



ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТОВ И УСЛОВИЙ ЭКСТРАКЦИИ НА СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ЖИДКИХ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЯХ НА ОСНОВЕ ПТИЧЬЕГО ПОМЁТА И ФОСФОРИТНОГО ШЛАМА

Шодикулов Ж.М. ¹[0000-0003-0024-6804], Темиров У.Ш. ²[0000-0002-0598-9335]

¹Навоийский государственный горно-технологический университет, доцент

²Навоийский государственный горно-технологический университет, зав. кафедрой, д.т.н., профессор

Аннотация. В статье исследуется процесс получения жидкого органоминерального удобрения (ЛОМУ) на основе птичьего помёта (ПП) и фосфоритного шлама (ФС) в присутствии гидроксида калия (КОН). Методы: Эксперименты проводились при массовых соотношениях ПП:ФС от 95:5 до 65:35 и соотношениях твердой и жидкой фаз (Т:Ж) от 1:1 до 1:3. Результаты: Установлено, что снижение доли птичьего помёта в сырье и увеличение объема экстрагента приводят к уменьшению концентрации общего органического вещества, гуминовых и фульвокислот в жидкой фазе. Максимальное содержание органического вещества в жидком удобрении (12,78%) зафиксировано при соотношении ПП:ФС 95:5 и Т:Ж 1:1. Определены научно обоснованные оптимальные параметры, позволяющие получать высококачественное жидкое удобрение при обеспечении эффективной утилизации твердых остатков.

Ключевые слова: птичий помёт, фосфоритный шлам, жидкое органоминеральное удобрение, гуминовая кислота, фульвокислота, экстракция, твердый остаток, оптимальные параметры.

Annotatsiya. Ushbu maqolada kaliy gidroksid (KOH) ishtirokida parranda go'ngi (PG) va fosforit shلامي (FSh) asosida suyuq organo-mineral o'g'it (SOMO') olish jarayoni tadqiq etilgan. Tajribalar PG: FSh massaviy nisbatlari 95:5 dan 65:35 gacha hamda qattiq va suyuq faza (Q:S) nisbatlari 1:1 dan 1:3 gacha bo'lgan diapazonda o'tkazildi. Xomashyo tarkibida parranda go'ngi ulushining kamayishi va ekstragent hajmining ortishi suyuq fazadagi umumiy organik moddalar, gumin va fulvokislotalar konsentratsiyasining pasayishiga olib kelishi aniqlandi. Suyuq o'g'it tarkibidagi organik moddalarning maksimal miqdori (12,78%) PG:FSh 95:5 va Q:S 1:1 nisbatida qayd etildi. Qattiq qoldiqlardan samarali foydalanishni ta'minlagan holda, yuqori sifatli suyuq o'g'it olish imkonini beruvchi ilmiy asoslangan maqbul (optimal) parametrlar belgilandi.

Kalit so'zlar: parranda go'ngi, fosforit shلامي, suyuq organo-mineral o'g'it, gumin kislotalari, fulvokislota, ekstraksiya, qattiq qoldiq, maqbul parametrlar.

Abstract. This article investigates the process of obtaining liquid organo-mineral fertilizer (LOMF) based on poultry manure (PM) and phosphorite sludge (PS) in the presence of potassium hydroxide (KOH). Methods: Experiments were conducted with PM:PS mass ratios ranging from 95:5 to 65:35 and solid-liquid (S:L) ratios from 1:1 to 1:3. Results: The results indicated that a decrease in the proportion of poultry manure in the raw material and an increase in the extractant volume led to a reduction in the concentration of total organic matter, humic acids, and fulvic acids in the liquid phase. The maximum organic matter content in the liquid fertilizer (12.78%) was recorded under the conditions of PM:PS 95:5 and S:L 1:1. Scientifically substantiated optimal parameters were identified, allowing for the production of high-quality liquid fertilizer while enabling the efficient utilization of solid residues.

Keywords: Poultry manure, phosphorite sludge, liquid organo-mineral fertilizer, humic acid, fulvic acid, extraction, solid residue, optimal parameters.

Введение

В последние годы в мировом аграрном секторе наблюдается стремительный переход от химических удобрений к органоминеральным, направленный на восстановление плодородия почв и выращивание экологически чистой продукции.

© International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences Vol.4(6), 2025, IF=4.372, ICV=59.77



Многочисленные исследователи подчеркивают, что исключительное использование минеральных удобрений ведет к деградации почв и снижению микробиологической активности. В связи с этим разработка комплексных удобрений путем обогащения органических отходов минеральными компонентами рассматривается как эффективное решение не только для питания растений, но и для улучшения структуры почвы.

Существующие исследования глубоко анализируют текущее состояние производства гуминовых удобрений, выявляя проблемы и предлагая научно-технические решения. Учитывая быстрое развитие органического земледелия и растущий спрос на гуминовые удобрения, резкое сокращение объемов отходов животноводства и птицеводства затрудняет полное удовлетворение этой потребности. Поэтому создание промышленных технологических линий по производству гуминовых удобрений на основе природного органического сырья, такого как торф, бурый уголь и сапропель, идентифицируется как актуальная задача. Исследования продемонстрировали возможности модернизации технологических линий с использованием модульного оборудования. В частности, научно доказано, что применение гидромеханических очистителей повышает степень очистки торфяной суспензии до 97–98%, а измельчение бурого угля до 50–70 мкм с помощью вибрационной мельницы снижает количество осадка после фильтрации до 1–3% [1–3].

Совершенствование технологии получения гуминовых органоминеральных удобрений научно обосновано в контексте обеспечения продовольственной безопасности. Исследования указывают на снижение плодородия почв вследствие интенсивного сбора урожая и приводят конкретные данные о недостаточности традиционных органических удобрений. В этом контексте гуминовые органоминеральные удобрения оцениваются как инновационное решение, обеспечивающее высокий агрономический эффект при низких нормах внесения. Ключевая научная новизна последних работ заключается в разработке функциональной схемы технологического устройства, предназначенного для производства жидкого гуминового органоминерального удобрения марки «Гумат», и экспериментальном обосновании его основных параметров. Процесс производства разделен на два этапа: подготовка сырья и экстракция готового продукта с четко определенными входными и выходными параметрами. Особое внимание уделяется времени производственного цикла, которое экспериментально подтверждено на уровне 20 минут, что позволяет обеспечить производительность линии 150 л/час (900 л/смену) [4–5].

Кроме того, эффективность аграрного сектора напрямую связана с сохранением и повышением плодородия почв. Раздельное применение традиционных минеральных и органических удобрений имеет экологические и экономические ограничения. В связи с этим совместное использование органических и минеральных компонентов в составе гуминовых удобрений создает высокоусвояемые формы питательных веществ для растений. В технологическом процессе производства ЛОМУ критическими являются такие входные параметры, как количество воды, концентрата, макро- и микроэлементов, температура и время смешивания, в то время как объем, состав и качество готового удобрения служат выходными параметрами. Исследования производственной линии «Гумат++» (тип С2) продемонстрировали практическую эффективность. Результаты показывают, что использование гуминовых органоминеральных удобрений снижает потребление минеральных удобрений, уменьшает экологическую нагрузку и повышает урожайность культур на 10–30%. Это способствует росту доходов производителей,



улучшению качества продукции и укреплению национальной продовольственной независимости и экономической безопасности [6-8].

Анализ литературы свидетельствует о том, что эффективность гуминовых и органоминеральных удобрений в первую очередь определяется количеством и качеством содержащегося в них органического вещества, а также биодоступностью этих соединений. Поэтому подбор научно обоснованных соотношений сырья для производства жидких органоминеральных удобрений из локальных и недорогостоящих материалов, таких как птичий помёт и фосфоритный шлам, имеет большое значение. Взаимодействие между органическими и минеральными компонентами может привести к недостаточной экстракции органического вещества или его связыванию с минеральными компонентами. Одновременно с этим изучение прямого влияния условий экстракции на выход органических веществ, в частности гуминовых и фульвокислот, является научно и практически значимым. Это позволяет создавать высокоэффективные удобрения со стабильным составом, пригодные для сельского хозяйства.

Материалы и методы

В исследовании использовались фосфоритный шлам — отход обогащения фосфоритов Центральных Кызылкумов, и птичий помёт, полученный с местной птицефабрики. Фосфоритный шлам (ФШ): Химический состав (в масс. %) P_2O_5 — 11.21; CaO — 42.28; MgO — 0.61; Fe_2O_3 — 1.42; Al_2O_3 — 2.79; SO_3 — 1.46; CO_2 — 20.91; SiO_2 — 12.54. нерастворимый остаток: Птичий помёт (ПП): Состав (в масс. %): влага — 64.82; зола — 11.89; органическое вещество — 23.29; гуминовая кислота — 1.12; фульвокислота — 7.41; водорастворимое органическое вещество — 1.28; P_2O_5 — 1.29; N — 1.21; K_2O — 0.95; CaO — 1.61; Fe_2O_3 — 0.78; Al_2O_3 — 0.96; SO_3 — 0.37; SiO_2 — 1.98.

На первом этапе птичий помёт и фосфоритный шлам смешивали в различных весовых соотношениях (95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30 и 65:35) в лабораторной шаровой мельнице в течение 15 минут до гомогенизации. В дальнейшем для активации органической и минеральной частей и перевода гуминовых веществ в растворимое состояние использовали 2%-ный водный раствор гидроксида калия (КОН). Соотношение твердой и жидкой фаз (Т:Ж) варьировали как 1:1, 1:1,5, 1:2, 1:2,5 и 1:3. Процесс проводили на водяной бане при температуре 50–60°C при постоянном механическом перемешивании (400 об/мин) в течение 90 минут. В результате была получена пастообразная суспензия темно-коричневого цвета. Общее содержание органического вещества в полученной суспензии анализировали с использованием стандартных методов химического анализа.

Результаты и обсуждение

Анализ выявил строгую зависимость общего содержания органического вещества в жидком удобрении, отделенном от пульпы ПП-ФШ-КОН, от весовых соотношений сырья и показателя Т:Ж. Установлено, что по мере уменьшения доли ПП и увеличения доли жидкой фазы содержание органического вещества снижалось.

Например, при соотношении ПП:ФШ 95:5 и минимальном разбавлении (Т:Ж=1:1) максимальная концентрация органического вещества составила 12,78%. С увеличением содержания ФШ этот показатель последовательно снижался до 11,91% (при 90:10), 10,26% (при 80:20) и 8,00% (при 65:35). Это объясняется сокращением доли птичьего помёта (основного органического компонента) и увеличением содержания фосфоритного шлама, в котором отсутствуют органические соединения.



Кроме того, увеличение объема раствора КОН (расширение соотношения Т:Ж с 1:1 до 1:3) приводило к резкому разбавлению органического вещества в жидкой фазе. В образце с соотношением ПП:ФШ 85:15 значение упало с 11,07% при Т:Ж=1:1 до 4,11% при Т:Ж=1:3 (Таблица 1).

Таблица 1.

Зависимость общего содержания органического вещества в жидком удобрении от массовых соотношений ПП:ФШ и соотношений твердой и жидкой фаз.

Соотноше ние ПП:ФШ (масс. %)	Соотношение Т:Ж				
	1 : 1	1 : 1,5	1 : 2	1 : 2,5	1 : 3
	Содержание общего органического вещества, %				
95 : 5	12,78	9,24	7,16	5,85	5,10
90 : 10	11,91	8,49	6,51	5,29	4,58
85 : 15	11,07	7,79	5,92	4,78	4,11
80 : 20	10,26	7,12	5,37	4,30	3,69
75 : 25	9,48	6,50	4,85	3,86	3,30
70 : 30	8,72	5,90	4,37	3,46	2,94
65 : 35	8,00	5,35	3,93	3,09	2,62

Согласно проведенному анализу (Рис. 1), наиболее высокий показатель содержания гуминовых кислот составил 1,64% при минимальном уровне разбавления (Т:Ж=1:1) и соотношении ПП:ФШ 95:5. Изменение содержания фульвокислот также находится в прямой зависимости от обоих факторов. Результаты варьируют от максимального значения 9,31% (при ПП:ФШ 95:5, Т:Ж 1:1) до минимального — 1,90% (при ПП:ФШ 65:35, Т:Ж 1:3). Анализ процесса показал, что каждое увеличение доли фосфоритного шлама на 5% приводит к снижению содержания фульвокислот в жидкой фазе в среднем на 0,4–0,8%. К примеру, при Т:Ж 1:1 переход от соотношения 90:10 (8,68%) к 85:15 (8,07%) обеспечил снижение на 0,61%.

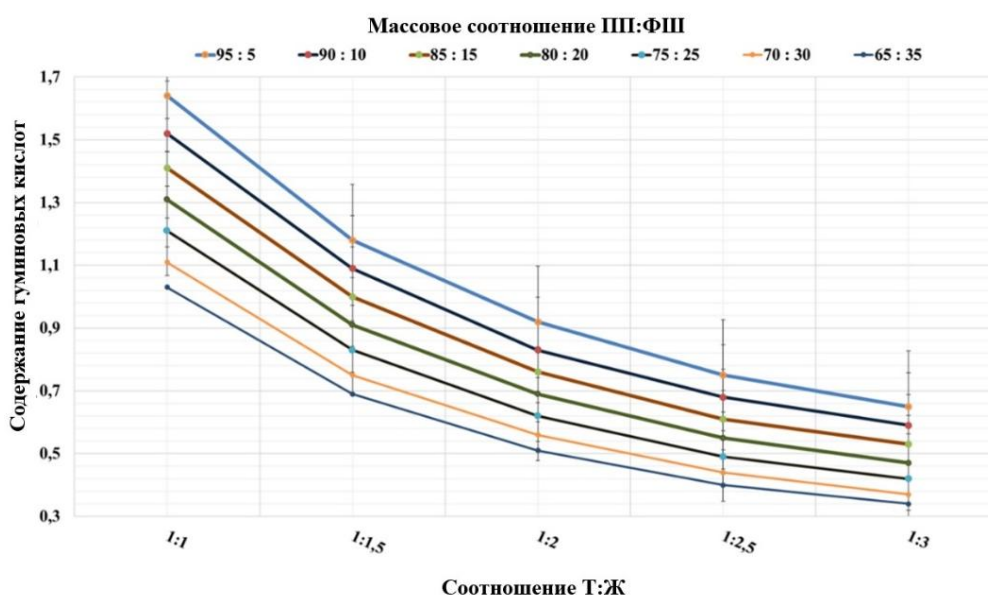


Рис.1. Зависимость содержания гуминовых кислот в жидком удобрении от массового соотношения ПП:ФШ и соотношения Т:Ж.



При изменении соотношения компонентов до 80:20 данный показатель снизился до 1,31%, а при 65:35 — до 1,03%. Одновременно с этим увеличение объема экстрагента (2%-ный раствор КОН) приводило к сокращению доли гуминовых веществ в жидкой фазе. Например, в образце с соотношением 90:10 изменение Т:Ж с 1:1 до 1:1,5 привело к снижению содержания гуминовых кислот с 1,52% до 1,09%, а при Т:Ж 1:3 — до 0,59%. Аналогичная тенденция наблюдалась и для образца 75:25, где содержание упало с 1,21% (при 1:1) до 0,42% (при 1:3). Минимальное содержание гуминовых кислот (0,34%) зафиксировано при соотношении ПП:ФС 65:35 и Т:Ж 1:3, что почти в 4,8 раза меньше по сравнению с исходным образцом 95:5 (1:1).

Влияние степени разбавления (Т:Ж) при щелочной экстракции оказалось еще более выраженным. Первоначальное изменение соотношения Т:Ж с 1:1 до 1:1,5 вызвало снижение содержания фульвокислот в среднем на 25–30%; в частности, в образце 80:20 данный показатель снизился с 7,48% до 5,19%. Дальнейшее разбавление (от 1:2 до 1:3) привело к продолжению пропорционального снижения концентрации. Подобное сокращение объясняется высокой растворимостью фульвокислот в воде и щелочах, однако их удельный вес в растворе быстро уменьшается по мере увеличения объема экстрагента. Кроме того, повышенное содержание фосфоритного шлама усиливает взаимодействие минеральных компонентов с фульвокислотами, что может способствовать их связыванию.

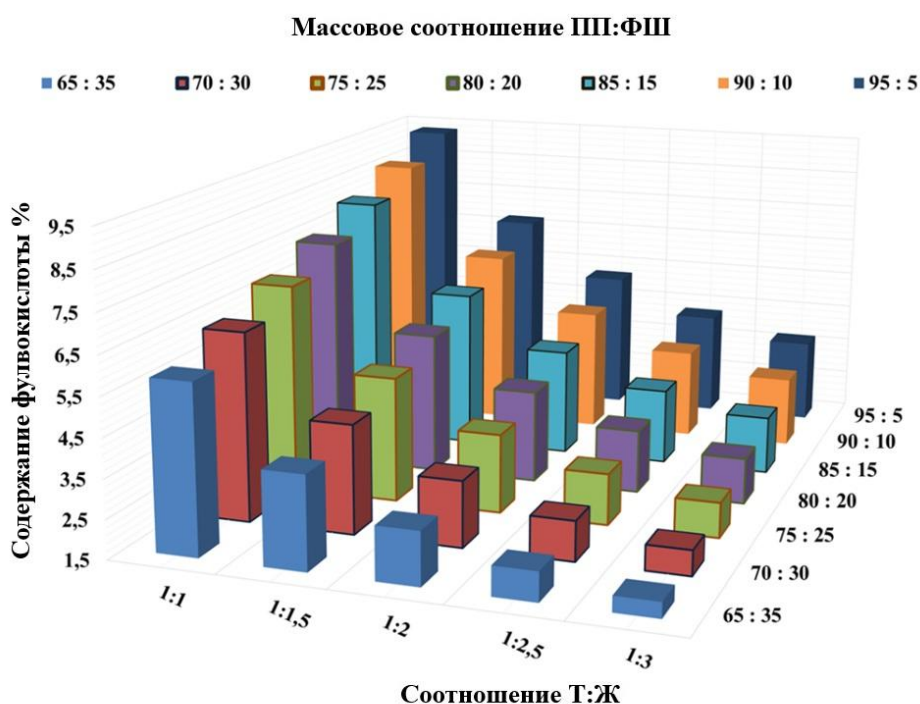


Рис.2. Зависимость содержания фульвокислот в жидком удобрении от массового соотношения ПП:ФС и соотношения Т:Ж.

Содержание водорастворимого органического вещества (ВРОВ) находится в прямой зависимости от массового соотношения сырьевых компонентов и условий экстракции. Анализ показывает, что показатель ВРОВ был максимальным (1,84%) в исходном образце (ПП:ФС 95:5, Т:Ж 1:1) и минимальным (0,37%) при соотношении 65:35 и Т:Ж 1:3. Каждое увеличение доли фосфоритного шлама на 5% приводило к снижению концентрации ВРОВ в среднем на 0,10–0,13%. Это указывает на то, что водорастворимая фракция в основном формируется за счет низкомолекулярных органических соединений птичьего помёта. Что касается объема экстрагента, переход от Т:Ж 1:1 к 1:1,5 сократил долю ВРОВ примерно на 27–33%. Для образца 85:15



данное значение снизилось с 1,59% до 1,12%. На последующих этапах разбавления темпы снижения несколько стабилизировались.

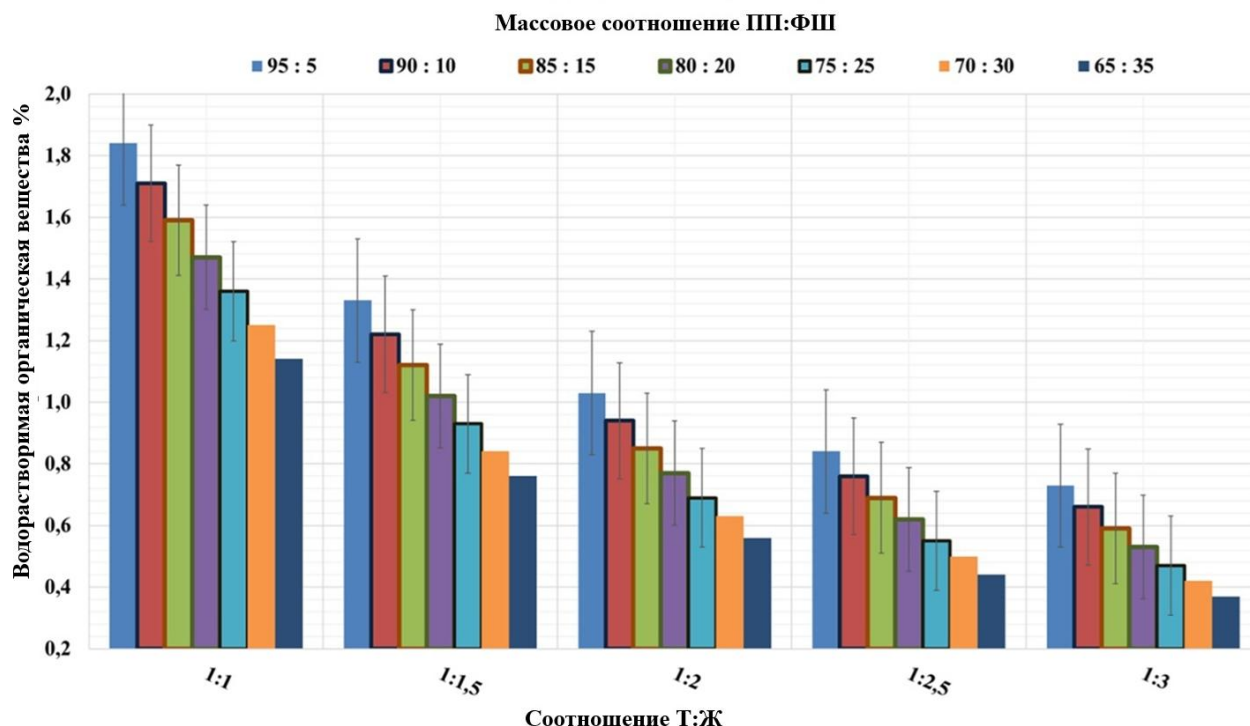


Рис.3. Зависимость содержания водорастворимого органического вещества (ВРОВ) в жидком удобрении от массового соотношения ПП:ФС и соотношения Т:Ж.

Заключение

В ходе исследования были научно обоснованы оптимальные технологические параметры получения жидкого органоминерального удобрения на основе птичьего помёта и фосфоритного шлама с использованием гидроксида калия.

Высокие концентрации органических веществ в жидкой фазе (общее органическое вещество: 12,78%, гуминовые кислоты: 1,64%, фульвокислоты: 9,31%, ВРОВ: 1,84%) наблюдаются при соотношении ПП:ФС 95:5 и Т:Ж 1:1.

Увеличение содержания фосфоритного шлама до 35% и объема щелочи (Т:Ж 1:3) приводит к снижению концентрации органического вещества в среднем в 3–4 раза.

С учетом биологической активности и экономической эффективности жидкого удобрения, оптимальными были выбраны соотношение ПП:ФС 85:15 и условия экстракции Т:Ж = 1:1,5.

В данном режиме в жидкой фазе сохраняется достаточное количество гуминовых и фульвокислот (1,00% и 5,68% соответственно).

Такой подход соответствует принципам безотходных технологий и открывает возможности для получения продуктов с высокой добавленной стоимостью из вторичного минерального сырья

Список использованной литературы:

[1]. Irina N. Gasparyan (2022). Problems related to the production of humic fertilizers and their solutions. Agricultural engineering., 24(1), 23-27.



- [2]. B. Johnson, C. D. Smith & L. K. Brown. "Influence of Raw Material Ratios on the Chemical Composition of Liquid Organo-Mineral Fertilizers Derived from Animal Waste." *Journal of Agricultural Chemistry* (2019): Volume 45, pages 112–120.
- [3]. M. R. Peterson, K. L. Davis & S. T. Miller. "Extraction Conditions and Their Impact on Nutrient Recovery from Poultry Manure and Mineral Sludge." *Waste Management & Research* (2020): Volume 38, pages 567–575.
- [4]. R. V. Gupta, P. S. Sharma & A. K. Verma. "Optimization of Extraction Parameters for the Production of Liquid Fertilizers from Organic and Inorganic Waste Mixes." *Journal of Environmental Management* (2018): Volume 210, pages 324–332.
- [5]. T. H. Nguyen, J. P. Lee & M. A. Garcia. "Effect of Solid-to-Liquid Ratios on the Organic Matter Content in Complex Organo-Mineral Suspensions." *International Journal of Agronomy* (2021): Volume 2021, Article ID 8845612.
- [6]. S. K. Patel, R. N. Singh & V. K. Maurya. "Co-processing of Poultry Manure and Phosphate Rock Sludge for Enhanced Nutrient Bioavailability." *Bioresource Technology* (2017): Volume 244, pages 89–96.
- [7]. L. M. Fernandez, G. H. White & E. J. Taylor. "Humic Substance Extraction from Poultry-Based Organic Matter: A Comparative Study of Chemical Methods." *Soil Science and Plant Nutrition* (2022): Volume 68, pages 415–424.
- [8]. D. A. Roberts, N. O. Williams & C. R. Thompson. "Synergistic Effects of Organo-Mineral Interactions in Liquid Fertilizer Formulations Based on Industrial Sludge." *Fertilizer Research & Technology* (2019): Volume 15, pages 201–210.