







(рисунок 1) это многофункциональный универсальный инструмент, которые используются для равномерного эмульгирования, измельчения, перемешивания, ускорения химических и физических процессов в образцах различной природы.

УЗДН-М1200 состоит из двух основных частей: ультразвукового генератора и преобразователя, а также звукоизолирующего кожуха и соединенных кабелей. Генератор преобразует питание 220В/50 Гц в 20-25кГц электрическую энергию; преобразователь превращает высокочастотную электрическую энергию в механическую энергию продольной вибрации, что приводит к кавитационному эффекту в жидкости.

В качестве объекта исследования для получения устойчивой эмульсий ультрамикрорегерогенных флотореагентов был выбран нефть Жанажолского месторождения. Месторождение Жанажол находится в пределах Предуральяского плато, расположенного между Мугоджарскими горами и долиной реки Эмба и в административном отношении, входит в состав Мугоджарского района Актюбинской области. Нефти месторождения Жанажол представляют собой углеводороды сравнительно высоким содержанием сернистых соединений. В таблице 1 представлен содержание сернистых соединений в Жанажольской нефти.

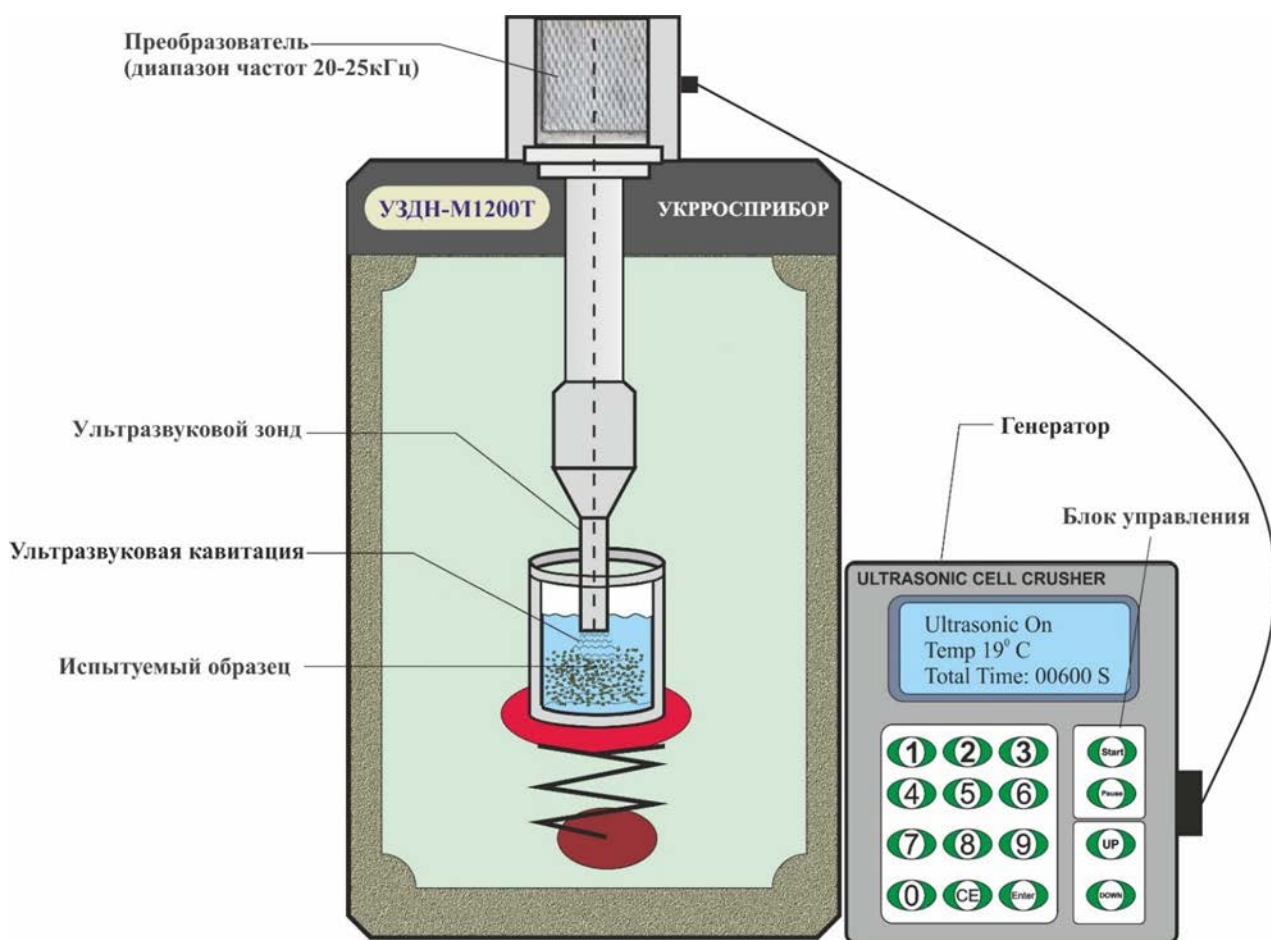


Рисунок 1 Функциональная схема ультразвукового диспергатора «УЗДН-М1200»

Таблица 1 Индивидуальный состав сернистых соединений в нефти Жанажол [16]

Наименование компонента	Жанажол, S, ppmw	Наименование компонента	Жанажол, S, ppmw
Сероводород	60	Вторбутилмеркаптан	104
Метилмеркаптан	49	Метилизопропилсульфид + Метилбутилмеркаптан	24
Этилмеркаптан	249	Третабилмеркаптан	13

Диметилсульфид	22	Диэтилсульфид	27
Изопропилмеркаптан	125	Бутилмеркаптан	12
Третбутилмеркаптан	19	Метилпропилсульфид	5
Пропилмеркаптан	46	2,2-Диметилпропилмеркаптан	6
Метилэтилсульфид	43	Амилмеркаптан-3 + Метилтретбутилсульфид	7

Получение ультрамикрорегетерогенных реагентов на основе нефти, стабилизированные эмульгаторами базовых реагентов, проводили следующим образом: в стеклянный стакан наливали 50 мл дистиллированной воды и 1 г смеси нефть+бутиловый ксантогенат натрия. Как известно, бутиловый ксантогенат натрия (БКс), широко применяемый во флотации руд тяжелых цветных металлов является базовым реагентом-собирателем. Для оценки устойчивости получаемых микроэмульсий, выбраны три разные соотношения нефти и бутилового ксантогената: нефть: БКс = 1:1; нефть: БКс = 2:1; нефть: БКс = 4:1. Ультразвуковой зонд, выполненный из титана в форме конусного концентратора, погружался в стакан так, чтобы излучающий конец наконечника находился в центральной части объема жидкости. Обработку проводили на рабочей частоте 25 кГц с регулируемой полезной мощностью в жидкой среде от 150 Вт до 350 Вт. Время ультразвуковой обработки варьировалось от 10 до 30 минут. Температура полученной микроэмульсии после УЗ обработки составила  $t = 45-50$  °С.

Анализ устойчивости эмульсии была проведен визуально, по степени выделения водной фазы над поверхностью эмульсии через 72 и 120 часов. Как показал анализ полученных результатов данный метод позволил с достаточной точностью определить устойчивость микроэмульсии в зависимости от времени выдержки, после прекращения ультразвукового воздействия.

Процентное соотношение объема распада, над поверхностью эмульсии, к исходному объему показывает степень её расслоения и выражение для устойчивости эмульсии можно записать следующим образом:

$$W = (1 - V_{\text{отд.}}/V_{\text{исх.}}) \cdot 100\%$$

где  $W$  – устойчивость эмульсии,  $V_{\text{отд.}}$  – объем агрегативно-неустойчивого водно-

нефтяного слоя,  $V_{\text{исх.}}$  – исходный объем эмульсии.

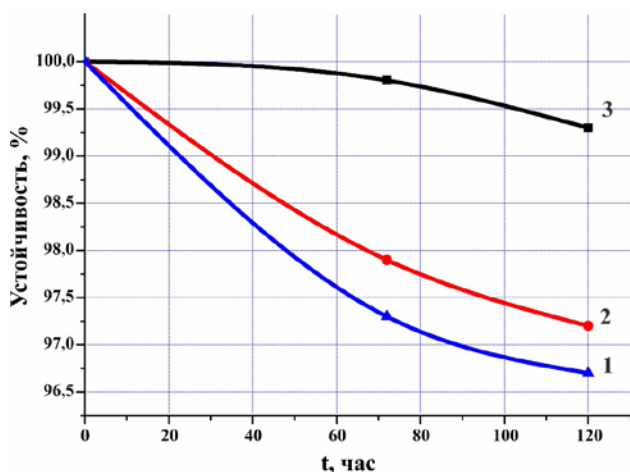
На основании полученных данных были построены графики зависимости устойчивости эмульсии от времени выдержки после обработки ультразвуком при разных соотношениях компонентов, а также при различных значениях времени обработки и мощности.

Выявлено, что с большей устойчивостью (рис. 2) обладает микроэмульсия соотношение нефть: БКс = 4:1 по сравнению с микроэмульсиями соотношения которых нефть: БКс = 1:1; нефть: БКс = 2:1. Анализ полученных данных показывает, с течением времени 72 и 120 часов, объем отделившегося компонента от общего объема эмульсии для нефти: БКс = 4:1 был практически ничтожным. В таких же отрезках времени для соотношения нефть: БКс = 1:1 и нефть: БКс = 2:1 наблюдалось значительное расслоение, и выделение нестабильной фазы над поверхностью микроэмульсии. С повышением концентрации нефти в смеси со ксантогенатом и соответственно с увеличением общей вязкости среды скорость агрегации микроэмульсии снижается и соответственно увеличивается её устойчивость. Так же, наличие сернистых соединений в эмульсии нефти, которые могут являться природными эмульгаторами, вероятнее всего, оказывают значительное влияние на стабильность микроэмульсии.

Как известно, эмульсий подразделяются на два типа: масло в воде (М/В) и вода в масле (В/М). В эмульсии первого типа (прямая) масло является дисперсной фазой, а вода – дисперсионной средой. В эмульсии второго типа (обратная) вода является раздробленной в виде капелек дисперсной фазой, а масло – дисперсионной средой. В нашем случае бутиловый ксантогенат относится к гидрофильным эмульгаторам, которые лучше растворимы в воде, чем в нефти и стабилизируют “прямые” эмульсии.

На рисунке 3 представлено предполагаемое эмульгирующее действие бутилового

ксантогената в симбиозе с природными эмульгаторами самого нефти над новообразованными глобулами УЗ диспергирования. Данные эмульгаторы обоюдно располагаясь понижают поверхностное натяжение на границе раздела фаз и создают вокруг частиц дисперсной фазы прочные адсорбционные оболочки. При этом, аполярный участок эмульгирующего вещества будет афилировано к нефтяной фазе, а полярная часть к водной фазе.

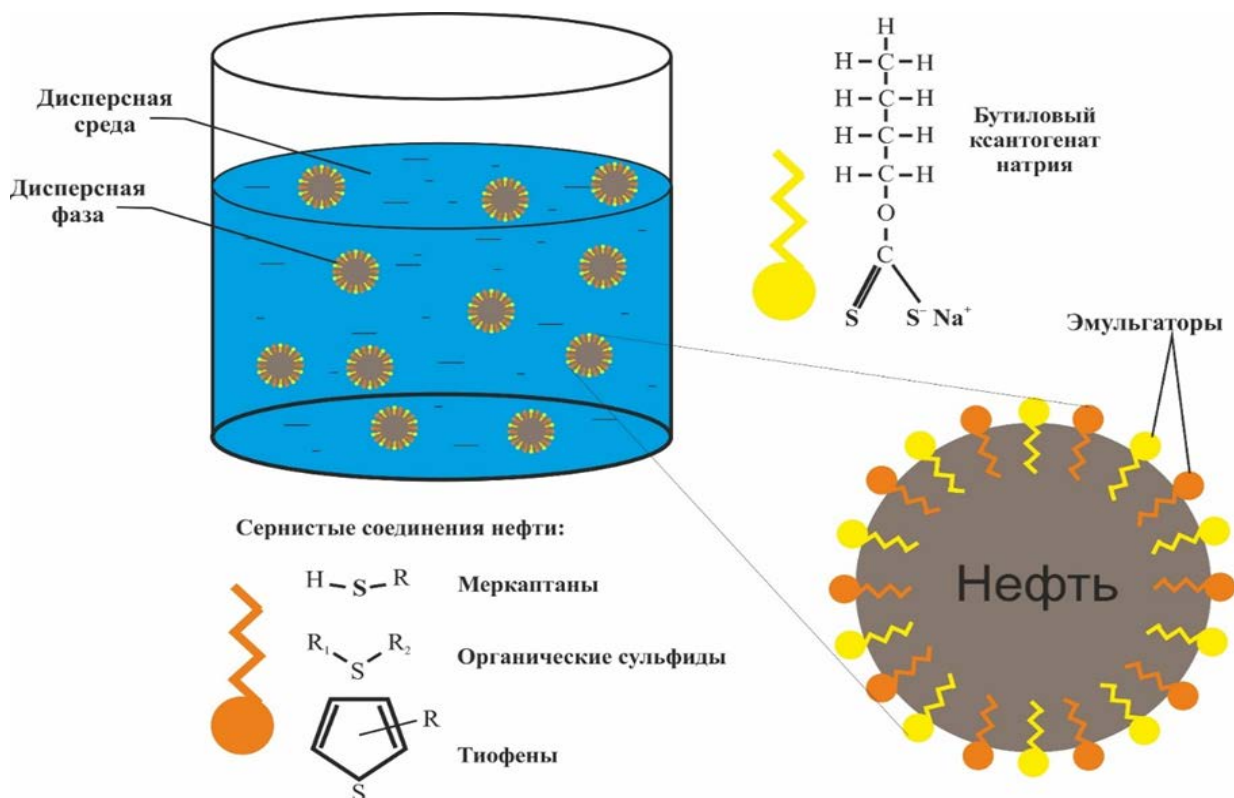


**Рисунок 2** Зависимость устойчивости эмульсии от времени выдержки после обработки ультразвуком (частотой 25 кГц, мощностью 250 Вт) смеси нефти с бутиловым ксантогенатом натрия в течение 10 минут при соотношениях: 1 – нефть: БКс = 1:1; 2 – нефть: БКс = 2:1 и 3 – нефть: БКс = 4:1

Как известно, эмульсий подразделяются на два типа: масло в воде (М/В) и вода в масле (В/М). В эмульсии первого типа (прямая) масло является дисперсной фазой, а вода – дисперсионной средой. В эмульсии второго типа (обратная) вода является раздробленной в виде капелек дисперсной фазой, а масло – дисперсионной средой. В нашем случае бутиловый ксантогенат относится к гидрофильным эмульгаторам, которые лучше растворимы в воде, чем в нефти и стабилизируют “прямые” эмульсии.

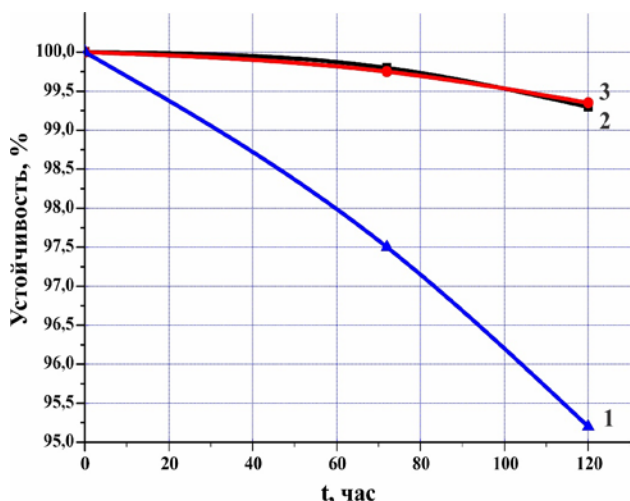
На рисунке 3 представлено предполагаемое эмульгирующее действие бутилового ксантогената в симбиозе с природными эмульгаторами самого нефти над новообразованными глобулами УЗ диспергирования. Данные эмульгаторы обоюдно располагаясь понижают поверхностное натяжение на границе раздела фаз и создают вокруг частиц дисперсной фазы прочные адсорбционные оболочки. При этом, аполярный участок эмульгирующего вещества будет афилировано к нефтяной фазе, а полярная часть к водной фазе.

Проведены исследования по подбору оптимальной мощности УЗ обработки. Построен график зависимости устойчивости эмульсии от времени выдержки после обработки при различных значениях мощности обработки. Показано, что с увеличением мощности УЗ обработки более чем 300 Вт не наблюдалось



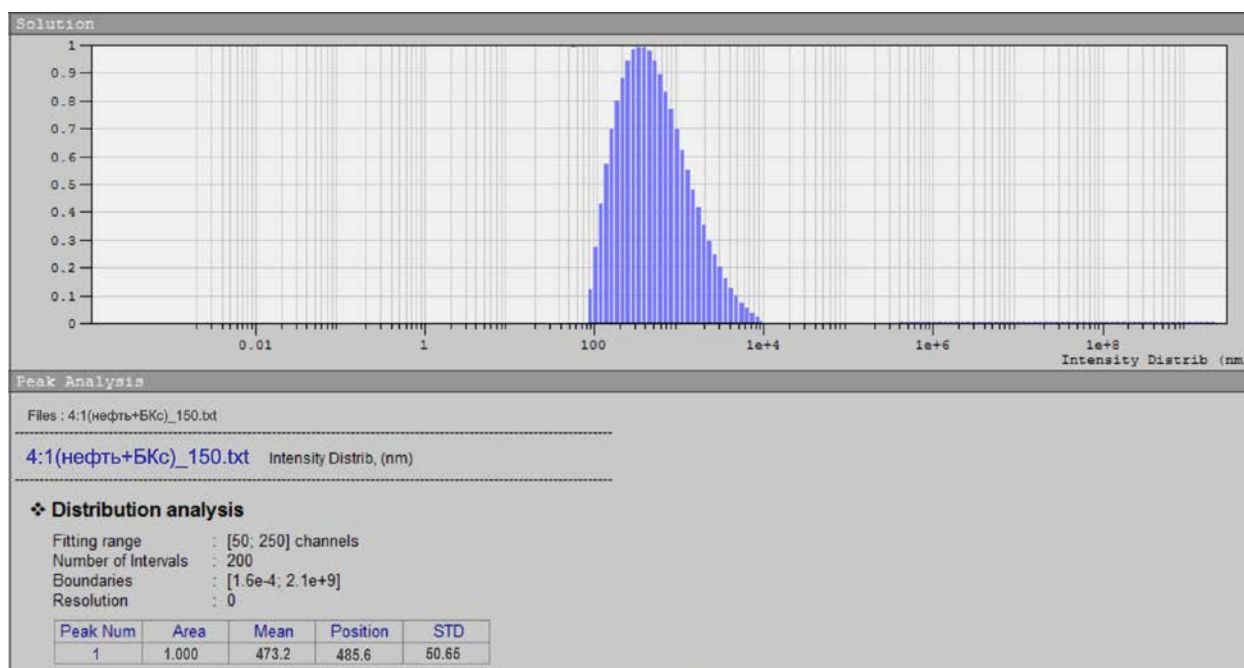
**Рисунок 3** Эмульгирующее действие бутилового ксантогената и природных эмульгаторов самой нефти над новообразованными глобулами УЗ диспергирования

существенных изменений в устойчивости полученных эмульсии (рис.4). Иными словами, при выдержке 72 и 120 часов, при мощности обработки 250 Вт и 350 Вт соответственно и в микроэмульсиях наблюдается одинаковая высокая стабильность, без видимого выделения агрегативно-неустойчивой фазы. В то время, с уменьшением мощности до 150 Вт устойчивость эмульсии при выдержке 72 и 120 часов довольно снижается. Предполагалось, что при малой мощности нефтяные глобулы не приобретает оптимального размера для успешной полной стабилизации всего объема микроэмульсии.

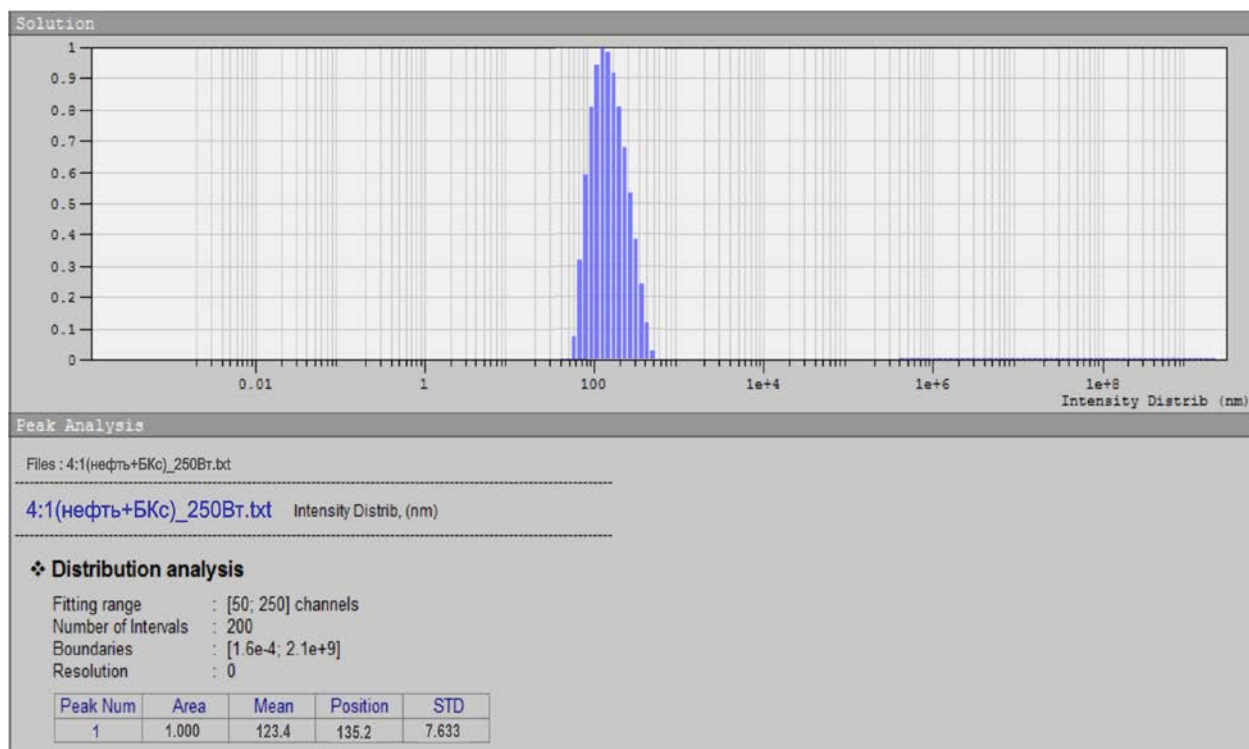


**Рисунок 4** Зависимость устойчивости эмульсии от времени выдержки после обработки ультразвуком (частотой 25 кГц) смеси нефти с бутиловым ксантогенатом натрия (соотношение 4:1) в течение 10 минут при различных значениях мощности обработки: 1 - 150 Вт, 2 - 250 Вт, 3 – 350 Вт

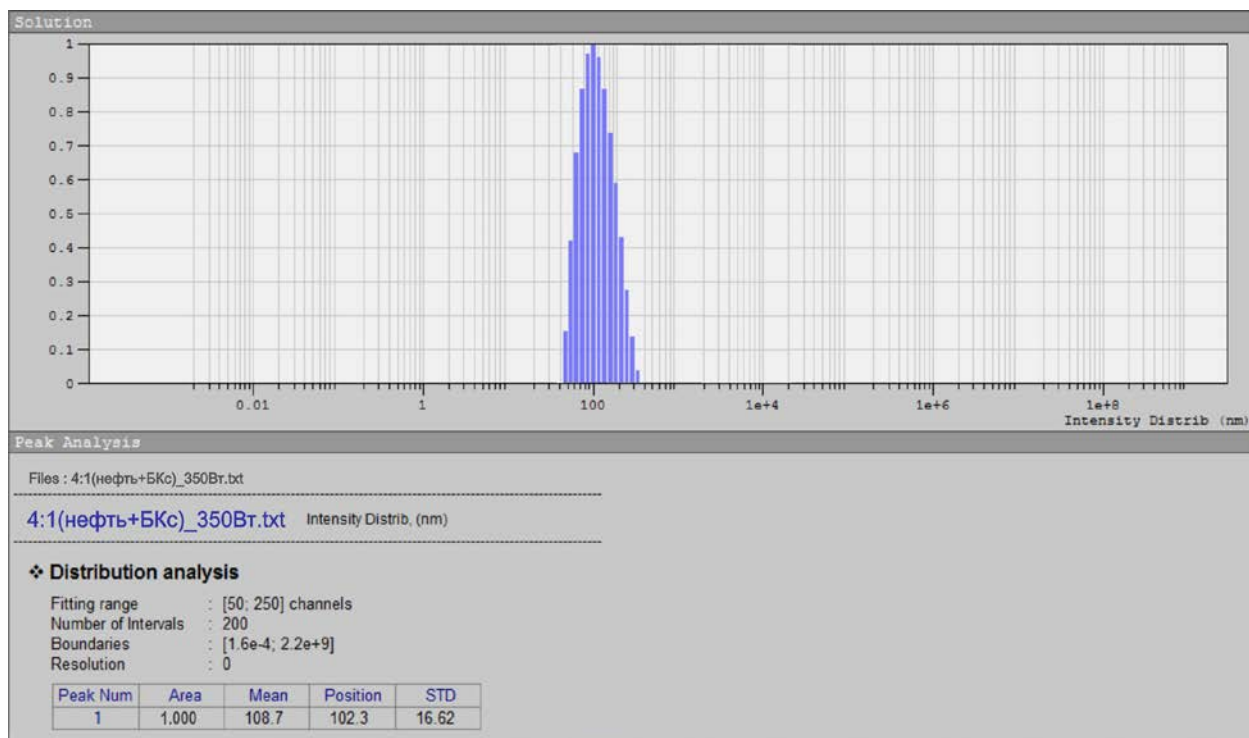
Для оценки влияние мощности УЗ обработки на размер глобул микроэмульсии, образцы были сняты на анализаторе размеров частиц Photocor Compact. Данный прибор позволяет измерить следующие характеристики дисперсных частиц: размер частиц, дзета-потенциал частиц, коэффициент диффузии. Результаты проведенных испытаний по определению среднего размера масляной фазы микроэмульсии представлены на рисунках 5-7. При мощности УЗ обработки 150 Вт продолжительностью  $t_{уз}=10$  мин средний размер дисперсной фазы эмульсии составил 473,2 нм. УЗ диспергирование при мощностях 250 Вт и 350 Вт позволило получить эмульсии со средним размером глобул 123,4 нм и 108,7 нм соответственно. Вероятно, размельчение размера глобулы до данных величин позволяет получить устойчивые эмульсии. В итоге, сравнивая полученные результаты, мощность УЗ обработки 250Вт был выбран как наиболее практичным для оптимального диспергирования масляной фазы и для последующей успешной стабилизации его эмульгаторами. Принцип работы анализатора Photocor Compact основан на методе статического и динамического рассеяния света (фотонной корреляционной спектроскопии). Размер диспергированных в жидкости частиц и молекулярная масса полимерных молекул определяется измерением корреляционной функции флуктуаций интенсивности рассеянного света и интегральной интенсивности рассеяния. Диапазон измеряемых размеров находится в пределах от 1 нм до 10 мкм.



**Рисунок 5** Средний размер нефтяных глобул микроэмульсии ультрамикрорегетерогенного реагента нефть:БКс = 4:1, диспергированного на УЗДН M1200, мощность УЗ обработки 150 Вт



**Рисунок 6** Средний размер нефтяных глобул эмульсии ультрамикрорегетерогенного реагента нефть: БКс = 4:1, диспергированного на УЗДН М1200, мощность УЗ обработки 250 Вт

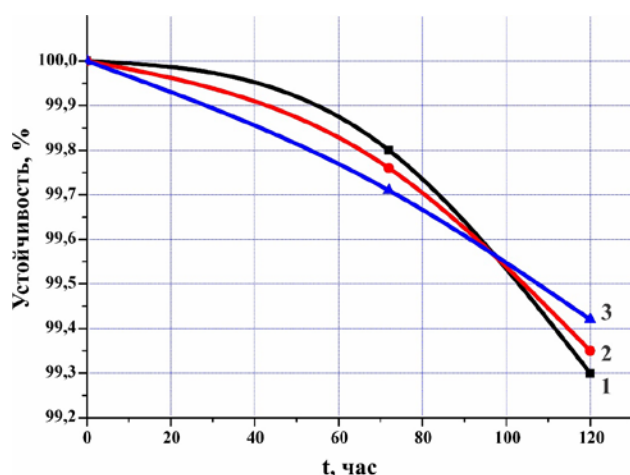


**Рисунок 7** Средний размер нефтяных глобул эмульсии ультрамикрорегетерогенного реагента нефть: БКс = 4:1, диспергированного на УЗДН М1200, мощность УЗ обработки 350 Вт

Исследовано влияние продолжительности УЗ обработка на стабильность эмульсии после 72 и 120 часовой выдержки. УЗ обработка образцов осуществлялось при 10, 20 и 30 минутах (рисунок 8). Установлено, что продолжительность УЗ обработки в свыше 10 минут не оказывает

существенного влияния на устойчивость полученной микроэмульсии. В полученных эмульсиях после выдержки отмечается высокая стабильность с наименьшими объемами отделившейся фазы.





**Рисунок 8** Зависимость устойчивости микроэмульсии от времени выдержки после обработки ультразвуком (частотой 25 кГц, мощностью 250 Вт) смеси нефти с бутиловым ксантогенатом натрия (соотношение 4:1) при различной продолжительности обработки: 1 – 10 мин, 2 – 20 мин, 3 – 30 мин

### Выводы

Проведены исследования с целью определения устойчивости эмульсии ультрамикроретерогенного флотореагента, полученного из смеси нефти Жанажолского месторождения и бутилового ксантогената в соотношениях нефть: БКс = 1:1; нефть: БКс = 2:1 и нефть: БКс = 4:1.

Наибольшей стабильностью обладает микроэмульсия при соотношении нефть: БКс = 4:1, которая составила 99,3% через 120 часов выдержки. Обнаружено предполагаемое эмульгирующее действие бутилового ксантогената в симбиозе с природными эмульгаторами самой нефти над новообразованными глобулами УЗ диспергирования.

Наиболее оптимальное диспергирование масляной фазы с последующей стабилизацией ее эмульгаторами наблюдалось при мощности УЗ обработки 250Вт. При этом в течение 10 мин получена микроэмульсия со средним размером глобул 123,4 нм.

Увеличение продолжительности ультразвуковой обработки свыше 10 минут не оказывают существенного влияния на устойчивость полученной микроэмульсии.

### Конфликт интересов

От имени всех авторов корреспондент автор заявляет, что конфликта интересов нет.

### Благодарность

Работа выполнена при поддержке грантового финансирования для молодых ученых МОН РК (№ AP08052653).

**Ссылка на данную статью:** Есенгазиев А. М., Барменшинова М. Б., Билялова С. М., Муханова А. А., Мухамедилова А. М. Исследование устойчивости эмульсии ультрамикроретерогенных флотореагентов, полученной методом ультразвукового диспергирования // *Комплексное использование минерального сырья = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu.* -2020. №3 (314), pp.65-75. <https://doi.org/10.31643/2020/6445.28>

**Cite this article as:** Yessengazyev A. M., Barmenshinova M. B., Bilyalova S. M., Mukhanova A. A., Мухамедилова А. М. Issledovaniye ustoychivosti emul'sii ul'tramikrogeterogennykh flotareagentov, poluchennoy metodom ul'trazvukovogo dispergirovaniya [Study of the stability of the emulsion of ultramicroheterogeneous flotation reagents obtained by the method of ultrasonic dispersion]. *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a. = Complex Use of Mineral Resources = Mineraldik Shikisattardy Keshendi Paidalanu.* - 2020. № 3 (314), pp. 64-75. (In Rus.). <https://doi.org/10.31643/2020/6445.28>

## Ультрадыбыстық диспергирлеу әдісімен алынған ультрамикроретерогенді флотореагент эмульсиясының тұрақтылығын зерттеу

Есенгазиев А. М., Барменшинова М. Б., Билялова С. М., Муханова А. А., Мухамедилова А. М.

*Металлургия және кен байыту институты, Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан*

**Түйіндеме.** Жанажол кен орны мұнайы мен бутил ксантогенатынан (БКс) келесідей қатынастарда: мұнай : БКс = 1:1; мұнай : БКс = 2:1; мұнай : БКс = 4:1 алынған ультрамикроретерогенді флотореагент микроэмульсиясының тұрақтылығын зерттеудегі нәтижелер келтірілген. Ең жоғарғы тұрақтылыққа, мұнай: БКс = 4:1 қатынасындағы микроэмульсия ие екені анықталды және 120 сағаттық ұсталым кезінде тұрақтылық 99,3% құрады. Ультрадыбыстық диспергирлеу (УД) барысында түзілген глобулаларға, бутил ксантогенаты мен мұнай құрамындағы табиғи эмульгаторлар симбиозінің эмульгациялық әсері анықталған. 250 Вт қуаттылықта 10 мин мерзімде ультрадыбыстық өңдеу барысында, глобулалардың орташа өлшемі 123,4 нм құрайтын микроэмульсиялар алынған. Ультрадыбыстық өңдеу ұзақтығының 10 минуттан астам уақытқа ұлғаюуы алынған

ультрамикрогетерогенді реагент микроэмульсияларының тұрақтылығына айтарлықтай әсер етпейтіні көрсетілген.

**Түйін сөздер:** микроэмульсия, тұрақтылық, ультрадыбыстық диспергирлеу, мұнай, бутил ксантогенаты.

### Литература

- [1] Митрофанов С.М., Кузькин А.С. Теоретические и практические аспекты комбинирования собирателей и вспенивателей при флотации сульфидов. *Цветные металлы*. – 1993. – № 12. – С. 52 - 56.
- [2] Жереб В.П., Самойлов В.Г., Тимошенко Л.И., Маркосян С.М. Реагенты - интенсификаторы во флотационном обогащении сульфидных медно- никелевых руд. Сбор. науч. трудов. *Обогащение руд*. Иркутск. – 1994 – С.106 - 111.
- [3] Глембоцкий В.А. Проблемы применения аполярных собирателей при флотации. *Цветные металлы*. – 1983. – № 8. – С. 96 - 98.
- [4] Patrakov, Y. F., Semenova, S. A., Klein, M. S., & Vahonina, T. E. (2017). Coal flotation by ozonized spent motor oil. *Coke and Chemistry*, 60(4), 154–157. <https://doi.org/10.3103/s1068364x17040068>
- [5] Глембоцкий В. А. Интенсификация флотации свинцово-цинковых руд с применением отдельного кондиционирования пульпы с реагентами и использованием аполярных собирателей. Сб. реф. НИР и ОКР - *Металлургия*. – 1976. – №2. – С.15.
- [6] Киценко В.Ф. Исследование по повышению извлечения цинка и улучшению качества цинкового концентрата по содержанию в нем кремнезема. Сб. реф. НИР и ОКР. *Металлургия*. 1976. – № 8. – С. 33.
- [7] Семушкина Л.В., Турысбеков Д.К., Тусупбаев Н.К., Котова О.Б. Технологические основы переработки хвостов флотационного обогащения с применением комбинированных флотореагентов. *Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН*. – 2016. – №6. – С. 28-32.
- [8] Глембоцкий В.А., Василевич М.Р., Кузнецова А.Н. Некоторые проблемы использования аполярных масел при флотации. Межвуз. сборник Иркут. политехн. ин - та. *Обогащение руд*. – 1983. – С. 9 -11.
- [9] Классен В.И. Проблемы теории действия аполярных реагентов при их флотации. Сб. Физико-химические основы действия аполярных собирателей при флотации руд и углей. М.: Наука. – 1965. – С. 3 -11.
- [10] Matveeva T.N., Gromova N.K. & Kopolulina E.V. Analysis of adsorption of phylogenous collecting agents at the gold-containing sulfides during flotation. *Journal of Mining Science*. – 2015. – №51. – P. 601–608. <https://doi.org/10.1134/s1062739115030254>
- [11] Орел М.А., Кагарлицкая И.В., Лапатухин И.В. О механизме взаимодействия реагентов - собирателей на основе сернистых нефтей с поверхностью сульфидных минералов. Сб. научных трудов. *Обогащение руд тяжелых цветных металлов*. Ташкент. – 1978. – №20. – С.71-75.
- [12] Никитин Ю.Е., Ляпина Н.К., Толстикова Г.А. О применении сероорганических соединений нефти. Сборник тр. *Всесоюз. конф. по развитию производительных сил Сибири*. Новосибирск. 1980. С. 215-225.
- [13] Муханова А.А., Тусупбаев Н.К., Семушкина Л.В. Новые подходы в формировании модифицированного собирателя. *Труды Конгресса с международным участием и конференции молодых ученых «Фундаментальные исследования и прикладные разработки процессов переработки и утилизации техногенных образований»*. Екатеринбург. – 2019. – С. 219-222.
- [14] Tussupbayev N. K., Syemushkina L. V., Turysbekov D. K., Bekturganov N. S., Mukhamedilova A. M. Modified reagents using for flotation tailings recycling // *Комплексное Использование Минерального Сырья. = Complex Use of Mineral Resources*. – 2017. – № 1. – p. 78-82. [www.kims-imio.kz](http://www.kims-imio.kz)
- [15] Свиридов Д.П., Семенов И. А., Ситников Д.Н., Романовский А. А., Ульянов Б.А., Засухин Е.П. К расчету ультразвукового диспергатора для измельчения частиц твердого материала в водной среде. *Известия Вузов. Прикладная химия и биотехнология*. – 2011. – №1. – С.126-129.
- [16] Мазгаров А.М., Корнетова О.М. Сернистые соединения углеводородного сырья. *Учебно-методическое пособие*. Казань. – 2015. – С.36
- [17] Бейсембетов И.К., Бекибаев Т.Т., Жапбасбаев У.К., Махмотов Е.С., Кенжалиев Б.К. (2016). Управление энергосберегающими режимами транспортировки нефтесмесей, Алматы. ISBN: 9786012690750. <https://doi.org/10.31643/2016-2019.001>

### Reference

- [1] Mitrofanov S.M., Kuzkin A.C. Teoreticheskiye i prakticheskiye aspekty kombinirovaniya sobirateley i vspenivateley pri flotatsii sulfidov [Theoretical and practical aspects of combining collectors and frothers for

- sulfide flotation]. *Tsvetnyye metally = Non-ferrous metals*. 1993. 12, 52 - 56. (in Russ).
- [2] Zhereb V.P., Samoylov V.G., Timoshneko L.I., Markosyan S.M. Reagenty - intensivatory vo flotatsionnom obogashchenii sulfidnykh medno- nikelovykh rud [Reagents - intensifiers in flotation concentration of sulfide copper-nickel ores]. *Obogashcheniye rud = Beneficiation of ores*. Irkutsk. 1994. 106 - 111. (in Russ).
- [3] Glembotskiy V.A. Problemy primeneniya apolyarnykh sobirateley pri flotatsii [Problems of using apolar collectors in flotation]. *Tsvetnyye metally = Non-ferrous metals*. 1983. 8, 96 - 98. (in Russ).
- [4] Patrakov, Y. F., Semenova, S. A., Klein, M. S., & Vahonina, T. E. (2017). Coal flotation by ozonized spent motor oil. *Coke and Chemistry*, 60(4), 154–157. <https://doi.org/10.3103/s1068364x17040068> (in Eng).
- [5] Glembotskiy V. A. Intensifikatsiya flotatsii svintsovo-tsinkovykh rud s primeneniym razdelnogo konditsionirovaniya pulpy s reagentami i ispolzovaniym apolyarnykh sobirateley [Intensification of flotation of lead-zinc ores using separate conditioning of pulp with reagents and using apolar collectors]. Sb. ref. NIR i OKR - *Metallurgiya*. 1976. 2, 15. (in Russ).
- [6] Kitsenko V.F. Issledovaniye po povysheniyu izvlecheniya tsinka i uluchsheniyu kachestva tsinkovogo kontsentrata po sodержaniyu v nem kremnezema [Research on increasing zinc recovery and improving the quality of zinc concentrate in terms of its silica content]. *Metallurgiya*. 1976. 8, 33. (in Russ).
- [7] Semushkina L.V., Turysbekov D.K., Tusupbayev N.K., Kotova O.B. Tekhnologicheskiye osnovy pererabotki khvostov flotatsionnogo obogashcheniya s primeneniym kombinirovannykh flotoreagentov [Technological bases for processing flotation tailings using combined flotation reagents]. *Vestnik IG Komi NTs UrO RAN*. 2016. 6, 28-32. (in Russ).
- [8] Glembotskiy V.A., Vasilevich M.R., Kuznetsova A.N. Nekotoryye problemy ispolzovaniya apolyarnykh masel pri flotatsii [Some problems of using apolar oils in flotation]. *Mezhvuz. sbornik Irkut. politekh. in - ta. Obogashcheniye rud*. 1983. 9 -11. (in Russ).
- [9] Klassen V.I. Problemy teorii deystviya apolyarnykh reagentov pri ikh flotatsii [Problems of the theory of the action of apolar reagents during their flotation]. Sb. nauch. trudov. *Fiziko-khimicheskiye osnovy deystviya apolyarnykh sobirateley pri flotatsii rud i ugley*. M.: Nauka 1965. 3 -11. (in Russ).
- [10] Matveeva T.N., Gromova N.K. & Koporulina E.V. Analysis of adsorption of phylogenous collecting agents at the gold-containing sulfides during flotation. *Journal of Mining Science*. 2015. 51, 601–608. <https://doi.org/10.1134/s1062739115030254> (in Eng).
- [11] Orel M.A., Kagarlitskaya I.V., Lapatukhin I.V. O mekhanizme vzaimodeystviya reagentov - sobirateley na osnove sernistykh neftey s poverkhnostyu sulfidnykh mineralov [On the mechanism of interaction of reagents - collectors based on sulfurous oils with the surface of sulfide minerals]. Sb. nauchnykh trudov. *Obogashcheniye rud tyazhelykh tsvetnykh metallov*. Tashkent. 1978. 20, 71-75. (in Russ).
- [12] Nikitin Yu.E., Lyapina N.K., Tolstikov G.A. O primeneniі seroorganicheskikh soyedineniy nefti [On the use of organosulfur oil compounds]. *Materials of International conference*. Novosibirsk. 1980. 215-225. (in Russ).
- [13] Mukhanova A.A., Tusupbayev N.K., Semushkina L.V. Novyye podkhody v formirovaniі modifitsirovannogo sobirateleya [New approaches to the formation of a modified collector]. *Trudy Kongressa c mezhdunarodnym uchastiyem i konferentsii molodykh uchenykh «Fundamentalnyye issledovaniya i prikladnyye razrabotki protsessov pererabotki i utilizatsii tekhnogennykh obrazovaniy»*. Ekaterinburg. 2019. 219-222. (in Russ).
- [14] Tusupbayev N. K., Syemushkina L. V., Turysbekov D. K., Bekturganov N. S., Mukhamedilova A. M. Modified reagents using for flotation tailings recycling // *Kompleksnoe Ispol'zovanie Mineral'nogo Syr'a. = Complex Use of Mineral Resources. – 2017. – № 1. – p. 78-82. www.kims-imio.kz* (In Eng.).
- [15] Sviridov D.P., Semenov I. A., Sitnikov D.N., Romanovskiy A. A., Ulianov B.A., Zasukhin E.P. K raschetu ultrazvukovogo dispergatora dlya izmelcheniya chastits tverdogo materiala v vodnoy srede [To the calculation of an ultrasonic disperser for grinding solid particles in an aqueous medium]. *Izvestiya Vuzov = News of the University. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya*. 2011. 1, 126-129. (in Russ).
- [16] Mazgarov A.M., Kornetova O.M. Sernistyye soyedineniya uglevodorodnogo Syria [Sulfur compounds of hydrocarbons]. *Manual book*. Kazan. 2015. 36. (in Russ).
- [17] Beysembetov I.K., Bekibaev T.T., Zhabasbaev U.K., Makhmotov E.S., Kenzhaliev B.K. (2016). Upravleniye energosberegayushchimi rezhimami transportirovki neftesmesey [Management of energy-saving modes of transportation of oil mixtures]. ISBN: 9786012690750, Almaty. <https://doi.org/10.31643/2016-2019.001> (In Rus.).