*Evaluation of surface properties of materials moving liquid surface-active substances based on the determination of the displaced fluid located in a layer of known thickness.*

*The results of studies in the application of drip and non-contact methods. Features of non-contact method of surface properties: the appearance of dark spots at the beginning of movement of the liquid and the formation of ring structures. Shows an important feature of the interaction of surfactants with the surface water above a layer of sand - the formation of moving objects.*

Поверхностные явления количественно более двухсот лет оцениваются двумя показателями: краевым углом смачивания и поверхностным натяжением. Других, каких либо единиц для оценки не существует. Методов же определения этих показателей много но не всегда можно определить их для реальных систем, вступающих во взаимодействие. [1]

Нами разработаны способы определения поверхностных свойств, позволяющие одновременно оценивать комплекс взаимодействующих систем. При этом оценка приближена к межмолекулярным взаимодействиям. [2, 3, 4]

Основу способов составляет создание над изучаемой поверхностью слоя жидкости известной толщины, воздействие на поверхность которого поверхностно-активным веществом, и фиксирование капли ПАВ в момент отрыва и происходящих изменений поверхности с помощью видеокамеры. Далее на кадровых развертках определяется кадр, где зафиксирован наибольший радиус перемещенного слоя жидкости и размер капли в момент отрыва. На этих кадрах производятся соответствующие измерения радиуса перемещенного слоя жидкости и диаметр капли. Эти измерения используются для расчета объема капли и объема перемещенной жидкости. Объем перемещенной жидкости находится как объем диска с радиусом равным радиусу перемещенной жидкости и толщиной равной толщине слоя жидкости. Объем капли раствора ПАВ в момент отрыва при известной

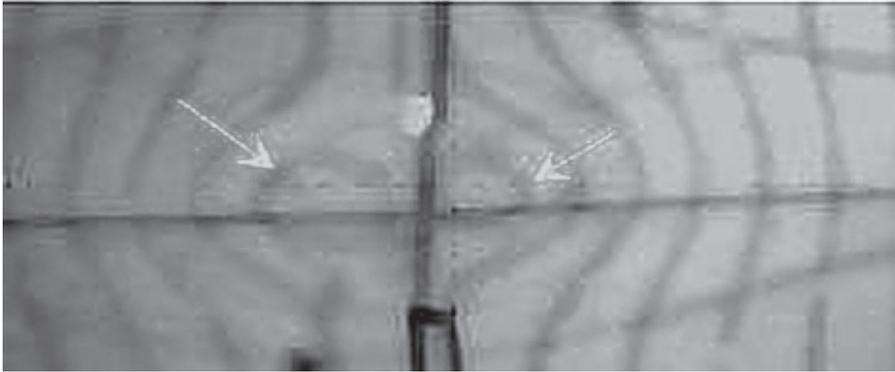


**Рис. 1.** Зависимость количества перемещаемой жидкости от концентрации поверхностно-активного вещества и радиуса ограничительной линии. Радиус ограничивающей окружности (кривые сверху вниз: 1, 2, 3, 4, 5) 0,08, 0,07, 0,06, 0,05, 0,04 м.

**Таблица 1.**

Скорость перемещения воды по поверхности разных материалов

| Материал                    | Скорость перемещения, мм/сек |
|-----------------------------|------------------------------|
| Литий (LiNbO <sub>3</sub> ) | 6,39                         |
| Кремний                     | 5,27                         |
| Бумага                      | 3,53                         |
| Дюралюминий                 | 12,26                        |
| Цемент                      | 1,99                         |
| Песок                       | 24,8                         |



**Рис. 2.** Образование кольцевых структур (показаны стрелками) в слое воды толщиной 0,4 мм на поверхности бумаги

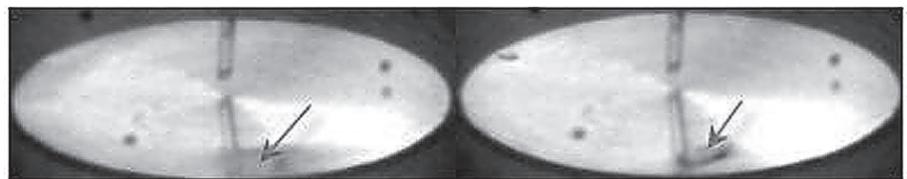
Из представленных результатов видно, что измеренные показатели для разных материалов имеют существенно различающиеся значения. Наименьшая скорость перемещения наблюдается по цементу и бумаге. Несколько большая скорость для монокристаллов лития и кремния. По дюралюминию скорость перемещения в два раза больше чем по поверхности монокристаллов лития и кремния. Наибольшая скорость перемещения наблюдается для песка. Это связано с тем, что бесконтактно вода с поверхности песка полностью не снимается. Остается на поверхности частиц пленка воды, которая снимается только после приведения ПАВ в контакт с поверхностью воды. Возможно поэтому скорость перемещения воды по поверхности песка в несколько больше чем по другим поверхностям.

Необходимо отметить несколько особенностей процесса перемещения воды по использованным поверхностям. В первую очередь это образование кольцевых структур перед прорывом слоя воды. Эти структуры мы относим к послыльному разрушению структуры воды создаваемой за счет силового воздействия материала поверхности на которой вода находится.

Процесс бесконтактного перемещения жидкости поверхностно-активным веществом складывается из нескольких этапов. В начале перемещения, поверхностно-активное вещество как бы снимает с поверхности воды слои молекул фиксированные в этом слое за счет взаимодействия с молекулами воздуха и между собой. Это хорошо было видно при исследовании свойств поверхности материалов используемых в электронике для создания интегральных

схем. В ходе эксперимента было замечено, что на поверхности разрушаемого слоя воды появляются кольцевые структуры, исчезающие со временем. (См. рис 2)

По нашему мнению это послыльное разрушение воды, связанной с изучаемой поверхностью, следовательно, слои воды в связанном слое жидкости имеют разную степень связи между собой. Кроме того, это структурированный слой воды с одной стороны воздухом, с другой стороны поверхностью на которой жидкость находится. Структурированное состояние сохраняется при взаимодействии поверхности воды с поверхностно-активным веществом, которое встраивается в структуру слоя и при превышении предела устойчивости новой, созданной внедренными молекулами ПАВ структуры, начинается ее разрушение и перемещение слоя жидкости. Это, измененное состояние структуры с внедренными молекулами ПАВ сохраняется достаточно долго, по нашим измерениям более 20 секунд.



**Рис. 4.** Последовательные кадры, показывающие образование тонкой темной пленки воды при перемещении ПАВ-ом, которая затем собирается в каплю (помечены стрелкой).

Важным на наш взгляд является отсутствие прорыва слоя жидкости на поверхности песка. Это можно объяснить тем, что плотность упаковки воды на поверхности песка очень высокая. Молекулы ПАВ не могут взломать структуру поверхности этого слоя, поэтому полного очищения по-

верхности песка не наблюдается. Построение структуры воды в слое над песком начинается от воздуха, на границе с которым вода имеет отрицательный потенциал [6]. Следовательно, молекула воды атомом кислорода развернута в сторону воздуха, а атомами водорода, несущими положительный заряд внутрь объема воды. На поверхности частиц песка молекулы воды также ориентируются атомом кислорода от поверхности песка, то есть в ту же сторону, что и от поверхности воды. Так как поверхность кварца (оксида кремния или песка) в водной среде заряжена отрицательно [7]. Молекула же спирта используемого при перемещении жидкости бесконтактным способом имеет положительный заряд водорода на гидроксильной группе, следовательно, встречаясь с положительно заряженным слоем воды,



**Рис. 3.** Образование темных пятен.

на поверхности частиц песка притягивается к этой поверхности и адсорбируется на ней, но перемещения этого слоя не происходит. Возможно, что слой воды на поверхности песка имеет повышенную плотность [8], поэтому молекулы ПАВ не могут проникнуть в эти слои и очистить поверхность песка от воды. Подобное наблюдалось нами при изучении перемещения жидкости ПАВ-ми на поверхности желатина [9]. Перемещение по поверхности желатина происходило в два

этапа. Вначале переместился слой слабо связанных молекул воды, а через некоторое время начал перемещаться слой воды, прилегающий к желатину.

Возможно, что определенный интерес представляет образование темных пятен перед прорывом слоя жидкости на дюрал-

люминии (см. рис. 3). Мы предполагаем, что это вызвано уменьшением толщины слоя воды до 3 – 5 нм то есть меньше длины световой волны [10]. Причем перемещающийся слой воды может «раскатать» по изучаемой поверхности воду до толщины темной пленки. На рисунке 4 показано

не изменяется. Либо для выявления этого дефекта оптическими методами необходимы большие увеличения и специальная приборная база.

Представляет интерес в плане теории поверхностных явлений обнаруженный нами эффект образования движущихся

специальных опытов с участием различных материалов, в том числе наноразмерного объема.

## Литература:

1. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества: Свойства и применение. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1981. – 304 с., ил.
2. Патент № 2362141. 2007.
3. Патент № 2362979. 2007.
4. <http://iopscience.iop.org/1742-6596/291/1/012011>
5. [http://www.nanometer.ru/2010/11/05/internet\\_olimpiada\\_220718.html](http://www.nanometer.ru/2010/11/05/internet_olimpiada_220718.html)
6. <http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%B0>
7. <http://www.yalchik.ksu.ru/yalchik%202003/pdf2003/v3p49.pdf>
8. Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев, В.М. Муллер Поверхностные силы., М., Наука., 1985. [http://www.ximicat.com/ebook.php?file=deragin\\_kol.djvu&page=116](http://www.ximicat.com/ebook.php?file=deragin_kol.djvu&page=116)
9. Титов А.О., Титов О.П., Титов М.О. Новый способ и прибор для определения поверхностной активности. – Фрязино, Материалы VI-ой Международной научно-практической конференции «НАНОТЕХНОЛОГИИ - ПРОИЗВОДСТВУ 2009».
10. <http://www.xumuk.ru/encyklopedia/2/5235.html>



**Рис. 5.** Крупный (размер более 5 мм) напоминающий НЛО объект. Появление к 698. Продолжение к 708 – к 718. Стрелками помечено положение объекта. Скорость перемещения около 10 – 15 мм/сек. Объекты под поверхностью перемещаются, примерно, с такой же скоростью.

образование такой пленки воды, (помечено стрелкой) которая затем собирается в каплю.

Возможно, что образование темной пленки произошло из-за углубления в поверхности дюралюминия, тогда этот эффект можно использовать для оценки механических дефектов поверхностей практически наноразмерной толщины. Из рисунка также видно, что оптически переход к углублению или к дефекту ни чем себя не проявляет, отражение капилляра

объектов при взаимодействии ПАВ с поверхностью воды над слоем песка. Нами обнаружено несколько типов движущихся объектов. На рисунке 5 приведен один из них по виду напоминающий НЛО.

Изгибы линий индикаторной сетки на рис. 5 говорят о том, что объект движется по поверхности воды. Но встречаются объекты, перемещающиеся и в толще воды, под поверхностью. Объяснить наблюдаемый эффект пока не представляется возможным. Необходима постановка

## TOP ARTICLES OF THE GISAP 2012

in the field of Earth and Space sciences (as of the December 2012)

gisap.eu

|   |  |
|---|--|
| Alpasha Nabiye<br>Bayaz Fazilzade<br>Gunay Guluzade<br>Yegana Allakhverdiyeva | ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ ПРИРОДНЫХ КОМПЛЕКСОВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИКО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА КОМПЬЮТЕРЕ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ РАЦИОНАЛЬНОГО ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ (на примере территории Азербайджана) |
| Alpasha Nabiye<br>Nurtach Suleymanzade<br>Ayshen Ibadova<br>Ayten Abdullayeva | ЦИФРОВОЕ АНИМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ГЕОГРАФИИ  |
| Alpasha Nabiye<br>Ramal Imanov<br>Ulviya Mustafayeva<br>Irada Akhmedova       | СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ 3D ПРИЗМА КАРТЫ АЗЕРБАЙДЖАНА   |
| Alpasha Nabiye<br>Durdane Suleymanli<br>Xayala Magerramova<br>Nigar Sardarova | ИННОВАЦИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ГЕОГРАФИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ АЗЕРБАЙДЖАНА ПУТЕМ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ВИДЕО DVD УЧЕБНИКОВ И ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕМАТИЧЕСКИХ КАРТ НА КОМПЬЮТЕРЕ   |
| Yagub Garibov   | THE PECULIARITIES OF THE REGULATION OF THE FUNCTIONING PROCESSES OF ANTHROPOGENIC LANDSCAPES OF THE AZERBAIJAN   |
| Oleg Titov<br>Irina Titova<br>Andrey Titov                                    | ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ЖИДКОСТИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ  |
| Vladimir Chernyak   | ОЦЕНКА ПОВЕРХНОСТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ЖИДКОСТИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫМИ ВЕЩЕСТВАМИ  |