

Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25th December, 2022

ISSN: XXXX-XXXX

Website: econferenceseries.com

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КАЛЬЦИЙ И МАГНИЙФОСФАТНЫХ УДОБРЕНИЙ

Мамуров Б. А.

Доцент Наманганский инженерно-строительный института
160103, Республика Узбекистан, г. Наманган, ул. И. Каримов, 12

Турдиева Ш.О.

Студент Наманганский инженерно-строительный института
160103, Республика Узбекистан, г. Наманган, ул. И. Каримов, 12

Агрехимический комплекс – ключевая составляющая экономического развития Республики, от развитие которой зависит благосостояние населения. В связи с этим, обеспечение агропромышленного комплекса необходимыми средствами защиты растений, стимуляторами роста и развития растений, минеральными и органоминеральными удобрениями в широком ассортименте, с различными соотношениями основных макроэлементов – азота, фосфора, калия, кальция, магния, серы является важным направлением в повышении урожайности сельскохозяйственных культур. Повышение нормы внесения минеральных удобрений уже не способствует увеличению урожайности. Растениям кроме азота, фосфора и калия необходимы кальция, магния, серы и микроэлементы. Наличие в Республике мощной индустриальной базы по производству минеральных удобрений, в том числе и одиарных фосфорных, эффективных для внесения под зяблевую вспашку, непосредственно связано с внедрением в производство научных достижений переработки фосфатного сырья, с расширением их ассортимента и содержания макро и микроэлементов.

В Республике, в результате реализации конкретных широкомасштабных мер были достигнуты высокие результаты научных исследований в области получения новых видов фосфорсодержащих удобрений на основе местных сырьевых ресурсов и обеспечению сельского хозяйства качественными минеральными удобрениями. [1,2,3].

Термодинамический анализ позволяет предопределить возможность протекания той или иной реакции, количество выделяемого или поглощаемого тепла, следовательно, заранее установить какая из реакций протекает быстро, а какая с трудом или вовсе не идет, сколько тепловой энергии при этом



Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25th December, 2022

ISSN: XXXX-XXXX

Website: econferenceseries.com

выделяется. Для расчетов пользовались данными, приведенными в справочной литературе[4,5,6,7].

В основе процессов получения кальций и магнийфосфатных удобрений из мелоподобного сырья лежат реакции взаимодействия компонентов сырья с фосфорной кислотой, в результате которых могут образовываться различные соединения фосфатов кальция и магния. В литературе недостаточно освещены вопросы теории изучаемых процессов и очень мало сведений по термодинамике.

Термодинамический анализ позволяет предопределить возможность протекания той или иной реакции и, следовательно, солевой состав конечных продуктов, который из-за многокомпонентности исходных и конечных продуктов чрезвычайно сложен. Поэтому анализу подвергли реакции взаимодействия карбонатов кальция, магния, железа, гидроксидов железа и алюминия, а также продуктов их термообработки – оксидов кальция, магния, железа и алюминия с фосфорной кислотой, т.е. те, которые возможны в процессе получения фосфорных удобрений.

Для каждой реакции мы находили значения изобарно-изотермического потенциала и по нему судили о возможности той или иной реакции (отрицательное значение ΔG). Термодинамические расчеты возможности образования фосфатов кальция, магния в процессе получения двойного суперфосфата проводили по упрощенной формуле $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ без учета теплоемкостей. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Термодинамический анализ показал, что наиболее вероятными реакциями при взаимодействии карбонатов кальция и магния являются процессы с образованием дигидрофосфатов кальция и магния, причем карбонат магния легче взаимодействует с фосфорной кислотой. Изобарно-изотермический потенциал реакции карбоната магния меньше (-94 кДж/моль), чем у реакции карбоната кальция с фосфорной кислотой (-88 кДж/моль).

Аналогично протекают реакции взаимодействия карбонатов кальция и магния с ортофосфорной кислотой при образовании гидрофосфатов кальция и магния. ΔG образования гидрофосфата магния меньше, чем образования гидрофосфата кальция.

При взаимодействии карбонатов кальция и магния вероятность образования дигидрофосфатов выше, чем гидрофосфатов. Для образования гидрофосфатов кальция и магния норма фосфорной кислоты должна быть в 2 раза меньше,



Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25th December, 2022

ISSN: XXXX-XXXX

Website: econferenceseries.com

чем для образования дигидрофосфата при одной и той же температуре – 298 К.

Вероятность образования фосфатов железа и алюминия в 1,5-2 раза ниже, что указывает на то, что они образуются, но после взаимодействия кислоты с карбонатами кальция и магния. Вероятность образования фосфата железа при взаимодействии оксида железа выше, чем образования дигидро и гидрофосфатов кальция и магния.

Вероятность взаимодействия оксидов кальция, магния, железа и алюминия с фосфорной кислотой очень высокая. Значения изобарно-изотермического потенциала реакций оксидов с фосфорной кислотой меньше, чем при взаимодействии карбонатов. Это указывает на высокую скорость взаимодействия оксидов с фосфорной кислотой, отсутствие пенообразования из-за выделения диоксида углерода и преимущество использования термообработанных минералов - карбонатов кальция и магния. Для установления теплового эффекта реакций взаимодействия карбонатного сырья с фосфорной кислотой, с образованием дигидрофосфатов и гидрофосфатов, использовали известняк и доломит месторождения Шурсув.

Таблица 1

Термодинамические характеристики основных реакций, протекающих при фосфорнокислотном разложении карбонатного сырья

| № п/п | Реакции | ΔH°_{298} , кДж/моль | ΔS°_{298} , Дж/моль·град | ΔG°_{298} , кДж/моль |
|--|--|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| При разложении карбонатов кальция и магния | | | | |
| 1. | $\text{CaCO}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ | -38 | 176 | -88 |
| 2. | $\text{MgCO}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ | -48 | 76 | -94 |
| 3. | $\text{CaCO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ | -24 | 135 | -65 |
| 4. | $\text{MgCO}_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ | -32 | 81 | -73 |
| 5. | $3\text{FeCO}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{O} + 3\text{CO}_2$ | -14 | 116 | -41 |
| 6. | $\text{Fe}(\text{OH})_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{FePO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ | -52 | 105 | -83 |
| 7. | $\text{Al}(\text{OH})_3 + \text{H}_3\text{PO}_4 = \text{AlPO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ | -18 | 121 | -53 |
| При разложении карбонатов кальция и магния после термообработки | | | | |
| 1. | $\text{CaO} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ | -217 | 0 | -217 |
| 2. | $\text{MgO} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{Mg}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | -150 | -109 | -143 |
| 3. | $\text{CaO} + \text{H}_3\text{PO}_4 + \text{H}_2\text{O} = \text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ | -203 | -31 | -194 |
| 4. | $\text{MgO} + \text{H}_3\text{PO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{MgHPO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ | -134 | -88 | -122 |
| 5. | $3\text{FeO} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = \text{Fe}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{H}_2\text{O}$ | -62 | 71 | -96 |
| 6. | $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = 2\text{FePO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ | -70 | 105 | -101 |
| 7. | $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{H}_3\text{PO}_4 = 2\text{AlPO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$ | -93 | 121 | -127 |

Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25th December, 2022

ISSN: XXXX-XXXX

Website: econferenceseries.com

Установлено, что используя термодинамические методы расчета изобарно-изотермического потенциала возможности протекания реакций взаимодействия компонентов кальций и магнийсодержащего карбонатного сырья показано, что наиболее вероятными являются реакции с образованием дигидрофосфатов и гидрофосфатов кальция и магния. Причем карбонат магния легче взаимодействует с фосфорной кислотой. ΔG реакций карбоната магния с фосфорной кислотой при образовании дигидрофосфата и гидрофосфата магния составляют -94 кДж/моль и -73 кДж/моль, соответственно, тогда как эти показатели для карбоната кальция составляют -88 кДж/моль и -65 кДж/моль. Для термообработанных продуктов ΔG равны -143 кДж/моль и -122 кДж/моль для оксида магния и -217 кДж/моль и -194 кДж/моль для оксида кальция, соответственно, при образовании дигидрофосфатов и гидрофосфатов магния и кальция.

Список использованной литературы

1. Арисланов А. С. Разработка технологии получения кальцийсодержащих азотно-фосфорных удобрений с водорастворимой формой сульфатов из фосфоритов Каратау и Центральных Кызылкумов: Дисс.канд. техн. наук.– Наманган-2022.– 127с.
2. Мамуров Б. А. Разработка технологии получения кальций и магнийфосфатных удобрений с использованием местного карбонатного сырья. Дисс. канд. техн. наук. – Наманган, 2020. – 146с.
3. В А Mamurov, I T Shamshidinov, Z Turayev, G Q Qodirova. Study Of The Process Of Heat Treatment Of Limestone To The Process Of Obtaining Calcium-Magnesium-Containing Phosphorous Fertilizers // International Journal of Advanced Science and Technology Vol. 29, No. 8, (2020), pp.3342-3346.
4. Б.А Мамуров, И.Т Шамшидинов. Использование доломита при получении одинарных фосфорных удобрений//Символ науки. Общество с ограниченной ответственностью «Омега сайнс».
5. Мамуров, Б. А., Шамшидинов, И. Т., Усманов, И. И., & Кодирова, Г. К. (2019). Исследование процесса нейтрализации экстракционной фосфорной кислоты мелом. *Universum: химия и биология*, (2 (56)), 21-26.
6. Shamshidinov, I., Qodirova, G., Mamurov, B., Najmiddinov, R., & Nishonov, A. (2022). Экстракцион фосфат кислотани оҳактош хомашёси билан нейтраллаш



Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25th December, 2022

ISSN: XXXX-XXXX

Website: econferenceseries.com

асосида кальций ва магний фосфатли ўғитлар олиш. Science and innovation, 1(A4), 161-169.

7. Шамшидинов, И. Т., Мамуров, Б. А., Нажмиддинов, Р. Ю., & Нишонов, А. А. ЭКСТРАКЦИОН ФОСФАТ КИСЛОТАНИ ОҲАКТОШ ХОМАШЁСИ БИЛАН НЕЙТРАЛЛАШ АСОСИДА КАЛЬЦИЙ ВА МАГНИЙ ФОСФАТЛИ ЎҒИТЛАР ОЛИШ. Achemistry, 161.

8. Мамуров, Б. А., & Шамшидинов, И. Т. (2022). ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ КАЛЬЦИЙ И МАГНИЙФОСФАТНЫХ УДОБРЕНИЙ ПУТЕМ НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ ДОЛОМИТОМ. Universum: технические науки, (7-3 (100)), 13-16.

9. Kodirova, G., Shamshidinov, I., Sultonov, B., Najmiddinov, R., & Mamurov, B. (2021). Investigation of the Process of Purification of Wet-Process Phosphoric Acid and Production of Concentrated Phosphoric Fertilizers Based on it. Chemical Science International Journal, 30(1).

10. Шамшидинов, И. Т. (2017). Разработка усовершенствованной технологии производства экстракционной фосфорной кислоты и получения концентрированных фосфорсодержащих удобрений из фосфоритов Каратау и Центральных Кызылкумов. Дисс.... докт. техн. наук, Ташкент.

11. Шамшидинов, И. Т. (1994). Получение удобрений типа двойного суперфосфата из фосфоритов Каратау.

12. Мамуров, Б. А., & Шамшидинов, И. Т. (2020). ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОЛОМИТА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ОДИНАРНЫХ ФОСФОРНЫХ УДОБРЕНИЙ. Символ науки, (9), 22-24.

13. Qodirova, G. (2019). ШЎРСУВ ДОЛОМИТЛАРИ АСОСИДА КАЛЬЦИЙ ВА МАГНИЙ ФОСФАТЛИ ЎҒИТЛАР ОЛИШ. Scientific and technical journal of NamIET.

14. Шамшидинов, И. Т., Нажмиддинов, Р. Ю., Мамуров, Б. А., & Рустамов, И. Т. (2022). МАРКАЗИЙ ҚИЗИЛҚУМ ФОСФОРИТЛАРИДАН ФОСФОРЛИ ОДДИЙ ЎҒИТЛАР ОЛИШДА СУВ ТОЗАЛАШ ИНШООТИ КАРБОНАТЛИ ЧИҚИНДИСИДАН ФОЙДАЛАНИШ. Research Focus, 1(1), 126-132.

15. Шамшидинов, И., Мамуров, Б., & Кодирова, Г. (2017). Кальций ва магний фосфатли ўғитлар олишда маҳаллий доломит хомашёсидан фойдаланиш. in Library, 17(1), 105-108.



Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25th December, 2022

ISSN: XXXX-XXXX

Website: econferenceseries.com

16. Мамуров, Б., Шамшидинов, И., & Кодирова, Г. (2019). Производство кальциево-магниевого фосфатного удобрения на основе доломитов Сорсув. in Library, 19(4), 109-114.

17. Шамшидинов, И., Мамуров, Б., & Кодирова, Г. (2017). Кальций ва магний фосфатли ўғитлар олишда маҳаллий доломит хомашёсидан фойдаланиш. in Library, 17(1), 105-108.

18. Shamshidinov, I. T., Mamadaliev, A. T., & Mamajanov, Z. N. (2014). Optimization of the process of decomposition of aluminosilicate of clays with sulfuric acid. In The First International Conference on Eurasian scientific development (pp. 270-275).

19. Шамшидинов, И. Т., Мамаджанов, З. Н., & Мамадалиев, А. Т. (2014). Изучение коагулирующей способности сульфата алюминия полученного из ангреновского каолина. In НАУКА XXI ВЕКА: ТЕОРИЯ, ПРАКТИКА, ПЕРСПЕКТИВЫ (pp. 48-55).

20. No, P. (1998). 5698 UZ. Method of obtaining extraction phosphoric acid/Gafurov K., Shamshidinov IT, Arislanov A., Mamadaliev A.(UZ).

21. Собиров, М., Назирова, Р., Хамдамова, Ш., & Таджиев, С. (2022). Интенсификация процесса получения комплексных суспендированных удобрений с инсектицидной активностью. Publishing house «European Scientific Platform», 136-136.

22. Roziqova, D. A., Sobirov, M. M., & Nazirova, R. M. (2020). Hamdamova Sh. Sh. Production of nitrogen-phosphorus-potassium fertilizers based on washed hot concentrate, ammonium nitrate and potassium chloride//Academicia an international multidisciplinary research journal, 10(9), 215-220.

23. Roziqova, D. A., Sobirov, M. M., Nazirova, R. M., & Hamdamova Sh, S. H. (2020). Obtaining Nitrogen-Phosphoric-Potassium Fertilizers Based on Waste Thermal Concentrate, Ammonium Nitrate and Potassium Chloride. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology, 7(7), 14501-14504.

24. Розикова, Д. А., Собиров, М. М., Хамдамова, Ш. Ш., & Рахимов, Х. (2020). Разложение и промывки мытого обожжённого фосфоконцентрата центрального Кызылкума. Universum: химия и биология, (2 (68)), 72-75.

25. Собиров, М. М., Таджиев, С. М., & Султонов, Б. Э. (2016). Получение суспендированных НПК-удобрений с инсектицидной активностью. Химическая промышленность, 93(3), 119-125.



Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25th December, 2022

ISSN: XXXX-XXXX

Website: econferenceseries.com

26. Sobirov, M. M., Tadjiev, S. M., & Sulstonov, B. E. (2015). Preparation of phosphorus-potassium-nitrogen containing liquid suspension fertilizers with insecticidal activity. *Journal of Chemical Technology and Metallurgy*, 50(5), 631-637.

27. Собиров, М. М., Таджиев, С. М., & Султонов, Б. Э. (2017). Изучение процесса пенообразования при разложении серосодержащих высококарбонатных фосфоритов азотной кислотой. *Химия и химическая технология*, (2), 21-27.

28. Tuxtamirzayevich, M. A. (2020). Study of pubescent seeds moving in a stream of water and mineral fertilizers. *International Journal on Integrated Education*, 3(12), 489-493.

29. Tuxtamirzaevich, M. A. (2021). Presowing Treatment of Pubescent Cotton Seeds with a Protective and Nutritious Shell, Consisting of Mineral Fertilizers in an Aqueous Solution and a Composition of Microelements. *Design Engineering*, 7046-7052.

30. Rosaboev, A., & Mamadaliyev, A. (2019). Theoretical substantiation of parameters of the cup-shaped coating drums. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 6(11), 11779-11783.

31. Собиров, М. М., Таджиев, С. М., & Султонов, Б. Э. (2017). Получение суспендированных серосодержащих NPK-удобрений на основе необогащенной фосфоритовой муки. *Химическая промышленность*, 94(3), 129-135.

32. Mamadaliyev, A. (2019). THEORETICAL SUBSTANTIATION OF PARAMETERS OF THE CUP-SHAPED COATING DRUMS. *Scienceweb academic papers collection*.

33. Mahammadjanovich, S. M., Elbekovich, S. B., & Muhitdinovich, T. S. (2016). Suspended sulfur containing fertilizers based on low-grade Kyzyl-kum phosphorites. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, (7-8), 70-75.

34. Собиров, М. М., Махсудова, З. И., & Ахмедова, Д. Х. СМ Таджиев Получение сложных суспендированных удобрений/“Кимё саноатида инновацион технологиялар ва уларни ривожлантириш истикболлари” Республика илмий-амалий анжуманининг мақолалар тўплами 1-жилд. 2017 йил. Урганч-2017.–135-137



Proceedings of International Educators Conference

Hosted online from Rome, Italy.

Date: 25th December, 2022

ISSN: XXXX-XXXX

Website: econferenceseries.com

35. Mamadaliev, A. (2021). Theoretical study of the movement of macro and micro fertilizers in aqueous solution after the seed falls from the spreader. Scienceweb academic papers collection.

36. Mamadjanov, Z., Mamadaliev, A., Bakieva, X., & Sayfiddinov, O. (2022). СУЮҚ ЎҒИТАММИАКАТЛАР ОЛИШ ВА УЛАРНИ ИШЛАТИШ УСУЛЛАРИ. Science and innovation, 1(A7), 309-315

37. Mahammadjanovich, S. M., Muhitdinovich, T. S., & Elbekovich, S. B. (2016). Obtainment of suspended phosphorus-potassium containing nitrate. Austrian Journal of Technical and Natural Sciences, (9-10), 95-100.

38. Rakhmanov, S. V., Sobirov, M. M., Nazirova, R. M., & Hoshimov, A. A. (2020). Study of the kinetics of decomposition of sulfur-containing phosphoric nitric acid. Scientific-technical journal, 24(4), 65-68.

39. Mamadaliev, A. (2021). Theoretical study of the movement of macro and micro fertilizers in aqueous solution after the seed falls from the spreader. Scienceweb academic papers collection.

40. Мамадалиев, А. Т., & Бакиева, Х. А. СУЮҚ ЎҒИТ-АММИАКАТЛАР ОЛИШ ВА УЛАРНИ ИШЛАТИШ УСУЛЛАРИ Мамаджанов Зокиржон Нематжонович. PhD, доцент.

41. Собиров, М. М., & Таваккалова, Д. (2022). Изучение Процесса Пенообразования При Переработке Фоссырья Неполной Нормой Азотной Кислоты. Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science, 3(10), 129-132.

42. Мамуров, Б. А., & Шамшидинов, И. Т. (2021). Исследование процесса термообработки известняка для получения кальциймагнийсодержащих фосфорных удобрений. In Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании (pp. 101-104).

43. Шамшидинов, И. Т., Мирзакулов, Х. Ч., & Мамуров, Б. А. (2017). Переработка магнийсодержащих фосфоритов на экстракционную фосфорную кислоту. Universum: технические науки, (2 (35)), 84-89.

44. No, P. 5698 UZ. Method of obtaining extraction phosphoric acid/Gafurov K., Shamshidinov IT, Arislanov A., Mamadaliev A.(UZ)/1998.

45. Гафуров, К., Шамшидинов, И. Т., & Арисланов, А. С. (2020). Сернокислотная переработка высокомагнезиальных фосфатов и получение NPS-удобрений на их основе. Наманган: Издательство «Истеъдод зиё пресс.

46. G'afurov, Q., & Shamshidinov, I. (2010). Mineral o 'g 'it ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari. T.: Fan va texnologiya, 360.

