

Vol. 90, – P. 123–128.

2. Wang, X. Preparation of Highly Thermally Conductive Polymer Composite at Low Filler Content via a Self-Assembly Process between Polystyrene Microspheres and Boron Nitride Nanosheets / X. Wang, P. Wu. – ACS Appl. Mater. Interfaces, 2017. – Vol. 9. – P. 19934–19944.
3. Булдык, Е. П. Свойства полимерных систем, наполненных высокодисперсными кластерами синтетического углерода / Е. П. Булдык [и др.]. – Материалы, технологии, инструменты, № 3, 1998, – С. 41–44.

УДК502.174.1

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ФЛОТАЦИОННОЕ РАЗДЕЛЕНИЕ СМЕСИ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ ПЛАСТМАСС**

*Ковалева А.А., асп., Кулевец П.С., инж.,  
Левданский А.Э., д.т.н., доц., Опимах Е.В., к.т.н.*

*Белорусский государственный технологический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье рассмотрен способ флотационного разделения смеси измельченных полибутилентерефталата и акрилонитрилбутадиенстирол. Получена зависимость влияния температуры на флотационное разделение смеси измельченных пластмасс. Проведенные исследования позволяют сократить количества пластиковых отходов, поступающих на полигоны захоронения отходов.

Ключевые слова: пластмассовый отход, флотационное разделение, переработка, температура.

В последние годы переработка пластмасс стала серьезной проблемой в связи с увеличением количества пластиковых отходов, образующихся в результате деятельности человека. По данным Министерства природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Беларусь ежегодной в нашей стране образуется 280 тыс. тонн пластмассовых отходов. В 2021 г. сбор основных видов вторичных материальных ресурсов (отходы бумаги и картона, отходы стекла, полимерные отходы, изношенные шины, отработанные масла, отходы электрического и электронного оборудования) составил 790,56 тыс. тонн, в том числе 106,61 тыс. тонн полимерных отходов [1], остальные пластмассовые отходы захораниваются на полигонах. Разделение пластмасс является важным этапом в процессе переработки, поскольку позволяет извлечь ценные материалы, которые могут быть использованы в производстве новых продуктов. Одним из наиболее перспективных методов разделения пластмасс является процесс флотационного разделения, который позволяет разделять различные типы пластмасс на основе их плотности [2].

Флотационное разделение пластмасс предполагает использование поверхностно-активных веществ и пенообразователей, которые избирательно адсорбируются на поверхности пластмасс и способствуют их разделению. На эффективность флотационного разделения влияет несколько факторов, включая температуру, pH, тип и концентрацию используемого поверхностно-активного вещества (ПАВ) [3–5].

Температура является одним из наиболее важных факторов, поскольку она влияет на свойства флотационного реагента и кинетику процесса флотации. Исследования показали, что эффективность процесса флотации увеличивается с повышением температуры [3, 4]. Однако повышенная температура также может привести к деградации флотационного агента, что снижает эффективность процесса.

Адсорбция поверхностно-активных веществ на поверхности пластмасс сильно зависит от температуры. При повышении температуры адсорбция ПАВ на поверхности пластика увеличивается, что может привести к повышению эффективности разделения. Однако, если температура слишком высока, поверхностно-активное вещество может стать менее эффективным из-за его деградации.

Кроме того, стабильность пены, которая имеет решающее значение для разделения пластмасс, также зависит от температуры. Стабильность пены снижается при более

высоких температурах, что может привести к снижению эффективности разделения смеси измельченных пластмасс.

Изучение влияния температуры на флотационное разделение пластмасс является важной областью исследований, которая может способствовать разработке более эффективных и устойчивых процессов переработки.

Цель работы заключалась в исследовании влияния температуры раствора поверхностно-активного вещества на эффективность разделения смеси измельченных полибутилентерефталата (ПБТ) и акрилонитрилбутадиенстирола (АБС-пластик).

Полибутилентерефталат (ПБТ) – это кристаллизующийся полимер, относящийся к сложным насыщенным полиэфирам. Получил широкое распространение как конструкционный пластик. Области его применения включают машиностроение, автомобильную промышленность, электротехнику и электронику, радиотехнику, точную механику, бытовую технику, товары широкого потребления.

Акрилонитрилбутадиенстирол (АБС-пластик) – ударопрочная техническая термопластичная пластмасса на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом. Используется для изготовления: крупных деталей автомобилей, корпусов крупной бытовой техники, радио- и телеаппаратуры, деталей электроосветительных и электронных приборов и т.д.

В качестве поверхностно-активного вещества использовали алкилполиглюкозид – это безопасный неионогенный ПАВ светло-желтого цвета. Стабильный при взаимодействии с кислотами, щелочами. Совместим со всеми группами ПАВ. Экологичный и безопасный для человека.

Для флотационного разделения смеси измельченных пластмасс использовался аппарат колонного типа, заполненный раствором ПАВ. На основании ранее проведенных исследований, концентрация алкилполиглюкозида в растворе составила  $3.88 \cdot 10^{-3}$  г/дм<sup>3</sup> [6]. Для равномерного распределения пузырьков воздуха в поперечном сечении флотационного аппарата, в его нижней части располагался аэратор в виде спирали. Смесь пластмасс загружалась через ячеиковый питатель, расположенный в верхней части колонны. Размер частиц загружаемых пластмасс варьировался в диапазоне 3–4 мм. Окончанием процесса флотационного разделения считался момент времени, когда твердые частицы пластмасс не наблюдались в объеме рабочего раствора. Затем концентрат совместно с пеной отбирали в верхней части колонны методом сгона, а остаток – из нижней части методом слива. Полученные фракции были промыты водой, высушена и взвешена. Для определения доли каждого типа пластмассы в концентрате и остатке, была выполнена ручная сортировка по форме и цвету.

Частицы ПБТФ проявляют гидрофобные свойства в рабочем растворе, образуя комплекс «пузырек-частица» с фиктивной плотностью меньше, чем плотность рабочего раствора, что способствует его всплытию на поверхность раствора под действием силы Архимеда. Частицы АБС-пластика, в свою очередь, проявляют гидрофильные свойства под действием поверхностно-активного вещества, полностью смачиваются рабочим раствором, и под действием силы тяжести оседают на дно колонны.

На основании полученных измерений рассчитывали степень извлечения флотируемого компонента по формуле [7]

$$\varepsilon = \frac{m_{\text{конц}}}{m_{\text{исх}}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где  $m_{\text{конц}}$  – масса флотируемого компонента в концентрате, кг;  $m_{\text{исх}}$  – масса флотируемого компонента, поданного на флотацию, кг.

Влияния температуры раствора алкилполиглюкозида на эффективность разделения смеси измельченных полибутилентерефталата (ПБТ) и акрилонитрилбутадиенстирола представлено на рисунке 1.

Согласно установленной зависимости, представленной на рисунке 1, видно, что увеличение температуры рабочего раствора степень извлечения полибутилентерефталата влияет незначительно. Однако гидрофобные свойства АБС-пластика возрастают с увеличением температуры рабочего раствора свыше 20 °С, что привело к резкому снижению чистоты концентрата и достигло значения близких к 50 %. Таким образом, наиболее эффективными условиями флотационного извлечения полибутилентерефталата из исследуемой смеси измельченных пластмасс является температура раствора до 20 °С.

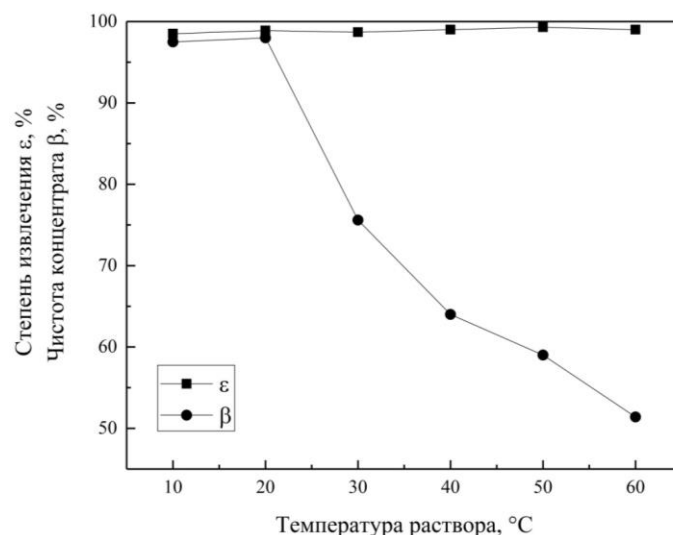


Рисунок 1 – Зависимость степени извлечения ПБТ и чистоты концентрата от температуры рабочего раствора, при концентрации ПАВ в растворе  $3,88 \cdot 10^{-3}$  г/дм<sup>3</sup> и расходе воздуха 2,2 м<sup>3</sup>/(ч·м<sup>2</sup>)

Разделение вторичных пластмасс методом флотации является трудной задачей из-за различных в их плотности, размере частиц и типах. Однако эти трудности могут быть преодолены при помощи инновационных процессов разделения и методов предварительной обработки смесей пластмасс. Разработка эффективных процессов разделения имеет важное значение для уменьшения количества пластиковых отходов.

#### Список использованных источников

1. Об объемах сбора и использования вторичных материальных ресурсов, размерах и направлениях расходования средств, полученных от производителей и поставщиков в 2021 году. – Режим доступа: <https://minpriroda.gov.by/uploads/files/VMR-2022.docx>. – Дата доступа: 15.03.2023.
2. Флотационное разделение смеси измельченных полимерных отходов / А. Э. Левданский [и др.]. – Шымкент: Типография «Элем», 2020. – 152 с.
3. Cao, S., Insights into the influence of temperature on the adsorption behavior of sodium oleate and its response to flotation of quartz / S. Cao, W. Yin, B. Yang, Z. Zhu, H. Sun, Q. Sheng, K. Chen // International Journal of Mining Science and Technology. – 2022. – Vol. 32 (2). – P. 399–409.
4. O'Connor, C.T. The effect of temperature on the pulp and froth phases in the flotation of pyrite // C.T. O'Connor, P.J.T. Mills // Minerals Engineering. – 1990. – Vol. 3 (6). – P. 615–624.
5. Wang, C. Flotation separation of waste plastics for recycling—A review / C. Wang, H. Wang, J. Fu, Y. Liu // Waste Management. – 2015. – Vol. 41. – P. 28–38.
6. Способ флотационного разделения смеси полибутилентерефталата и акрилонитрилбутадиенстирола : заявка ВУ а20220321 / А. А. Ковалева, П. С. Кулевец, А. Э. Левданский, Е. В. Опимах. – Опубл. 16.12.2022.
7. Абрамов, А. А. Флотационные методы обогащения / А. А. Абрамов. – М.: Недра, 1984. – 383 с.