

УТИЛИЗАЦИЯ ОРГАНИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ТБО ТРАНСФОРМАЦИЕЙ В КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИЕ УДОБРЕНИЯ

Герайбейли Самира Аслан кызы

преподаватель, Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности,
Азербайджан, г. Баку

UTILIZATION OF THE ORGANIC COMPONENT OF MSW BY TRANSFORMATION INTO ORGAN SILICON FERTILIZERS

Samira Garaybeyli

Teacher, Azerbaijan State University of Oil and Industry, Azerbaijan, Baku

Аннотация. Трансформация ТБО во вторичные продукты может сыграть существенную роль для выхода из серьезной экологической проблемы, связанной с их масштабным накоплением. Предложена переработка органической составляющей ТБО совместно с глинистым минералом в кремнийорганические удобрения. Изучено варьирование соотношения компонентов сырья на агрохимические свойства кремнийсодержащего органоминерального удобрения, а также влияние температуры на процесс формирования гранул.

Abstract. The transformation of municipal solid waste into secondary products can play a significant role in solving the serious environmental problem associated with its large-scale accumulation. It is proposed to process the organic component of municipal solid waste together with clay mineral into organic-mineral fertilizers. The varying ratios of raw material components on the agrochemical properties of silicon-containing organ mineral fertilizer, as well as the influence of temperature on the process of granule formation, have been studied.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, утилизация, кремнийсодержащие минералы, производство удобрений.

Keywords: municipal solid waste, disposal, silicon-containing minerals, fertilizer production.

Присутствие значительного количества ТБО без соответствующей утилизации усложняет транспортную инфраструктуру, происходит загрязнение воздуха, деградация качества почвы и ухудшение качества воды, нарушаются санитарные нормы, предусмотренные для здоровья человека и окружающей среды. Особо опасными считаются нерегулируемые открытые свалки ТБО, проникновение опасных компонентов с которых в различные экологические зоны, угрожает окружающей среде и здоровью человека [3, с.11].

Некоторые страны в вопросе управления ТБО для уменьшения объема отходов используют их переработку в возобновляемую энергию сжиганием, пиролизом, газификацией известными под общим названием методами термической обработки [7, с.4285]. Однако, при переработке

ТБО на мусоросжигательных заводах необходимо иметь систему фильтрации для избегания выбросов токсинов в атмосферу.

Оценка потенциала глобального потепления при компостировании органических отходов анаэробным сбраживанием показала выделение от 300 до 900 кг CO₂-экв, в зависимости от технологии компостирования, состава органических отходов [5, с.73].

Присущие известным способам утилизации ТБО некоторые негативные проявления, не исключающие проявления экологических проблем, требовали пересмотра концепции линейной экономики [6, с.31, с. 34].

Переход от модели линейной экономики «сделай, используй, утилизируй» к замкнутой экономике, явился новым взглядом в отношениях между обществом и природой, в котором использование отходов от производства первичной продукции воспринимаются как сырье для производства нового продукта [2, с. 108-109].

Одной из решающих сторон циркулярной экономики, обеспечивающей снижение экологического воздействия на окружающую среду, является создание промышленных парков. Маршрут замкнутого цикла промышленного парка переработки ТБО включает образование отходов, сортировку и повторное использование отходов [8, с.57,с.73-74].

В действующем на территории Азербайджана в пригороде г. Баку (Балаханы) промышленном парке после сортировки ТБО резиденты осуществляют переработку макулатурных и полимерных отходов, мебели и стройматериалов, утилизацию автомобильных шин в топливо методом пиролиза и т.д., реализуя «зеленый» проект Европейского банка реконструкции и развития [1]. Неподлежащие переработке после сортировки отходы ТБО, в частности пищевые отходы, направляют на сжигание.

Известность содержания в пищевых отходах азота, кальция и фосфора, являющихся важными питательными элементами для жизни растений, а также наличие на территории страны современного промышленного комплекса по сортировке ТБО, явились основой выбора цели исследования – изучения возможности использования органической составляющей ТБО в качестве сырья для производства органоминерального удобрения.

Выделенная сортировкой фракция, содержащая пищевые отходы животного и растительного происхождения, древесину, остатки бумаги, отделенная от механических примесей и подвергнутая измельчению имела следующий химический состав сухой массы, масс., %: органические вещества-56-73; питательные элементы: N_{общ.}-0,7-1,7; фосфор- 0,5-0,7; калий- 0,3-0,7; кальций-3,91-5,6; сера- 0,2-0,3. Углерод- 28-34. Влажность общей массы, %33- 48, рН 6,5-7,5.

Для обезвреживания ТБО были использованы геотермальные воды Азербайджана, выходящие на поверхность с температурой 25-75°C, содержащие 5-18 % H₂S [4, р.305].

Принимая во внимание наличие неисчерпаемых запасов кремнийсодержащих глинистых минералов на территории Азербайджана, в качестве модифицирующей добавки к органической составляющей ТБО использован монтмориллонит с химическим составом, масс., %: SiO₂69,90; Al₂O₃12,1; CaO 2,9; Fe₂O₃6,40; MgO 4,50; Na₂O 0,05; TiO₂ 0,39; прочие включения – остальное.

Эксперимент осуществляли следующим образом.

В лопастной смеситель помещали органическую составляющую (ОС) ТБО и монтмориллонит в массовом соотношении 9:1 и 6:1. Смесь перемешивали со скоростью 40 об/мин в течение 30 мин. Затем смесь выдерживали в печи в течение 60 мин при температуре 100°C. Характеристика полученной пульпы представлена в таблице 1.

Таблица 1.

Агрохимическая характеристика исходной ОС ТБО и полученной пульпы при использовании в качестве модификатора монтмориллонита

Показатель	Исходная ОС ТБО	ОС ТБО : монтмориллонит, масс.%	
		9:1	6:1
N _{общ.}	1,21	1,16	1,13
P ₂ O ₅ , %	0,53	0,50	0,47
K ₂ O, %	0,67	0,59	0,51
C	28,3	25,8	24,3
SiO ₂ , %	-	1,0	3,0
pH	6,7	5,1	5,6

Полученная масса имеет приемлемое содержание N_{общ.}, P₂O₅ и K₂O, кроме того содержит Si, на роль которого для жизнедеятельности растений мы уже обращали внимание.

Поскольку минеральная составляющая при получении удобрения представлена монтмориллонитом, в составе которого содержится 69,90% SiO₂, учитывая известность адсорбционных свойств SiO₂, представлялось интересным отдельно рассмотреть вопрос о влиянии его присутствия на механическую прочность полученного органоминерального удобрения. Исследование проводили на установке, включающей экструдер с размером матрицы 4,0 мм, барабанный гранулятор, скорость вращения которого до 30 об/мин, а также сушильный шкаф.

Для выявления важности продолжительности окатывания на характеристику гранул при содержании 1% SiO₂ в сырье, гранулирование проводили при комнатной температуре во временном интервале 60-180 с и последующей сушкой при 105°C. Полученные результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2.

Характеристика гранул при содержании 1% SiO₂ в сырье в зависимости от продолжительности гранулирования

Продолжительность гранулирования, сек	Выход гранул товарной фракции (3-5 мм), масс. %	Средняя прочность гранул, Н/гран	Средний размер гранул, мм
30	83,06	19,0	3,8
60	84,61	19,6	3,7
90	85,8	20,1	3,8
120	86,5	20,6	3,9
150	87,2	21,2	4,0
180	86,9	19,8	3,8

Из полученных экспериментальных данных можно сделать заключение о зависимости характеристики гранулированного товарного продукта от продолжительности окатывания. С увеличением продолжительности гранулирования выход гранул товарной фракции возрастает. Максимальный выход готового гранулированного продукта составляет 87,2%.

Наибольшая прочность гранул, составляющая 21,2 Н/гран, обеспечивается при продолжительности грануляции 150 сек. Последующее увеличение продолжительности грануляции сопровождается снижением выхода товарной фракции за счет образования гранул размером, превышающим товарную фракцию, образование которых возможно за счет слипания гранул, а также гранул с размерами, выходящими за рамку нижнего интервала за счет их разрушения при столкновении.

Влияние температуры на процесс формирования гранул при содержании 1% SiO_2 в сырье было исследовано в температурном интервале от 30 до 90°C при продолжительности гранулирования 150с. Результаты исследований представлены на рисунке 1.

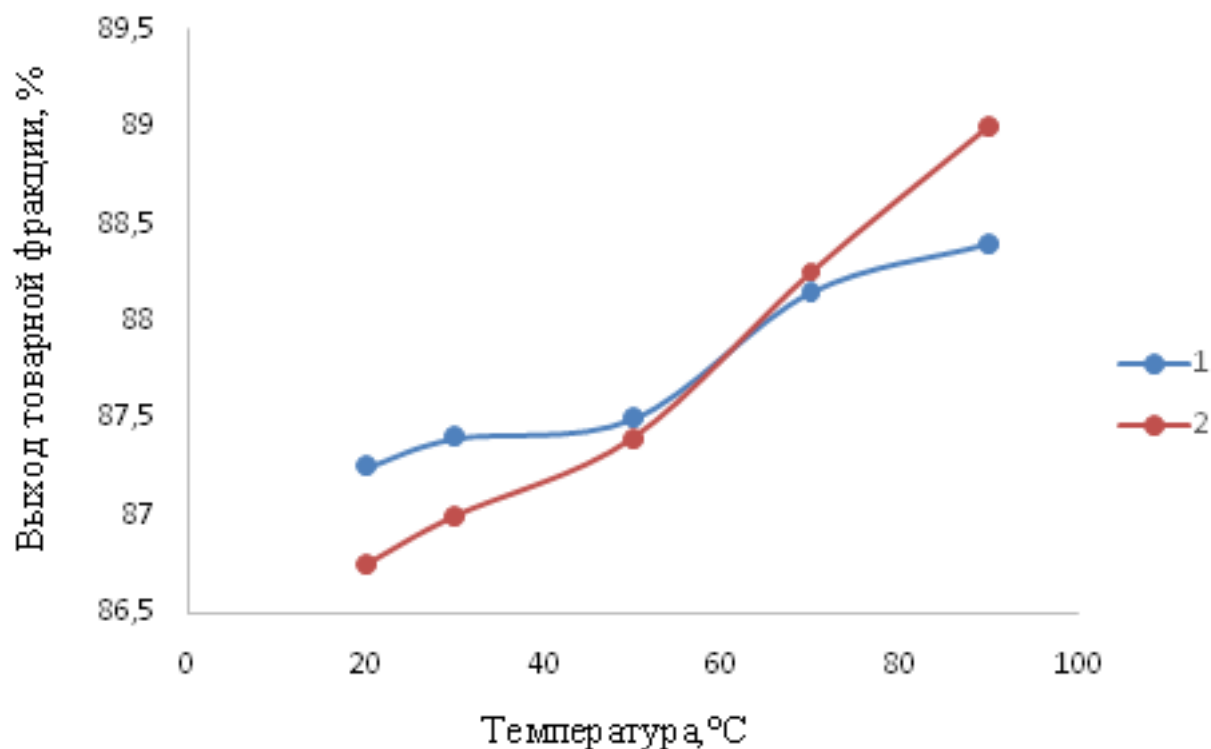


Рисунок 1. Влияние температуры гранулирования на характеристики гранул: 1 - изменение выхода товарной фракции; 2- изменение статической прочности гранул

По результатам экспериментов можно заметить изменения характеристик товарного продукта, связанные с изменением температуры гранулирования. Увеличение температуры на 70°C позволит увеличить выход гранул товарной фракции на 1,26%, но при этом потребует увеличить расход энергии. Таким образом, температура не является определяющим фактором при выборе условий для проведения грануляции. Целесообразней осуществлять рассматриваемый процесс при более низких температурах для данного вида сырья. Несмотря на то, что в сравниваемых условиях повышение температуры позволило увеличить механическую прочность гранул на 6,6%, не исключено было существование фактора, позволяющего улучшить этот показатель без повышения температуры грануляции.

Поскольку помимо условий проведения процесса на характеристику полученного удобрения влияет соотношение компонентов сырья, предстояло изучить влияние и этого фактора на величину механической прочности. Гранулирование осуществляли в течение 150 с при температуре 50-70°C, вводя в состав сырья монтмориллонит в количестве, обеспечивающем в сырье содержание SiO_2 , равном 3-5%. По окончании процесса грануляции определяли

механическую прочность гранул товарной фракции. Полученные результаты отражены на рисунке 2.

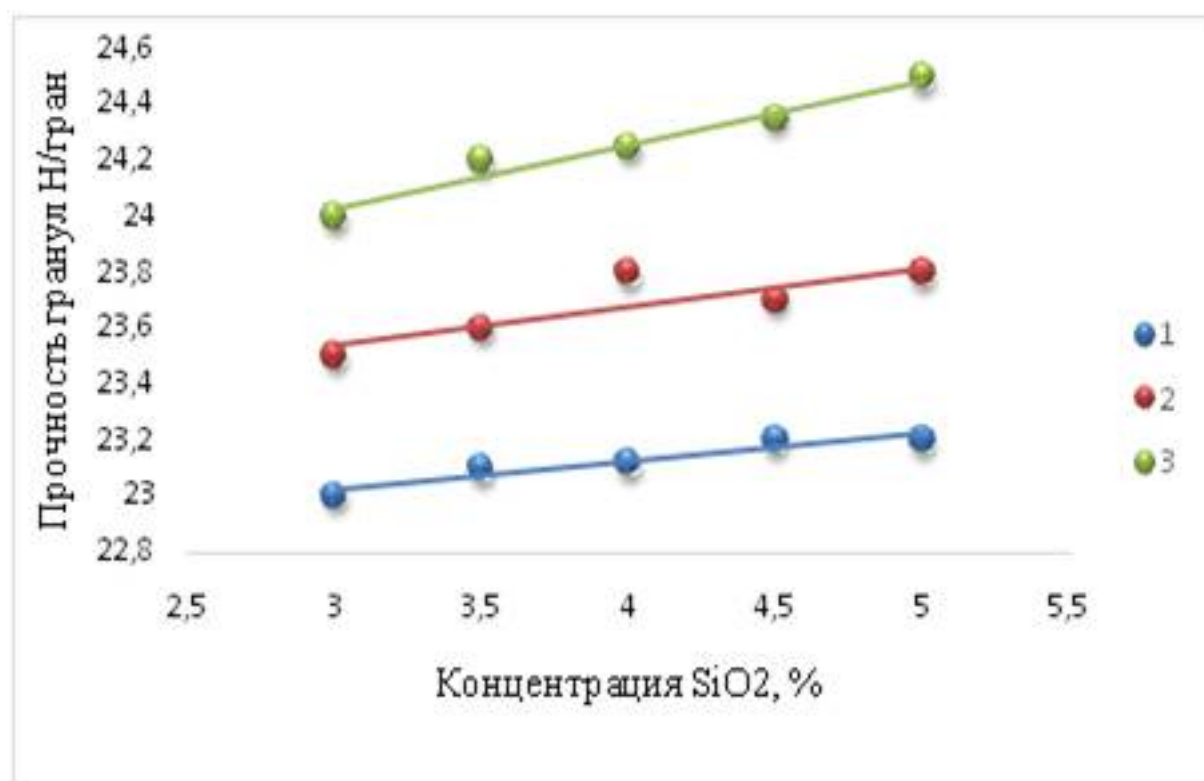


Рисунок 2. Зависимость прочности гранул Si-органического удобрения от концентрации SiO_2 при температуре: 1-50°C; 2-60°C; 3 - 70°C

Полученные результаты экспериментов, представленные на рисунке 2, указывают на существенную роль модификатора, представленного монтмоллиронитом в повышении механической прочности гранул. При этом не исключено влияние температурного фактора. Кривые зависимости механической прочности от содержания SiO_2 в сырье с учетом температуры имеют однотипный характер и различаются лишь положением относительно оси абсцисс. С увеличением температуры расстояние расположения кривой зависимости увеличивается относительно оси абсцисс, свидетельствующее о том, что при одном и том же содержании SiO_2 в сырье повышение температуры приводит к увеличению прочности гранул. При рассмотрении кривой зависимости, например, при 60°C при переходе от содержания SiO_2 от 3 к 5% наблюдается повышение прочности гранул от 23,5 до 23,9. Н/гран. При одном и том же содержании SiO_2 в сырье механическая прочность гранул с повышением температуры также повышается. Так, например, при содержании SiO_2 равном 4% при повышении температуры от 50 до 70°C прочность гранул увеличивается от 23,2 до 24,1 Н/гран. Максимальная прочность гранул в исследованных условиях соответствует температуре гранулирования 90°C при содержании SiO_2 в сырье 5%. Анализ результатов, отображенных на рисунке 2, подтверждает влияние на прочность гранул, как температуры, так и содержания модификатора в сырье.

Возвращаясь к рассмотрению влияния содержания SiO_2 на величину механической прочности гранул можно предположить, что при гранулировании формируется некий комплекс посредством проникновения органических соединений, образующихся в результате температурной трансформации органической составляющей ТБО, в промежутки между

слоями элементарных пакетов структуры монтмориллонита, которые рассматриваются как пластинчатые микропоры.

Изучение процесса гранулирования показало, что использование монтмориллонита в качестве модификатора, не только повышает механическую прочность гранул товарной фракции, но позволит также ввести в состав органоминерального удобрения SiO_2 , обладающего адсорбционными свойствами, обеспечивая им пролонгированный характер и снижение вымывания питательных веществ из почвы.

Вовлечение ТБО в переработку позволит превратить бытовые отходы в ценный ресурс для производства органоминеральных удобрений.

Важно отметить, что вовлечение в переработку органической составляющей ТБО, предварительно обезвреженной геотермальными водами, содержащими сероводород, позволило разработать экологически чистую технологию получения органоминеральных удобрений.

Разработанная технология позволит утилизировать часть не подлежащих переработке ТБО, направляемых на сжигание, использованием для производства органоминеральных удобрений, уменьшив тем самым образование зольного остатка, требующего утилизации для исключения деградации земли, а также уменьшить выбросы летучей золы, загрязняющей атмосферу.

Список литературы:

1. Бизнес на мусоре: ЕБРР реализует в Азербайджане новые «зеленые» проекты. // [Электронный ресурс]. URL: <https://caliber.az/post/79514/>
2. Полуэктов Т.Ю. Экономика замкнутого цикла как перспективная концепция в области переработки отходов // Московский экономический журнал. - Москва, 2022. - №8, - с. 106-132.
3. Awino F.B., Apitz S.E. Solid waste management in the context of the waste hierarchy and circular economy frameworks: An international critical review //Integrated Environmental Assessment and Management. - 2023. -Vol. 20. Issue 1. - p. 9-35.
4. Garaybeyli S. A. Solving environmental problems by recycling municipal solid waste. //Azərbaycan Ali Texniki məktəblərin xəbərləri jurnalı, Multidisciplinary journal refereed & reviewed journal. -2024. -Vol. 36. Issue 05. - p. 305-312.
5. Sardarmehni M., Levis J.W. et al. (2021) What Is the Best End Use for Compost Derived from the Organic Fraction of Municipal Solid Waste? //Environ. Sci. Technol. -2024. -Vol. 55. Issue 1. - p. 73-81.
6. Sariatli F. Linear Economy Versus Circular Economy: A Comparative and Analyzer Study for Optimization of Economy for Sustainability. //Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development . - 2017. -Vol.6. Issue 1. - p. 31-34.
7. Ram C., Kumar A. et al. (2021) Municipal solid waste management: A review of waste to energy (WtE) approaches //Bio Resource. -2021.-Vol. 16. Issue 2. -p. 4275-4320.
8. Yang M. et al. (2023) Circular economy strategies for combating climate change and other environmental issues // Environmental Chemistry Letters.- 2023. -Vol. 21. Issue 1. - p. 55-80.