

**УДК 62-50:663**

**ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА  
ОБОГАЩЕНИЯ КАОЛИНА**

***Камолов Э.Р.***

***Старший преподаватель кафедры «Методика преподавания информатики» Чирчикского Государственного педагогического института Ташкентской области***

**Аннотация:** статье разработано математическое описание основных компонентов процесса получения обогащенного каолина, анализ существующих математических моделей процесса обогащения каолина с учетом особенностей объекта моделирования.

**Ключевые слова:** процесс обогащения каолина, методы моделирования, обогащение каолина, формирование математического описания, содержание окиси алюминия, описание плотности, окиси железа.

**BUILDING A MATHEMATICAL MODEL OF THE KAOLIN  
ENRICHMENT PROCESS**

***Kamolov E.R.***

***Senior Lecturer of the Department of "Teaching Methods of Informatics" of the Chirchik State Pedagogical Institute, Tashkent Region***

Abstract: The article develops a mathematical description of the main components of the process of obtaining enriched kaolin, analysis of existing mathematical models of the process of enriching kaolin, taking into account the features of the object of modeling.

Key words: kaolin enrichment process, modeling methods, kaolin enrichment, formation of a mathematical description, alumina content, density description, iron oxide.

Увеличение спроса народного хозяйства Республики Узбекистан на высококачественный каолин различного назначения заставляет изыскивать новые, нетрадиционные способы его обогащения [1]. Объем выпускаемой продукции и повышение ее качества должны достигаться, в основном, за счет усовершенствования технологических процессов и внедрения высокоэффективных систем управления. Важное значение эти вопросы имеют и для микробиологических производств, в частности, для производства обогащённого каолина. Однако, отсутствие достоверной и исчерпывающей информации о свойствах и конкретных, специфических особенностях объекта управления, отражаемых в адекватных математических моделях, специализированных вычислительных устройств и соответствующих средств контроля не дает возможности со всей полнотой и эффективностью использовать весь мощный арсенал современных кибернетических методов управления процессом получения каолина с минимальным содержанием железа, титана, кальция и сернистых соединений, используемых при производстве тонкой керамики. Окиси железа и титана придают изделиям тонкой керамики нежелательную окраску и понижают просвечиваемость фарфора, а при производстве электротехнического фарфора эти окиси повышают электропроводность, снижают качество и надежность высоковольтных изоляторов. При этом для повышения качества каолинов – удаления железа и других элементов использовались различные физико-химические методы. Как следствие, при получении фарфоровых изделий высокой белизны и просвечиваемости при прочих равных условиях зависят не только от содержания в массе красящих окислов, но и от соотношения окислов железа и титана. Полезные свойства каолинов определяются их применением в качестве сырья для производства тонкой, хозяйственной, санитарной, электро-и радиокерамики, огнеупорных изделий, стекла и солей алюминия. Высокая дисперсность, огнеупорность, белый цвет, диэлектрические свойства,

химическая инертность, диспергируемость, смачиваемость определяют широкое использование каолинов в качестве универсального наполнителя при производстве бумаги, резинотехнических, кабельных, пластмассовых и парфюмерных изделий [2].

Сегодня известны различные попытки найти способы обогащения каолина. Например, с помощью электромагнитного сепаратора [3], путем разделения песчаных и каолиновых частиц с последующим осаждением каолинового аэрозоля в пылеосадительных камерах [2], путем обработки серной кислотой и сульфатом аммония, путем нагрева до 100°C, выдержки при этой температуре в течение 2 часов и последующей промывкой [4]. Однако эти способы не обеспечивают достаточно высокую степень белизны. Считается, что известная технология обогащения каолина исчерпала свои возможности и нужны новые подходы для прорыва в этой области. Поэтому дальнейший прогресс связывают с широким применением биотехнологии, а также внедрением высокоэффективных систем управления с применением современных методов и средств вычислительной техники, что позволит повысить эффективность биохимического производства в целом [5-7]. При этом возникает сложная, но необходимая задача выявления основных особенностей процесса обогащения каолина с целью построения математической модели. В результате собственных исследований по выявлению основных особенностей процесса обогащения каолина нами сформулированы цель и задачи для решения этой проблемы.

Целью работы является сбор и обработка существующих математических моделей процесса обогащения каолина с учетом особенностей объекта моделирования.

В соответствии с поставленной целью возникает необходимость в решении ряда задач в следующей последовательности: анализ существующих методов моделирования и оптимального управления

биотехнологического процесса обогащения каолина; формирование математического описания скорости реакции перехода двухвалентного железа в трехвалентное; разработка математического описания процесса выделения железа из обогащенного каолина; формирование математического описания потребления субстрата бактериями; учет активной кислотности при разработке математической модели; выявление закономерностей между скоростью реакции и концентрацией суспензии каолина; выявление и математическое описание степеней влияния pH и температуры на активную кислотность; установление перехода количества обогащенного каолина в целевой продукт; учет времени пребывания в реакторе (дебита); установление математического описания плотности обогащенного каолина.

Каолина, то необходимо получить целевой продукт с содержанием железа не более 0,4-0,6% в расчете на  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Это значит, что содержание железа необходимо уменьшить в 2,5-7 раз. Непосредственное применение известных ранее предложений [2-4] оказывается невозможным при масштабировании процесса и переходе на крупнотоннажное производство. Поэтому требуется поиск новых решений.

Составление математического описания процесса обогащения каолина пока не представляется возможным. Это объясняется тем, что трудно определить для каждой стадии кинетические и гидродинамические закономерности, концентрацию промежуточных продуктов, кинетические константы, активность ферментов и т.д. Поэтому содержание окиси железа и двуокиси титана, титр раствора окиси железа и титана, содержание окиси алюминия и гидроскопической влаги в каолине мы вычисляли в экспериментальных условиях по следующим формулам.

Содержание окиси железа  $G_i^o$  и двуокиси титана  $G_i^o$  в процентах вычисляем по формулам

$$G_j^o = m_j^0 V_{or} a / V_{or}^{ao} m_{nk} b; (1)$$

$$G_{oi} = m_i^0 V_r^o a / V_{or}^{ao} m_{nk} b; (2)$$

Где-  $m_j^0, m_i^0$ -соответственно масса окиси железа и титана, г;  $V_r^o$ -объем основного раствора, мл;  $m_{nk}$ - масса навески каолина, г; а, б- const.

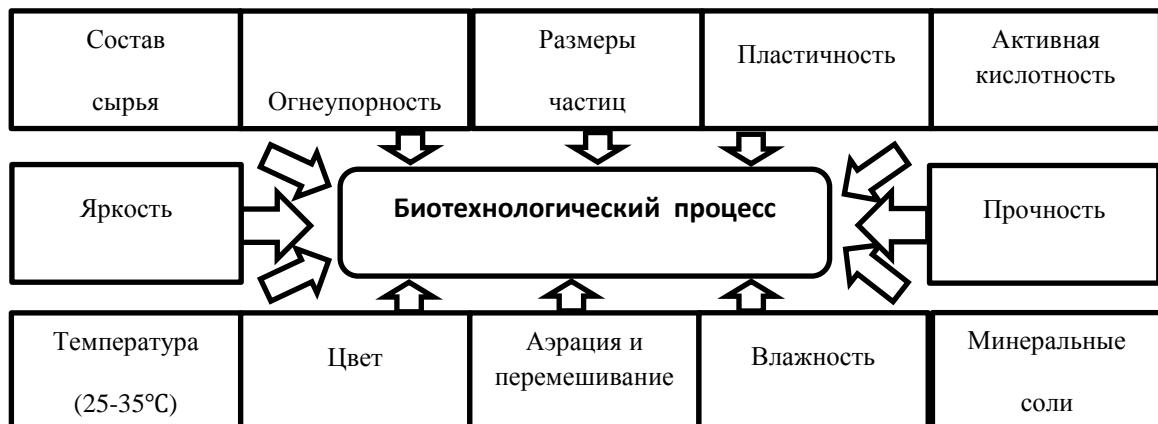
Титр стандартного раствора окиси железа  $G_{rx}$  вычисляем по формуле  
 $G_{rx} = m/c;$  (3)

Где  $m$ - масса прокаленного осадка, г;  $c$ - const-объем стандартного раствора, взятый для осаждения гидроокиси железа, мл.

Титр стандартного раствора титана  $G_{ry}$  вычисляем по формуле

$$G_{ry} = m_{pr}^0 / V_{st}^r;$$

Где  $m_{pr}^0$ - масса прокаленного осадка, г;  $V_{st}^r$ - объем стандартного раствора, взятый для осаждения гидроокиси титана, мл



Содержание окиси алюминия  $G_1^o$  в процентах вычисляем по формуле

$$G_1^o = (V_{tr}^r - V_{uz}^r R_{uz}^{tr}) N_{ol}^{tr} V_{or} a / V_{or}^{ao} m_{nk} - K_{jl}^p G_j^o - K_{yl}^p G_y^o; \quad (5)$$

Где  $V_{tr}^r$ - объем раствора трилона Б, мл;  $V_{uz}^r$ - объем раствора уксуснокислого цинка, израсходованного на титрование, мл;  $R_{uz}^{tr}$ - соотношение между растворами трилона Б и уксуснокислого цинка;  $N_{ol}^{tr}$ - титр раствора трилона Б, вычисленный по окиси алюминия;  $V_{or}$ - объем

основного раствора, мл;  $m_{nk}$ -масса навески пробы каолина, г;  $V_{or}^{ao}$ -объем аликовтной части основного раствора мл;  $K_{jl}^p$ -коэффициент пересчета окиси железа (в каолине) на окись алюминия;  $K_{yl}^p$ - коэффициент пересчета окиси титана на окись алюминия;  $G_j^o$ -содержание окиси железа в каолине;  $G_y^o$ - содержание окиси титана в каолине; a-const.

Содержание гидроскопической влаги в каолине  $W_g^b$  в процентах вычисляем по формуле

$$W_g^b = (m_1 - m_2)d/m_{nk}; \quad (6)$$

Где  $m_1$ -масса сосуда с каолином до высушивания, г;  $m_2$ - масса сосуда с каолином после высушивания, г;  $m_{nk}$ -масса навески каолина, г; d-const.

На основе исследований было установлено, что в этих формулах не учитываются другие основные технологические факторы, которые оказывают значительное влияние на процесс получения обогащенного каолина (диаграмма). К ним также относятся время, pH среды и плотность. В процесс ферментации реакционной смеси, начиная с двух суток, производят отбор части суспензии и анализ на содержание окиси железа, который можно представить в виде:

$$y = y_o[1 - e^{-j/T}(\cos wj + \sin wj/Tw)]; \quad (7)$$

показано, что плотность прямо пропорциональна концентрации содержания железа. При постоянстве субстрата и времени скорости процесса в зависимости от концентрации содержания железа можно выразить формулой

$$\nu = K[x] \quad (8)$$

И изобразить прямой, потому что она прямо пропорциональна концентрации каолина.

Скорость биохимического процесса достигает максимального значения только при определенных значениях pH. Действие pH на скорость

окисления железа легко установить экспериментальным путем . Экспериментальные данные показали, что при исходном pH=2,2-2,3 культура способна окислять закисное железо в широком интервале pH, однако оптимум pH находится в интервала 2,2-2,5. При более высоких и низких pH бактериальное окисление протекает менее активно.

Математическое описание зависимости скорости ферментативной реакции от pH имеет вид

$$V = V_m / (1 + [H^+] / K_1 + K_2 / [H^+]); \quad (9)$$

Где  $K_1, K_2$  - константы ионизации комплекса,  $[H^+]$ - концентрация ионов водорода.

Данное уравнение не нашло широкого применения из-за сложности определения этих констант.

Таким образом, анализ особенностей технологического процесса обогащения каолина показал, что они относятся к классу многомерных сложных систем. Остаются недостаточно разработанными методы моделирования подобных классов объектов. Поэтому с целью построения математической модели таких классов объектов нами выявлены основные технологические факторы и основные особенности биотехнологического процесса обогащения каолина, который в дальнейшем в совокупности позволит получать обогащенный каолин, удовлетворяющий требования различных отраслей промышленности. При этом необходима отработка деталей технологического регламента, нормативно-технической документации, разработка математических моделей технологических процессов.

#### **ЛИТЕРАТУРА:**

1. Ахмедов, Б. А., Султанов, Б. (2021). Анализ и новые тенденции использования кластерных систем и искусственного интеллекта в современной системе высшего образования. Экономика и социум, 8, 344-358.

2. Sultanov, B., Duisenov, N., Abduraimov, J. (2021). Information technologies in education new trends. Экономика и социум, 5-2, 893-896.
3. Sultanov, B., Allamova, Sh. Information technologies in the context of a competence approach. Экономика и социум, 3-2, 755-760.
4. Rakhimov, S. M., Djamirzaev, A. A., Akhmedov, B. A. (2021). Methods of teaching Informatics in Higher Education Problems and Observations. Ekonomika i sotsium, 9(8).
5. Камолов, Э. Р., Джамирзаев, А. А., (2020). Методика идентификации математической модели. Наука и мир, 1-3(79), 33-38.
6. Mahkamova, M. U., Djamirzaev, A. A. (2021). Information technology in higher education new aspects and trends. Scientific progress, 1(6), 512-518.
7. Камолов, Э. Р. (2020). Каолинни бойитиш технологик жараёнини оптимизациялаш алгоритмини ишлаб чиқиши. Фан ва Жамиат 1(1) 10-14
8. Камолов, Э. Р., Джамирзаев, А. А., (2020). Методика идентификации математической модели. Наука и мир, 1-3(79), 33-38.
9. Xurramov, A. J., Kamolov, E. R. (2020). Decision development of management problems of biotechnological systems at an uncertainty of environmental states using the mathematical statistics methods. European Journal of Research and Reflection in Educational Sciences, 8 (3), 212-218.
10. Normatov, I., Kamolov, E. (2020). Development of an algorithm for optimizing the technological process of kaolin enrichment. IEEE, 1–4.
11. Камолов, Э. Р. (2017). Основные виды и типы неопределенности информации, характерные для сложных биотехнологических систем. Молодой ученый, 27, 36-39.
12. Камолов, Э. Р. (2020). Моделирование предпочтений в биотехнологических системах при принятии решений с нечеткими параметрами. Academic research in educational sciences. 1(4), 396-400.
13. Хуррамов, А. Ж., & Комолов, Э. Р. (2020). Разработка алгоритма управления с учетом трудноформализуемой информации. Academic Research in Educational Sciences, 1 (3), 240-247.
14. Нуралиев, У. А. (2021). Искусственный интеллект в образовании. Academic Research in Educational Sciences, 2(11).
15. Нуралиев, У. А. (2021). Информатика ва ахборот технологилари фанини ўқитишида инновацион технологиялардан фойдаланиш тамойиллари. Экономика и социум, 11.