

**Федеральная служба по интеллектуальной собственности
Федеральное государственное бюджетное учреждение**



**«Федеральный институт промышленной собственности»
(ФИПС)**

Бережковская наб., д. 30, корп. 1, Москва, Г-59, ГСП - 3, 125993

Телефон (8-499) 240-60-15 Факс (8-495) 531-63-18

УВЕДОМЛЕНИЕ О ПРИЕМЕ И РЕГИСТРАЦИИ ЗАЯВКИ

05.11.2025	W25071782	2025130572
<i>Дата поступления (дата регистрации)</i>	<i>Входящий №</i>	<i>Регистрационный №</i>

ДАТА ПОСТУПЛЕНИЯ (дата регистрации) оригиналов документов заявки	(21) РЕГИСТРАЦИОННЫЙ №	ВХОДЯЩИЙ №
(85) ДАТА ПЕРЕВОДА международной заявки на национальную фазу		
☐ (86) <i>(регистрационный номер международной заявки и дата международной подачи, установленные получателем патентом)</i> ☐ (87) <i>(номер и дата международной публикации международной заявки)</i> ☐ (96) <i>(номер европейской заявки и дата ее подачи)</i> ☐ (97) <i>(номер и дата публикации европейской заявки)</i>	АДРЕС ДЛЯ ПЕРЕПИСКИ <i>(почтовый адрес, фамилия и имя или наименование общества)</i> 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9, Матвеев Андрей Анатольевич (199034, Sankt-Peterburg, Universitetskaya nab., d. 7/9, Matveyev Andrey Anatolyevich) Телефон: 88123283632 Факс: 88123283632 Адрес электронной почты: a_matveyev@inbox.ru АДРЕС ДЛЯ СЕКРЕТНОЙ ПЕРЕПИСКИ <i>(заполняется при подаче заявки на секретное изобретение)</i>	
ЗАЯВЛЕНИЕ о выдаче патента на изобретение	В Федеральную службу по интеллектуальной собственности Бережковская наб., д. 30, корп. 1, г. Москва, Г-59, ГСП-3, 125993, Российская Федерация	
(54) НАЗВАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ Устройство для исследования скорости межфазного массопереноса в системе жидкость-жидкость		
(71) ЗАЯВИТЕЛЬ (фамилия, имя, отчество (последнее — при наличии) физического лица или наименование юридического лица (согласно учредительному документу), место жительства или место нахождения, название страны и почтовый индекс) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский государственный университет" (Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi universitet") 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 7/9 (199034, Sankt-Peterburg, Universitetskaya nab., d. 7/9)		ИДЕНТИФИКАТОРЫ ЗАЯВИТЕЛЯ ОГРН 1 03 78 00 00608 9 КПП 78 01 01 001 ИНН 78 01 00227 4 СПИЛС ДОКУМЕНТ (вид, серия, номер)
☒ изобретение создано за счет средств федерального бюджета Заявитель является: ☐ государственным заказчиком ☐ муниципальным заказчиком исполнителей работ (указать наименование) ☒ исполнителем работ по: ☒ государственному контракту ☐ муниципальному контракту ☐ соглашению о предоставлении субсидии ☒ гранту ☐ государственному заданию ☐ инициативному заданию заказчик работ (указать наименование) Российский научный фонд		КОД СТРАНЫ (если он установлен) RU

Общее количество документов в листах	28	Лицо, зарегистрировавшее документы
Из них: - количество листов комплекта изображений изделия (для промышленного образца)		Автоматизированная система
Количество платежных документов	1	
Сведения о состоянии делопроизводства по заявкам размещаются в Открытых реестрах на сайте ФИПС по адресу: www.fips.ru/registers-web		

**Устройство для исследования скорости межфазного массопереноса в системе
жидкость—жидкость**

Заявка на изобретение №2025130572 от 05.11.2025

**Авторы: Смирнов И.В., Бречалов А.А., Александров Т.С., Бабитова Е.С.,
Бирагова Я.В.**

Область техники

Изобретение относится к устройствам для изучения кинетики межфазного массопереноса в системах жидкость—жидкость и может быть использовано в аналитической и радиохимии, технологиях разделения веществ, а также при разработке и оптимизации экстракционных процессов.

Уровень техники

Изучение кинетики экстракции представляет собой важную и актуальную задачу в области аналитической и радиохимии, а также в технологиях разделения и переработки веществ. Установление скорости межфазного переноса компонентов в системах жидкость—жидкость позволяет оценивать эффективность процессов экстракции, подбирать оптимальные условия для разделения экстрагируемых компонентов, масштабировать лабораторные данные на промышленные процессы, а также разрабатывать новые селективные экстракционные системы. Особенно актуальным является исследование кинетики экстракции в условиях, близких к реальным, с учетом перемешивания, гидродинамики и состояния межфазной границы. Для этих целей используются различные экспериментальные ячейки и устройства, позволяющие контролировать перемешивание фаз и фиксировать параметры переноса вещества.

Из уровня техники известны устройства, в которых раскрыты системы для изучения кинетических характеристик экстракционных процессов методом единичных капель [1 – 3]. Устройства, при этом, представляют собой цилиндрические стеклянные резервуары, наполненные одной из контактирующих фаз. Другая фаза подаётся с помощью различных устройств для дозирования по каплям, и, после прохождения через экстракционный резервуар, отбирается в отдельный сосуд. Благодаря движению капли сквозь толщу жидкости в данных устройствах реализуется обновление межфазной поверхности, что позволяет моделировать гидродинамические условия в реальных процессах экстракции. К общим недостаткам подобных устройств относятся их громоздкость, сложности с

обеспечением термостатирования, невозможность моделирования динамической межфазной поверхности и ограниченная площадь контакта фаз.

Известна также [4] ячейка Льюиса (диффузионная ячейка с постоянной границей раздела фаз), представляющая собой цилиндрический резервуар, разделённый на водную и органическую фазы с неподвижной межфазной границей. Каждая фаза перемешивается индивидуально при помощи отдельных мешалок с регулируемой скоростью, что позволяет воспроизводимо получать режимы от диффузионного до кинетического. Устройство обеспечивает высокую точность и воспроизводимость измерений кинетических параметров, включая скорость массопереноса и влияние добавок.

В патенте [5] описана модификация такого устройства — цилиндрическая ячейка малой площади межфазного контакта, снабжённая индивидуальными лопастными мешалками и рубашкой для термостатирования. Она обеспечивает стабильность межфазной границы, однако не допускает имитации её динамического обновления и ограничивает возможность моделирования промышленных условий.

Недостатками ячейки Льюиса и её модификаций являются неизменность межфазной границы и отсутствие её обновления, невозможность варьирования площади контакта фаз без механической доработки, а также усложнённая конструкция с несколькими независимыми приводами. Эти ограничения затрудняют моделирование условий, характерных для реальных экстракционных процессов, где имеет место разрушение и слияние капель.

В ряде других изобретений [6 – 8] представлены цилиндрические ячейки с водяной рубашкой, регулируемые перегородками и вариативной площадью контакта фаз. Несмотря на удобство в эксплуатации, данные устройства не обеспечивают имитации гидродинамики, характерной для реальных экстракционных процессов, и ограничены в применении к высокоскоростным системам массопереноса.

Наиболее близким по технической сущности к заявляемому решению является устройство, описанное в патенте [9], принятое в качестве прототипа. Прототип представляет собой экстракционный резервуар с постоянной межфазной границей и разделением фаз на легкую и тяжелую в вертикальной конфигурации. Устройство включает в себя: корпус резервуара с размещёнными в нём камерами для органической и водной фаз, разделительную перегородку, состоящую из верхней и нижней частей, которая разделяет резервуар на две камеры, верхнюю и нижнюю перемешивающие части, каждая из которых снабжена независимым приводом и размещена соответственно в легкой и тяжелой фазе, вращающийся вал, соединенный с верхней перегородкой и обеспечивающий её вращение и водяную рубашку, обеспечивающую термостатирование системы.

Общими с прототипом признаками в заявляемом устройстве являются: цилиндрический экстракционный резервуары, а также диск, размещённый на границе раздела фаз внутри резервуара.

Устройство, принятое в качестве прототипа, позволяет поддерживать устойчивую межфазную границу между фазами, независимо регулировать скорость перемешивания в каждой из фаз и проводить исследования при строго контролируемых гидродинамических условиях.

Недостатками устройства-прототипа являются:

1. Отсутствие возможности имитации обновления межфазной границы, что затрудняет моделирование условий, приближенных к промышленным экстракционным процессам, где имеет место интенсивное перемешивание, разрушение и слияние капель.
2. Механическая система перемешивания с вращающимися валами, которая может вызывать асимметрию потока и создавать трудности при масштабировании результатов.

Заявляемое изобретение лишено указанных недостатков за счёт использования в нём вращающегося механического диска, позволяющего механически обновлять поверхность раздела фаз и создавать равномерные потоки в контактирующих фазах, что позволяет решить техническую проблему, на решение которой направлено заявляемое изобретение и которая заключается в разработке устройства для исследования скорости межфазного переноса в системе жидкость–жидкость с механическим обновлением границы раздела фаз, которое обеспечивает более точную оценку кинетических параметров экстракции в условиях, приближенных к реальным.

Технический результат изобретения - улучшение точности измерений параметров при улучшении характеристик моделируемого потока-

Технический результат достигается при использовании устройства для исследования скорости межфазного переноса в системе жидкость–жидкость с механическим обновлением границы раздела фаз, которое включает цилиндрическую экстракционную ячейку, содержащую перемешивающий элемент, выполненный в виде диска, снабженного магнитом и содержащего от 2 до 4 отверстий, симметрично расположенных относительно центра диска, при этом корпус ячейки, соприкасающийся с растворами, выполнен из инертного материала, и имеет цилиндрическую форму. Диск выполнен из материала, инертного к используемым реагентам, например, полипропилена. плотность перемешивающего элемента находится в диапазоне от $1.1\rho_{л.ф.}$ до $0.9\rho_{т.ф.}$, где $\rho_{л.ф.}$ и $\rho_{т.ф.}$ –

плотности лёгких и тяжёлых фаз. Снаружи экстракционный резервуар дополнительно снабжен герметичной «рубашкой», выполненной в виде кожуха из полипропилена, для осуществления термостатирования измерительной ячейки, снабжённой, по меньшей мере, двумя штуцерами, позволяющими обеспечить перемещение текучей среды по «рубашке».

На Фиг. 1 изображена схема заявляемого устройства, где

- 1 – экстракционная ячейка,
- 2 – рубашка для термостатирования,
- 3 – лёгкая фаза,
- 4 – перемешивающий элемент,
- 5 – тяжёлая фаза,
- 6 – штуцер для ввода жидкости для термостатирования,
- 7 – штуцер для вывода жидкости для термостатирования.

На Фиг. 2 изображен вариант перемешивающего элемента, где

- 8 – отверстия,
- 9 – магнит,

На Фиг. 3 изображен вариант перемешивающего элемента, где

- 8 – отверстия,
- 9 – магнит,
- 10 – штыри.

Заявляемое устройство выполнено следующим образом. Сосуд экстракционной ячейки представляет собой стеклянный цилиндр или пластиковый. Вокруг него содержится изготовленная из полипропилена рубашка для термостатирования, содержащая штуцеры для ввода и вывода текучего теплоносителя. Полипропиленовый диск содержит магнитный элемент, а также от 2 до 4 отверстий, симметрично расположенных относительно центра диска. Для исследования вязких сред полипропиленовый диск может быть оснащен 4 штырями, расположенными симметрично относительно центра диска с двух сторон. Вращение диска осуществляется с использованием магнитного перемешивающего устройства.

Благодаря предложенным конструктивным отличиям обеспечивается возможность изучения кинетических параметров экстракционного процесса с использованием только одного перемешивающего элемента.

Работоспособность предлагаемого изобретения подтверждена примерами, которые являются частными случаями реализации изобретения, но не ограничивают его.

Пример 1.

Экстракционный резервуар имел внутренний диаметр стеклянного цилиндра, равный 3,064 см. Использовался перемешивающий диск, имеющий диаметр 2,804 см, содержащий магнитный элемент, а также 4 симметрично расположенные отверстия диаметром 0,590 см. Используемый перемешивающий диск выполнен из пропилена. Перемешивание осуществлялось с использованием магнитной мешалки ИКА RCT basic. Скорость диска составляла 150 об/мин.

Для термостатирования в полимерную рубашку устройства через штуцер ввода подавалась вода температурой 25 °С с использованием термостата LOIP LT-111a.

Изучалась скорость массопереноса азотной кислоты из водного раствора концентрацией 0,0005 моль/л в раствор три-н-октиламина в 1,2-дихлорэтаноле концентрацией 0,01 моль/л. Измерение концентрации кислоты в лёгкой водной фазе проводилось методом потенциометрии с использованием милливольтметра Эксперт-001-1(0.1)рН и комбинированного рН-электрода HANNA HI1330B.

90% азотной кислоты перешло в органическую фазу за 480 с.

При увеличении скорости перемешивания до 200 об/мин, время переноса 90% кислоты снизилось до 410 с.

Константа скорости переноса кислоты из водной фазы в органическую составляет $1,8 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$, константа переноса из органической фазы в водную – $4,6 \cdot 10^{-8} \text{ см}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$. Данные согласуются со значениями, полученными в стандартной ячейке Льюиса, в которой перемешивание каждой из фаз осуществлялось двумя независимыми приводами. Константы составили $1,7 \cdot 10^{-5} \text{ см}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ и $4,4 \cdot 10^{-8} \text{ см}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$ соответственно.

Пример 2.

Экстракционная ячейка имела внутренний диаметр пластикового цилиндра, равный 4,060 см. Использовался перемешивающий диск, имеющий диаметр 2,804 см, содержащий магнитный элемент, а также 4 симметрично расположенные отверстия диаметром 0,590 см и 4 симметрично расположенных стержня длиной 0,6 см с каждой стороны диска. Перемешивание осуществлялось с использованием магнитной мешалки ИКА RCT basic. Скорость диска составляла 100 об/мин.

Для термостатирования в рубашку устройства подавалась вода температурой 25 °С с использованием термостата LOIP LT-111a.

Изучалась скорость массопереноса иттрия из водного раствора концентрацией 0,0038 моль/л, содержащего LiClO_4 с концентрацией 3 моль/л в трибутилфосфат. Измерение концентрации иттрия в тяжелой водной фазе проводилось по фотометрической методике определения иттрия с помощью Арсеназо-III на спектрофотометре Shimadzu UV-2600. 90% иттрия перешло в органическую фазу за 1800 с.

Константа скорости переноса кислоты из водной фазы в органическую составляет $17,5 \cdot 10^{-3}$, константа переноса из органической фазы в водную $5,69 \cdot 10^{-3} \text{ см}^{-1} \cdot \text{с}^{-1}$. При этом, в классической ячейке Льюиса с перемешиванием, осуществляемым с использованием двух независимых приводов, не удалось перевести систему в кинетический режим массопереноса.

Как указывают результаты выполненных испытаний, заявляемое устройство позволяет механически обновлять поверхность разделов фаз и одновременно осуществлять интенсивное перемешивание контактирующих фаз.

Список используемых источников информации

1. Патент CN107312943, Китай, «The system and method that a kind of gradient elution extraction kinetics is grouped rare-earth separating ion», опублик. 03.11.2017
2. Патент CN116474418, Китай, «Extraction kinetics experimental device», опублик. 25.07.2023
3. Патент CN107478770, Китай, «A kind of extraction/strip kinetics research device based on rising single drop technique», опублик. 15.12.2017
4. Konopkina, E. A.; Gopin, A. V.; Matveev, P. I. Kinetics of Solvent Extraction of F-Elements: A Critical Review on Extraction Systems and Measurement Techniques. Journal of Molecular Liquids 2024, 414, 126025. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2024.126025>.
5. Патент CN101402002, Китай, «Constant interface extraction pool», опублик. 08.04.2009
6. Патент CN111701277, Китай, «Cylindrical constant interface extraction pool», опублик. 25.09.2020
7. Патент CN104841162, Китай, «Cylindrical constant interface extraction pool», опублик. 19.08.2015
8. Патент CN108404452, Китай, «A kind of constant-interface abstraction pool», опублик. 17.08.2018
9. Патент CN214050533, Китай, «A constant interface extraction cell», опублик. 27.08.2021

Формула изобретения

1. Устройство для исследования скорости межфазного массопереноса в системе жидкость–жидкость, содержащее экстракционный резервуар, перемешивающий элемент, отличающееся тем, что перемешивающий элемент выполнен в виде полимерного диска, снабженного магнитом, а также содержащего от 2 до 4 отверстий, симметрично расположенных относительно центра диска, плотность перемешивающего элемента находится в диапазоне от $1.1\rho_{л.ф.}$ до $0.9\rho_{т.ф.}$, где $\rho_{л.ф.}$ и $\rho_{т.ф.}$ – плотности лёгких и тяжёлых фаз, корпус экстракционного резервуара, соприкасающийся с растворами, выполнен из инертного материала и имеет цилиндрическую форму, диск выполнен из материала, инертного к используемым реагентам, например, полипропилена, снаружи экстракционный резервуар снабжен герметичной полипропиленовой рубашкой с, по меньшей мере, двумя штуцерами, также устройство выполнено с возможностью использования совместно со стандартными лабораторными магнитными перемешивающими устройствами.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что перемешивающее устройство дополнительно содержит 4 штыря, симметрично расположенных относительно центра диска.

РЕФЕРАТ

К патенту РФ №2025130572 на изобретение

«Устройство для исследования скорости межфазного массопереноса в системе жидкость–жидкость»

Устройство для исследования скорости межфазного массопереноса в системе жидкость–жидкость может быть использовано в технологиях разделения веществ, в том числе, при разработке и оптимизации экстракционных процессов. Устройство включает экстракционный резервуар, снабженный герметичной полипропиленовой рубашкой, перемешивающий элемент, выполненный в виде диска, который снабжен магнитом и содержит от 2 до 4 отверстий, симметрично расположенные относительно центра диска. Плотность перемешивающего элемента находится в диапазоне от $1.1\rho_{л.ф.}$ до $0.9\rho_{т.ф.}$, где $\rho_{л.ф.}$ и $\rho_{т.ф.}$ – плотности лёгких и тяжёлых фаз. Устройство выполнено с возможностью использования совместно со стандартными лабораторными магнитными перемешивающими устройствами. Устройство обеспечивает более точную оценку кинетических параметров экстракции в условиях, приближенных к реальным. 1 н.п. ф-лы; 3 илл.