

## Моделирование процесса регенерации нефтезагрязненной кварцевой загрузки водными растворами природного ПАВ в виброожиженном слое

Александра А. Иванова <sup>1</sup>	<a href="mailto:sashai0307@yandex.ru">sashai0307@yandex.ru</a>	 0000-0001-8749-9251
Михаил Г. Беренгартен <sup>1</sup>	<a href="mailto:berengarten@mail.ru">berengarten@mail.ru</a>	 0000-0002-0282-8202
Михаил А. Булатов <sup>1</sup>	<a href="mailto:profbulatov@mail.ru">profbulatov@mail.ru</a>	 0000-0003-4359-7575

<sup>1</sup> Московский политехнический университет, ул. Б. Семёновская, 38, г. Москва, 107023, Россия

**Аннотация.** Разработка новых и модернизация существующих технологических систем, направленных на увеличение эффективности очистки поверхностных ливневых и промышленных сточных вод, является актуальным направлением. Так как в системах очистки сточных вод отдельные объекты связаны друг с другом, то изменение параметров работы одного из них скажется и на других. Например, проведение правильной эффективной регенерации скорого фильтра, подобранной под определенный сорт фильтрующего материала и вид загрязнения, позволит разгрузить работу очистной станции в целом. Актуальным направлением является внедрение экологически чистых технических решений и технологий. Поэтому особое внимание уделено природному поверхностно-активному веществу (ПАВ), которое может быть использовано в качестве активного вещества регенерирующего раствора. Исследован процесс регенерации нефтезагрязненной пробы кварцевого песка раствором ПАВ в виброожиженном слое. Имитация водной промывки была достигнута с помощью экспериментальной установки с виброприводом. Проба кварцевого песка была отобрана из скорого фильтра Котляково-Коломенских групповых сооружений ГБУ «Промотходы» после вывода его на промывку. В качестве активного компонента регенерирующего раствора было выбрано вещество природного происхождения, полисахарид-гуммиарабик, обладающее высокой поверхностной активностью в отношении масло-жировых отложений. Концентрация гуммиарабика в регенерирующем растворе была выбрана на уровне 1%. Получены результаты влияния частоты и амплитуды виброколебаний на процесс регенерации. Для оценки эффективности процесса регенерации предложен безразмерный симплекс, представляющий собой отношение объемной взвешивающей силы к силе виброколебаний. Показана высокая степень регенерации пробы кварцевого песка в виброожиженном слое.

**Ключевые слова:** обратная промывка, регенерация, ПАВ, виброожиженный слой, псевдоожижение

## Modeling of regeneration process of oil contaminated quartz sand with water solution of natural surfactant in vibratory fluidized bed

Alexandra A. Ivanova <sup>1</sup>	<a href="mailto:sashai0307@yandex.ru">sashai0307@yandex.ru</a>	 0000-0001-8749-9251
Mikhail G. Berengarten <sup>1</sup>	<a href="mailto:berengarten@mail.ru">berengarten@mail.ru</a>	 0000-0002-0282-8202
Mikhail A. Bulatov <sup>1</sup>	<a href="mailto:profbulatov@mail.ru">profbulatov@mail.ru</a>	 0000-0003-4359-7575

<sup>1</sup> Moscow Polytechnic University, B. Semenovskaya str, 38, Moscow, 107023, Russia

**Abstract.** The development of new and modernization of existing technological systems aimed at increasing the efficiency of treatment of surface storm water and industrial wastewater is an important area. Since individual objects are connected to each other in wastewater treatment systems, a change in the operation parameters of one of them will affect the others. For example, carrying out the correct effective regeneration of the quick filter, selected for a certain grade of filter material and the type of pollution, will relieve the work of the treatment plant as a whole. The actual direction is the introduction of environmentally friendly technical solutions and technologies. Therefore, special attention is paid to a natural surface-active substance (surfactant), which can be used as an active substance in a regenerating solution. The process of regeneration of an oil-contaminated sample of silica sand with a surfactant solution in a vibrated fluid bed is studied. Simulation of water flushing was achieved using an experimental setup with a vibrodrive. A quartz sand sample was taken from the quick filter of the Kotlyakovo-Kolomna group facilities of the Promotkhody waste facility after it was flushed. As an active component of the regenerating solution, a substance of natural origin, gum arabic polysaccharide, which has high surface activity against oil-fat deposits, was chosen. The concentration of gum arabic in the regenerating solution was chosen at the level of 1%. The results of the influence of the frequency and amplitude of vibrations on the regeneration process are obtained. To assess the effectiveness of the regeneration process, a dimensionless simplex is proposed, which is the ratio of the volumetric weighing force to the force of vibrations. A high degree of regeneration of a quartz sand sample in a fluidized bed is shown.

**Keywords:** backwashing, regeneration, surfactant, vibratory fluidized bed, fluidization

Для цитирования

Иванова А.А., Беренгартен М.Г., Булатов М.А. Моделирование процесса регенерации нефтезагрязненной кварцевой загрузки водными растворами природного ПАВ в виброожиженном слое // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 3. С. 197–202. doi:10.20914/2310-1202-2019-3-197-202

For citation

Ivanova A.A., Berengarten M.G., Bulatov M.A. Modeling of regeneration process of oil contaminated quartz sand with water solution of natural surfactant in vibratory fluidized bed. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 3. pp. 197–202. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-3-197-202

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

## Введение

В настоящее время для фильтрования промышленного и ливневого стоков широко используются скорые фильтры, большей частью с кварцевой загрузкой. При этом основные способы обратной промывки этих фильтров давно известны и хорошо изучены. К ним относят водную и водовоздушную промывку.

Изменение качественного состава сточной воды, поступающей на стадию фильтрования, привело к выводу о недостаточной эффективности существующих способов промывки скорых фильтров. В связи с этим возникает необходимость в создании альтернативных способов регенерации промышленных фильтров.

Изучение регенерации скорых фильтров в процессах очистки нефтезагрязненных сточных вод позволяет не только эффективно управлять данным процессом, но и прогнозировать время работоспособности фильтра. Таким образом, выполненная работа направлена на решение актуальной задачи по интенсификации процесса регенерации скорого фильтра от нефтезагрязнений с последующей минимизацией габаритов сооружений и их стоимости.

Основными загрязняющими веществами сточных вод промышленной и ливневой канализации являются нефтепродукты и взвешенные вещества. В аналитическом значении при анализе вод под «нефтепродуктами» принято считать сумму неполярных и малополярных углеводородов, растворимых в гексане и несорбирующихся оксидом алюминия [1].

В пористой среде фильтрующего слоя частицы нефтепродуктов прилипают к поверхности кварца, задерживаются в мелких порах, что с течением времени приводит к коагуляции фильтрующей загрузки [2]. Данное условие снижает эффективность работы аппарата и затрудняет проведение его обратной промывки, т. к. наличие пленки нефтезагрязнений на поверхности фильтра оказывает значительное влияние на переход фильтрующей загрузки во взвешенное состояние.

Режим обратной промывки определяется двумя параметрами: интенсивностью подачи промывной воды и ее продолжительностью. Продолжительность промывки оказывает влияние на процессы, происходящие при взвешивании слоя – снятие (отрыв) загрязнений и их транспортирование [3]. Интенсивность подачи промывной воды зависит от крупности и плотности фильтрующего материала, а также от расхода и вязкости воды (ее температуры и состава) и

определяется условием перехода фильтрующего слоя во взвешенное состояние. Минимальное значение интенсивности для потока промывной воды должно быть достаточным для взвешивания всего фильтрующего слоя, разрушения и выноса загрязнений из слоя. Для скорых фильтров с загрузкой фракции 0,8–2,0 мм значение интенсивности находится в пределах 14–16 л/(с·м<sup>2</sup>) [4].

Рост интенсивности потока способствует быстрому и более полному удалению загрязнений из фильтра, но при чрезмерно большой интенсивности может происходить унос мелких фракций фильтрующей загрузки.

Интенсифицировать процесс промывки скорых фильтров обратным током воды от нефтезагрязнений можно, проводя предварительно верхнюю промывку фильтрующей загрузки растворами ПАВ [5].

В качестве активного компонента регенерирующего раствора было выбрано вещество, обладающее высокими поверхностными свойствами – гуммиарабик. Гуммиарабик – эффективный эмульгатор и стабилизатор эмульсий типа вода–масло, что объясняется защитным действием коллоидов. Гуммиарабик содержит низкобелковый, низкомолекулярный арабиногалактан (AG), богатый белками Гликопротеид (GI) и высокомолекулярный арабиногалактан-протеиновый комплекс (AGP). Именно наличие арабингалактан-протеинового комплекса позволяет использовать гуммиарабик в качестве эмульгатора [6].

Моющее действие гуммиарабика проявляется в удалении жидких и твердых загрязнений с поверхности и переводе их в моющую жидкость в виде растворов или дисперсий. Молекулы гуммиарабика создают на поверхности капель нефти прочные адсорбционные слои. Гидрофобная часть молекулы связывается с нефтепродуктами, а гидрофильная – ориентируется в сторону водного раствора. При этом происходит гидрофилизация капель нефтепродуктов, что препятствует их коалесценции (слиянию) [7].

Введенное в промываемую систему поверхностно-активное вещество снижает поверхностное натяжение на границе нефтепродукт-фильтрующая загрузка, вызывая при этом локальные уменьшения пленки нефтепродукта в точке ввода и ее утолщения по радиусу. Данное условие способствует увеличению касательных напряжений и отрыву капель нефтепродукта в процессе промывки фильтра обратным током воды [8].

В процессе регенерации при взвешивании фильтрующего слоя интенсивным потоком промывной воды происходит отрыв нефтезагрязнений от поверхности зерен загрузки за счет увеличения гидродинамических напряжений на поверхности кварца, а также столкновения зерен загрузки и их трения друг о друга.

Визуальное наблюдение и количественные измерения локальных параметров показывают, что во время промывки взвешенный слой частиц фильтрующего слоя непрерывно пульсирует: он неоднороден в пространстве и не стационарен во времени. К настоящему времени теоретически обосновано и экспериментально доказано существование различных типов волн давления и порозности, объясняющее механизмы распространения колебаний во взвешенном слое [9]. Однако механизм взаимодействия различных типов волн в слое пока изучен недостаточно. В связи с этим важно исследовать влияние амплитуды и частоты колебаний на процесс промывки нефтезагрязненного фильтрующего слоя во взвешенном слое.

Учитывая данное обстоятельство, смоделировать процесс регенерации скорого фильтра раствором ПАВ в лабораторных условиях стало возможным на экспериментальной установке с виброприводом [10] (Рисунок 1).

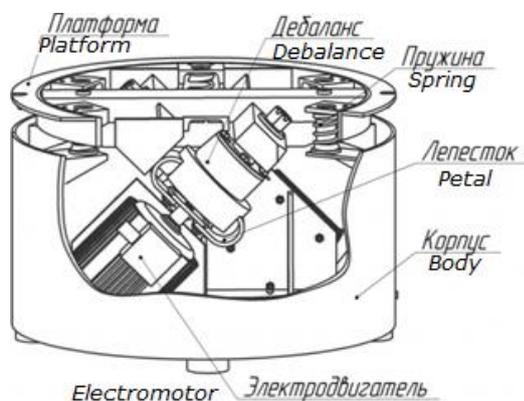


Рисунок 1. Устройство вибропривода

Figure 1. The vibration gear

При включении вибропривода в сеть электродвигатели вращают дебалансные вибраторы, которые придают платформе с установленными на ней элементами винтовые возвратно-поступательные колебания с частотой вращения вибраторов. Данный вид колебаний обеспечивает движение частиц по спирали от центра к стенкам сосуда, благодаря чему достигается имитация обратной промывки скорого фильтра в виброожиженном слое.

**Цель работы** – исследование процесса регенерации скорого фильтра раствором природного ПАВ от нефтепродуктов в виброожиженном слое. Под улучшением качества регенерации понимается повышение степени регенерации кварцевой загрузки от нефтезагрязнений и сокращение расхода промывной воды, т. е. времени промывки.

### Материалы и методы

Исследование проводилось на нефтезагрязненном кварцевом песке, отобранном из скорого фильтра Котляково-Коломенских очистных сооружений ГБУ «Промотходы» после вывода его на регенерацию обратным током воды.

Для определения степени регенерации нефтезагрязненной кварцевой загрузки в ней предварительно измеряли концентрацию нефтепродуктов по методике определения нефтепродуктов в почве «Методика М 03–03–2012 ПНД Ф 16.1:2.21–98 (Издание 2012 г.)».

В качестве активного компонента регенерирующего раствора был выбран гуммиарабик, концентрация в растворе – 1%.

Имитация водной промывки была достигнута на установке с виброприводом (рисунок 2).

Интенсивность регенерации оценивалась с помощью критерия Кэмпса, число  $G$  [11]:

$$G = \sqrt{\frac{W}{\mu V t}}$$

Всякое колебательное движение происходит с ускорением, на колебательные тела действует сила, сообщающая им ускорение [13].

$$F = m \cdot a,$$

где  $a$  – ускорение, м/с<sup>2</sup>, равное произведению квадрата частоты,  $\omega$ , мин<sup>-1</sup>, на амплитуду  $A$ , мм ( $a = \omega^2 \cdot A$ );  $m$  – масса тела, совершающего колебание, г.

Произведение силы на амплитуду есть работа, затрачиваемая на перемешивание  $W$ .

Тогда имеем

$$G = \sqrt{\frac{m \cdot \omega^2 \cdot A^2}{\mu \cdot V \cdot t}},$$

где  $m \cdot \omega^2 \cdot A^2 = W$  – работа, затрачиваемая на перемешивание, Н·м;  $A$  – амплитуда, мм;  $\omega$  – угловая частота, с<sup>-1</sup>;  $\mu$  – динамическая вязкость раствора – 3,0 мПа·с;  $m$  – масса пробы кварца – 0,1 кг;  $V$  – объем регенерирующего раствора – 500 мл;  $t$  – время регенерации – 5 мин.

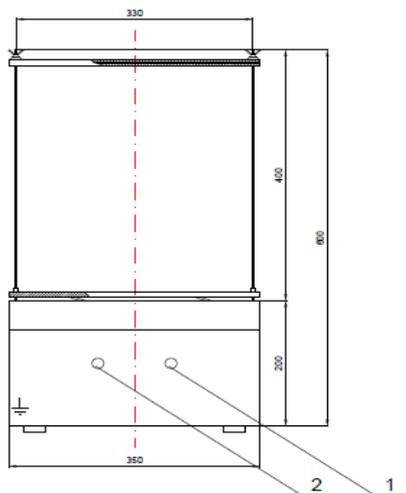


Рисунок 2. Установка с виброприводом: 1 – тумблер частоты; 2 – тумблер амплитуды

Figure 2. The device with vibration gear: 1 – frequency toggle switch; 2 – amplitude toggle switch

Амплитуда колебаний плиты  $A$  изменялась в диапазоне от 0,25–1,50 мм (контролируемые значение амплитуды – 0,25; 0,5; 1,0 и 1,5 мм), частота колебаний плиты  $f$  составила 1500 мин<sup>-1</sup>.

Мерный стакан объемом 500 мл с пробой нефтезагрязненного кварцевого песка 0,1 кг и регенерирующим раствором 0,5 мл помещался на платформу вибропривода (рисунок 2) и фиксировался на ней с помощью крепления. Температура раствора и загрузки была на уровне 16 °С. Время регенерации – 5 мин.

Для установки частоты и амплитуды вибропривода, времени воздействия на платформе вибропривода имеются тумблеры. По истечении времени отбиралась навеска отмытого кварцевого песка для измерения концентрации нефтепродуктов после регенерации по описанной выше методике. На каждую отобранную пробу производилось трехкратное измерение концентрации нефтепродуктов в отмытом кварцевом песке. Усредненные значения результатов эксперимента представлены на рисунке 3.

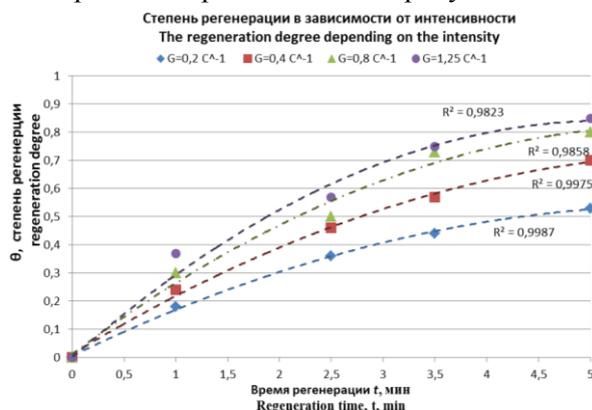


Рисунок 3. Степень регенерации в зависимости от интенсивности перемешивания

Figure 3. The degree of regeneration process depending on the mixing intensity

Качественным показателем регенерации кварцевого песка является степень регенерации. Степень регенерации выражается отношением разности начальной и конечной концентрации нефтепродуктов в кварцевой загрузке к начальной концентрации умноженным на 100:

$$\theta = \frac{C_{\text{нач}} - C_{\text{кон}}}{C_{\text{нач}}} \cdot 100.$$

Для дальнейшего моделирования процесса регенерации кварцевой загрузки был введен безразмерный симплекс  $N$ , равный отношению взвешивающей гидродинамической силы к приложенной силе виброколебаний  $F$  и оценивающий относительное взаимное влияние двух этих сил:

$$N = \frac{\Delta p_{\text{сл}}}{lF},$$

где  $\Delta p_{\text{сл}}/l$  – объемная взвешивающая сила, равная весу твердой фазы в единице объема [12];

$$N = \frac{g(\rho - \rho_0)(1 - \varepsilon)}{m \cdot A \cdot (2\pi f)^2},$$

где  $F = m \cdot A \cdot \omega^2 = m \cdot A \cdot (2\pi f)^2$ ;  $m$  – масса загрузки, кг;  $A$  – амплитуда, м;  $\omega$  – угловая частота, с<sup>-1</sup>;  $f$  – частота, с<sup>-1</sup>.

Число  $N$  характеризует эффективность регенерации кварцевой загрузки в виброоживленном слое.

С помощью отношения были выполнены числовые расчеты. В расчете приняты следующие значения параметров, характерные для регенерирующего раствора:  $\rho_0 = 1000$  кг/м<sup>3</sup>; и регенерируемой зернистой среды:  $\rho = 1400$  кг/м<sup>3</sup>,  $\varepsilon = 0,25$ ,  $f = 1500$  мин<sup>-1</sup>.

### Результаты и обсуждение

Результаты эксперимента показали, что увеличение амплитуды колебания вибропривода способствует активному перемешиванию пробы кварцевого песка и, как следствие, более полной регенерации за короткие промежутки времени. Из рисунка 3 видно, что наивысшая степень регенерации пробы нефтезагрязненного кварцевого песка была достигнута при интенсивности перемешивания  $G = 1,25$  с<sup>-1</sup>, где амплитуда колебаний составляла 1,5 мм.

С помощью введенного безразмерного симплекса возможно прогнозирование процесса регенерации при известных основных параметрах процесса. Числовые расчеты показали, что из полученных экспериментальных данных

наилучшее условие регенерации достигается при числе  $N = 400$ , где изменяемым параметром служила амплитуда колебаний.

### Заключение

Проведенный эксперимент позволил смоделировать процесс регенерации нефтесодержащего кварцевого песка скорого фильтра

в лабораторных условиях. Результаты эксперимента показали, что изменение таких параметров, как амплитуда и частота, позволяют управлять процессом регенерации.

Интенсифицировать процесс реагентной регенерации можно путем изменения таких параметров, как концентрация и температура регенерирующего раствора.

### Литература

- 1 ГОСТ 31953–2012. Вода. Определение нефтепродуктов методом газовой хроматографии. М.: Стандартинформ, 2013.
- 2 Беренгартен М.Г., Булатов М.А. Регенерация с помощью растворов природного ПАВ скорого кварцевого фильтра, применяемого для очистки от нефтепродуктов // Вода: химия и экология. 2017. № 10. С. 24–29.
- 3 Еремеев Б.Б. Регенерация механических фильтров в процессах очистки нефтезагрязненных сточных вод: дис. канд. тех. наук. М., 2003. 188 с.
- 4 СП 31.13330.2012. СНиП 2.04.02–84 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. М., 2012. 94 с.
- 5 Пат. № 2674911, RU, СПК52 В01D 24/46. Способ регенерации скорого фильтра с мелкозернистой кварцевой загрузкой растворами природного ПАВ / Алексеенко Е.Б., Иванова А.А. Патентообладатель: Иванова А.А. № 2017129594; Заявл. 21.08.2017; Опубл. 14.12.2018.
- 6 Гуммиарабик. ООО Агригам – Россия. URL: <http://www.agrigum.ru> //
- 7 Иванова А.А., Булатов М.А. Применение гуммиарабика в моющих композициях ПАВ // Известия МГТУ «МАМИ». 2012. № 2 (14). С. 106–109.
- 8 Santanna V.C., Castro Dantas T.N., Borges T.A., Bezerril A.R. The Influence of Surfactant Solution Injection in Oil Recovery by Spontaneous Imbibition // Petroleum Science and Technology. 2014. № 32. P. 2896–2902.
- 9 Аэров М.Э., Тодес О.М. Гидравлические и тепловые работы аппаратов со стационарным и кипящим слоем. Л.: Химия, 1986. 247 с.
- 10 Вибропривод ВП 30Т. Гранат. 2001–2019. URL: [http://granat-e.ru/vibroprivod\\_vp-30\\_t.html](http://granat-e.ru/vibroprivod_vp-30_t.html)
- 11 Яковлев С.В., Краснобородько И.Г., Рогов В.М. Технологии электрохимической очистки воды. Л.: Стройиздат, 1987. 312 с.
- 12 Тодес О.М., Цитович О.Б. Аппараты с кипящим зернистым слоем. Л.: Химия, 1981. 296 с.

### References

- 1 State Standard 31953–2012. Water. Determination of petroleum products by gas chromatography. Moscow, Standartinform, 2013. (in Russian).
- 2 Berengarten M.G., Bulatov M.A. Regeneration process of quartz filter with the natural surfactant solutions. Water: chemistry and ecology. 2017. no. 10. pp. 24–29. (in Russian).
- 3 Eremeev B.B. Regeneration of mechanical filters in the processes of purification of oil-contaminated wastewater. Moscow, 2003. 188 p. (in Russian).
- 4 SP 31.13330.2012. SNIP 2.04.02–84 water supply. External networks and facilities. Moscow, 2012. 94 p. (in Russian).
- 5 Alekseenko E.B., Ivanova A.A. A method of regeneration of the rapid sand filter with fine-grained quartz loading with surfactant solutions. Patent RF, no. 2674911, 2018.
- 6 Gum Arabic. Ltd Agrigum – Russia. Available at: <http://www.agrigum.ru> // (in Russian).
- 7 Ivanova A.A., Bulatov M.A. Application of gum Arabic in detergent compositions of surfactants. Izvestiya MG TU «MAMI». 2012. no. 2 (14). pp. 106–109. (in Russian).
- 8 Santanna V.C., Castro Dantas T.N., Borges T.A., Bezerril A.R. The Influence of Surfactant Solution Injection in Oil Recovery by Spontaneous Imbibition. Petroleum Science and Technology. 2014. no. 32. pp. 2896–2902.
- 9 Aerov M.E., Todes O.M. Hydraulic and thermal work of devices with stationary and boiling layer. Khimiya, 1986. 247 p. (in Russian).
- 10 Vibroprivod VP 30t. Garnet. 2001–2019. Available at: [http://granat-e.ru/vibroprivod\\_vp-30\\_t.html](http://granat-e.ru/vibroprivod_vp-30_t.html) (in Russian).
- 11 Yakovlev S.V., Krasnoborodko I.G., Rogov V.M. Technologies of electrochemical water purification. Moscow, Stroizdat, 1987. 312 p. (in Russian).
- 12 Todes O.M., Tsitovich O.B. Apparatuses with boiling granular layer. Khimiya, 1981. 296 p. (in Russian).

### Сведения об авторах

**Александра А. Иванова** аспирант, кафедра процессов и аппаратов химической технологии, Московский политехнический университет, ул. Б. Семёновская, 38, г. Москва, 107023, Россия, sashai0307@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8749-9251>

**Михаил Г. Беренгартен** к.х.н., профессор, кафедра аппаратного оформления и автоматизации технологических производств, Московский политехнический университет, ул. Б. Семёновская, 38, г. Москва, 107023, Россия, berengarten@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0282-8202>

### Information about authors

**Alexandra A. Ivanova** graduate student, process and apparatus of chemistry technology department, Moscow Polytechnic University, B. Semenovskaya str, 38, Moscow, 107023, Russia, sashai0307@yandex.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8749-9251>

**Mikhail G. Berengarten** Cand. Sci (Chem.) professor, hardware design and automation of technological productions department, Moscow Polytechnic University, B. Semenovskaya str, 38, Moscow, 107023, Russia, berengarten@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-0282-8202>

**Михаил А. Булатов** д.т.н., кафедра процессов и аппаратов химической технологии, Московский политехнический университет, Московский политехнический университет, ул. Б. Семёновская, 38, г. Москва, 107023, Россия, profbulatov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4359-7575>

**Вклад авторов**

**Александра А. Иванова** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчеты

**Михаил Г. Беренгартен** консультация в ходе исследования  
**Михаил А. Булатов** предложил методику проведения эксперимента и организовал испытания

**Конфликт интересов**

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Mikhail A. Bulatov** Dr. Sci. (Engin.), professor, process and apparatus of chemistry technology department, Moscow Polytechnic University, B. Semenovskaya str, 38, Moscow, 107023, Russia, profbulatov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-4359-7575>

**Contribution**

**Alexandra A. Ivanova** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

**Mikhail G. Berengarten** consultation during the study  
**Mikhail A. Bulatov** proposed a scheme of the experiment and organized trials

**Conflict of interest**

The authors declare no conflict of interest.

<b>Поступила</b> 21/06/2019	<b>После редакции</b> 05/07/2019	<b>Принята в печать</b> 17/08/2019
<b>Received</b> 21/06/2019	<b>Accepted in revised</b> 05/07/2019	<b>Accepted</b> 17/08/2019