

УДК 661.152.33

ПОЛУЧЕНИЕ ФОСФОРНО-МАГНИЕВЫХ УДОБРЕНИЙ ИЗ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ МЕТОДОМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАВКИ

Караулова А.Н., аспирант ХТПЭ-23а-1, 3 курс
Научный руководитель: Карапетян К.Г., д.т.н., зав. каф ХТПЭ
Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II,
г. Санкт-Петербург

В современных условиях, характеризующихся возрастающей потребностью сельского хозяйства в повышении плодородия почвы, особую актуальность приобретает оптимизация индустрии минеральных удобрений[1].

Для эффективного улучшения плодородия почвы недостаточно внесения только одного макроэлемента, требуется сочетание макро- и микроэлементов в составе удобрений, что приводит к необходимости разработка технологий производства минеральных удобрений с использованием вторичного сырья.

Менее жесткие требования к качеству сырья предъявляются к плавленным фосфорно-магниевым удобрениям (ПФМУ), содержащие в своем составе около 20 % усваиваемого P_2O_5 и до 12 % MgO [2-3]. Удобрения характеризуются пролонгированным действием, а также предотвращают слёживание и вымывание из почвы за счет их растворимости в 2 %-ной лимонной кислоте [4-5].

Перспективным магниезиальным компонентом для производства ПФМУ является сапонитовый шлам, образующиеся при добыче алмазов и переработке руд, содержащего по данным рентгенофлуоресцентного анализа MgO около 24% [6-7].

Целью данного исследования является анализ потенциала использования сапонитового шлама как магниезиального сырья, а также определение оптимальных технологических параметров получения фосфорно-магниевого удобрений.

Высокотемпературный синтез проводился в электрической муфельной печи в алундовом тигле в интервале температур 1200-1300°C с изотермической выдержкой в течении 30 минут с последующей закалкой расплава.

Химический состав исходных компонентов и полученных удобрений определяли с использованием рентгенофлуоресцентного анализа, фазовый состав — методом рентгеноструктурного анализа (РСА), эффективность — по растворимости в 2%-ной лимонной кислоте (ГОСТ 20851.2-75).

В процессе термической обработки при температурах выше 1200°C происходит образование растворимой в 2%-ном растворе лимонной кислоты формы трикальцийфосфата, что служит показателем легкодоступности удобрения для сельскохозяйственных культур [8].

В рамках исследования в качестве альтернативного источника магния был использован сапонитовый шлам, после процесса сгущения и сушки. Данный материал относится к минералам монтмориллонитовой группы, и рассматривается как доступное и недорогое сырьё, показавший по данным рентгенофлуоресцентного анализа наличие основных компонентов MgO -23,9 и SiO_2 -55,7 [9-10].

Оптимизация технологических параметров показала, что необходимая температура плавления составляет 1300°C с закалкой водой при температуре 5-10°C. РСА подтвердил преимущественно аморфное состояние продукта с незначительными включениями кристаллических фаз форстерита, что также было подтверждено с помощью сканирующей электронной микроскопии. Растворимость в 2%-ной лимонной кислоте соответствует содержанию усвояемого P_2O_5 в диапазоне 20-22%.

Быстрая закалка расплава водой обеспечивает аморфную стеклообразную структуру, что критически важно для обеспечения высокой биодоступности питательных элементов. Данные удобрения могут быть применимы в качестве источника элементов минерального питания для песчаных и супесчаных почв, на кислых дерново-подзолистых почвах, а также на легких почвах, дефицитных по магнию.

Таким образом, технология позволяет решить проблему утилизации сапонитового шлама и расширить сырьевую базу производства удобрений. Благодаря щелочной реакции удобрение выполняет функцию химического мелиоранта, снижая кислотность почвы.

Список литературы

1. Улыбина Л. В. Современное состояние и проблемы развития агропромышленного комплекса РФ в контексте экономической безопасности //Аграрная наука. – 2024. – №. 7. – С. 179-186.
2. Трушников В. Е. Получение плавленных магниевых фосфатов из отходов мелочи фосфоритов и хвостов обогащения в крупнолабораторной и опытной электротермических печах //Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2009. – Т. 11. – №. 3-2. – С. 350-356.
3. Tang S. et al. Long-term application of fused magnesium phosphate and calcium silicate change soil chemical properties, C decomposition and N mineralization in a single rice paddy field of Northeastern Japan //Soil Science and Plant Nutrition. – 2022. – Т. 68. – №. 1. – С. 149-157. DOI: 10.1080/00380768.2021.2010025.
4. Cekinski E., Da Silva G. A. Technological characterization of Anitapolis (Brazil) phosphate rock as feedstock for fused magnesium phosphate production //Nutrient

- cycling in agroecosystems. – 1998. – Т. 52. – №. 1. – С. 31-35. DOI: 10.1023/A:1009757929924.
5. Yang Z. et al. Combined Application of Calcium-Magnesium Phosphate Fertilizer with Soluble Phosphorus Improves Maize Growth in a Calcareous Soil //Journal of Soil Science and Plant Nutrition. – 2023. – Т. 23. – №. 1. – С. 778-789. DOI:10.1007/s42729-022-01081-7.
6. Алексеев А. И., Зубкова О. С., Полянский А. С. Усовершенствование технологии обогащения сапонитовой руды в процессе добычи алмазов //Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2020. – №. 1 (205). – С. 74-80. DOI: 10.17213/15603644/2020/1/7480.
7. Wang X., Wang H. Structural analysis of interstratified illite-smectite by the Rietveld method //Crystals. – 2021. – Т. 11. – №. 3. – С. 244. DOI: 10.3390/cryst11030244
8. Караулова, А.Н. Обзор методов определения растворимости плавленных фосфорно-магниевых удобрений [Текст]/ А.Н. Караулова, К.Г. Карапетян // Южно-Сибирский научный вестник. – 2025. – № 2. – с. 95-103. DOI:10.25699/SSSB.2025.60.2.007.
9. Griffiths K. et al. The impact of calcium-rich diamond mining effluent on downstream cladoceran communities in softwater lakes of the Northwest Territories, Canada //Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2018. – Т. 75. – №. 12. – С. 2221-2232. DOI:10.1139/cjfas.2017.0469.
10. Zhou C. H. et al. Modification, hybridization and applications of saponite: An overview //Applied Clay Science. – 2019. – Т. 168. – С. 136-154. DOI: 10.1016/j.clay.2018.11.002.