

ISSN 2224-5227

2016 • 2

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ  
**БАЯНДАМАЛАРЫ**

**ДОКЛАДЫ**

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**REPORTS**

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ЖУРНАЛ 1944 ЖЫЛДАН ШЫҒА БАСТАҒАН  
ЖУРНАЛ ИЗДАЕТСЯ С 1944 г.  
PUBLISHED SINCE 1944



Бас редактор  
ҚР ҰҒА академигі **М.Ж. Жұрынов**

Редакция алқасы:

хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әдекенов С.М.** (бас редактордың орынбасары), эк.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Әділов Ж.М.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Арзықұлов Ж.А.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Бишімбаев У.К.**, а.-ш.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Есполов Т.И.**, техн. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Мұтанов Г.М.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Өтелбаев М.О.**, пед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Пралиев С.Ж.**, геогр.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Северский И.В.**; тарих.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Сыдықов Е.Б.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Тәкібаев Н.Ж.**, физ.-мат.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА академигі **Харин С.Н.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Әбүсейітова М.Х.**, экон. ғ. докторы, проф., ҰҒА корр. мүшесі **Бейсембетов И.К.**, биол. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Жамбакин К.Ж.**, тарих ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Кәрібаев Б.Б.**, мед. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Локшин В.Н.**, геол.-мин. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Өмірсеріков М.Ш.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Рамазанов Т.С.**, физ.-мат. ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Садыбеков М.А.**, хим.ғ. докторы, проф., ҚР ҰҒА корр. мүшесі **Сатаев М.И.**; ҚР ҰҒА құрметті мүшесі, а.-ш.ғ. докторы, проф. **Омбаев А.М.**

Редакция кеңесі:

Украинаның ҰҒА академигі **Гончарук В.В.** (Украина), Украинаның ҰҒА академигі **Неклюдов И.М.** (Украина), Беларусь Республикасының ҰҒА академигі **Гордиенко А.И.** (Беларусь), Молдова Республикасының ҰҒА академигі **Дука Г.** (Молдова), Тәжікстан Республикасының ҰҒА академигі **Илолов М.И.** (Тәжікстан), Қырғыз Республикасының ҰҒА академигі **Эркебаев А.Э.** (Қырғызстан), Ресей ҒА корр. мүшесі **Величкин В.И.** (Ресей Федерациясы); хим.ғ. докторы, профессор **Марек Сикорски** (Польша), тех.ғ. докторы, профессор **Потапов В.А.** (Украина), биол.ғ. докторы, профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КХР), филос. ғ. докторы, профессор **Стефано Перни** (Ұлыбритания), ғ. докторы, профессор **Богуслава Леска** (Польша), философия ғ. докторы, профессор **Полина Прокопович** (Ұлыбритания), профессор **Вуйцик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Уздир** (Малайзия), д.х.н., профессор **Нараев В.Н.** (Ресей Федерациясы)

Главный редактор  
академик НАН РК **М.Ж. Журинов**

Редакционная коллегия:

доктор хим. наук, проф., академик НАН РК **С.М. Адекенов** (заместитель главного редактора), доктор экон. наук, проф., академик НАН РК **Ж.М. Адилов**, доктор мед. наук, проф., академик НАН РК **Ж.А. Арзыкулов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **В.К. Бишимбаев**, доктор сельскохозяйств. наук, проф., академик НАН РК **Т.И. Есполов**, доктор техн. наук, проф., академик НАН РК **Г.М. Мутанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **М.О. Отелбаев**, доктор пед. наук, проф., академик НАН РК **С.Ж. Пралиев**, доктор геогр. наук, проф., академик НАН РК **И.В. Северский**; доктор ист. наук, проф., академик НАН РК **Е.Б. Сыдыков**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **Н.Ж. Такибаев**, доктор физ.-мат. наук, проф., академик НАН РК **С.Н. Харин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Х. Абусейтова**, доктор экон. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **И.К. Бейсембетов**, доктор биол. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **К.Ж. Жамбакин**, доктор ист. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Б.Б. Карибаев**, доктор мед. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **В.Н. Локшин**, доктор геол.-мин. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.Ш. Омирсериков**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **Т.С. Рамазанов**, доктор физ.-мат. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.А. Садыбеков**, доктор хим. наук, проф., чл.-корр. НАН РК **М.И. Сатаев**; почетный член НАН РК, доктор сельскохозяйств. наук, проф., **А.М. Омбаев**

Редакционный совет:

академик НАН Украины **Гончарук В.В.** (Украина), академик НАН Украины **И.М. Неклюдов** (Украина), академик НАН Республики Беларусь **А.И.Гордиенко** (Беларусь), академик НАН Республики Молдова **Г. Дука** (Молдова), академик НАН Республики Таджикистан **М.И. Илолов** (Таджикистан), член-корреспондент РАН **Величкин В.И.** (Россия); академик НАН Кыргызской Республики **А.Э. Эркебаев** (Кыргызстан), д.х.н., профессор **Марек Сикорски** (Польша), д.т.н., профессор **В.А. Потапов** (Украина), д.б.н., профессор **Харун Парлар** (Германия), профессор **Гао Энджун** (КНР), доктор философии, профессор **Стефано Перни** (Великобритания), доктор наук, профессор **Богуслава Леска** (Польша), доктор философии, профессор **Полина Прокопович** (Великобритания), профессор **Вуйчик Вольдемар** (Польша), профессор **Нур Изура Удзир** (Малайзия), д.х.н., профессор **В.Н. Нараев** (Россия)

«Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан» ISSN 2224-5227

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы)

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации и архивов Министерства культуры и информации Республики Казахстан №5540-Ж, выданное 01.06.2006 г.

Периодичность: 6 раз в год. Тираж: 2000 экземпляров

Адрес редакции: 050010, г.Алматы, ул.Шевченко, 28, ком.218-220, тел. 272-13-19, 272-13-18

<http://nauka-nanrk.kz> [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

Адрес типографии: ИП «Аруна», г.Алматы, ул.Муратбаева, 75

©Национальная академия наук Республики Казахстан, 2016 г.

E d i t o r - i n - c h i e f

**M.Zh. Zhurinov**, academician of NAS RK

Editorial board:

**S.M. Adekenov** (deputy editor in chief), Doctor of Chemistry, prof., academician of NAS RK; **Zh.M. Adilov**, Doctor of Economics, prof., academician of NAS RK; **Zh.A. Arzykulov**, Doctor of Medicine, prof., academician of NAS RK; **V.K. Bishimbayev**, Doctor of Engineering, prof., academician of NAS RK; **T.I. Yespolov**, Doctor of Agriculture, prof., academician of NAS RK; **G.M. Mutanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.O. Otelbayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.Zh. Praliyev**, Doctor of Education, prof., academician of NAS RK; **I.V. Seversky**, Doctor of Geography, prof., academician of NAS RK; **Ye.B. Sydykov**, Doctor of Historical Sciences, prof., academician of NAS RK; **N.Zh. Takibayev**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **S.N. Kharin**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., academician of NAS RK; **M.Kh. Abuseitova**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **I.K. Beisembetov**, Doctor of Economics, prof., corr. member of NAS RK; **K.Zh. Zhambakin**, Doctor of Biological Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **B.B. Karibayev**, Doctor of Historical Sciences, prof., corr. member of NAS RK; **V.N. Lokshin**, Doctor of Medicine, prof., corr. member of NAS RK; **M.Sh. Omirserikov**, Doctor of Geology and Mineralogy, prof., corr. member of NAS RK; **T.S. Ramazanov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.A. Sadybekov**, Doctor of Physics and Mathematics, prof., corr. member of NAS RK; **M.I. Satayev**, Doctor of Chemistry, prof., corr. member of NAS RK; **A.M. Ombayev**, Honorary Member of NAS RK, Doctor of Agriculture, prof.

Editorial staff:

**V.V. Goncharuk**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **I.M. Neklyudov**, NAS Ukraine academician (Ukraine); **A.I. Gordienko**, NAS RB academician (Belarus); **G. Duca**, NAS Moldova academician (Moldova); **M.I. Iolov**, NAS Tajikistan academician (Tajikistan); **A.E. Erkebayev**, NAS Kyrgyzstan academician (Kyrgyzstan); **V.I. Velichkin**, RAS corr.member (Russia); **Marek Sikorski**, Doctor of Chemistry, prof. (Poland); **V.A. Potapov**, Doctor of Engineering, prof. (Ukraine); **Harun Parlar**, Doctor of Biological Sciences, prof. (Germany); **Gao Endzhun**, prof. (PRC); **Stefano Perni**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Boguslava Leska**, dr, prof. (Poland); **Pauline Prokopovich**, Doctor of Philosophy, prof. (UK); **Wójcik Waldemar**, prof. (Poland), **Nur Izura Udzir**, prof. (Malaysia), **V.N. Narayev**, Doctor of Chemistry, prof. (Russia)

**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

ISSN 2224-5227

Owner: RPA "National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan" (Almaty)

The certificate of registration of a periodic printed publication in the Committee of Information and Archives of the Ministry of Culture and Information of the Republic of Kazakhstan N 5540-Ж, issued 01.06.2006

Periodicity: 6 times a year

Circulation: 2000 copies

Editorial address: 28, Shevchenko str., of.219-220, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,

<http://nauka-nanrk.kz/> [reports-science.kz](http://reports-science.kz)

Address of printing house: ST "Aruna", 75, Muratbayev str, Almaty

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2016

**REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

ISSN 2224-5227

Volume 2, Number 306 (2016), 47 – 52

UDC 530.1

**MODELING THE AGGREGATION PROCESS WITH ALLOWANCE FOR  
THE AGGREGATES DISINTEGRATION IN A BIDISPERSE SUSPENSION****D.D. Dairabay<sup>1</sup>, V.G. Golubev<sup>1</sup>, O.S. Balabekov<sup>2</sup>, Levdanskiy A.E<sup>3</sup>**[din\\_303@mail.ru](mailto:din_303@mail.ru)<sup>1</sup>State University of South Kazakhstan after M. Auezov, Shymkent, Kazakhstan,<sup>2</sup>South Kazakhstan State Pedagogical Institute, Shymkent, Kazakhstan,<sup>3</sup>Belarusian State Technological University, Minsk, Belarus[din\\_303@mail.ru](mailto:din_303@mail.ru)

**Keywords:** bi-disperse suspension, aggregation of particles, the disintegration of the aggregates, mathematical model, numerical experiment.

**Abstract.** It is presented a new mathematical model for calculating the concentrations of the different fractions of the bi-disperse suspension in the presence of the process of mutual aggregation (clotting) of fine and coarse fractions, as well as under the partial reversibility of this process, ie, in the presence of the partial disintegration of particle aggregates. Such processes occur in natural phenomena and can be specially arranged to create stabilized suspensions, and for the purification of liquid systems from contaminations. An analytical formula for calculating the concentration of aggregates which are formed in the system has been obtained. Results of numerical experiments for different values of the control parameters are submitted.

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА АГРЕГАЦИИ С УЧЕТОМ КИНЕТИКИ  
РАСПАДА АГРЕГАТОВ В БИДИСПЕРСНОЙ СУСПЕНЗИИ****Дайрабай Д.Д.<sup>1</sup>, Голубев В.Г.<sup>1</sup>, Балабеков О.С.<sup>2</sup>, Левданский А.Э.<sup>3</sup>**<sup>1</sup>Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова, г. Шымкент, Казакстан,<sup>2</sup>Южно-Казахстанский государственный педагогический институт, г. Шымкент, Казакстан,<sup>3</sup>Белорусский государственный технологический университет, г. Минск, Беларусь[din\\_303@mail.ru](mailto:din_303@mail.ru)

**Ключевые слова:** бидисперсная суспензия, агрегация частиц, распад агрегатов, математическая модель, численный эксперимент.

**Аннотация.** Предложена новая математическая модель для расчета концентраций различных фракций бидисперсной суспензии при наличии процесса взаимной агрегации (коагуляции) частиц мелкой и крупной фракций, а также с учетом частичной обратимости этого процесса, т.е. происходящего в системе с некоторой скоростью распада образующихся агрегатов частиц. Такие процессы имеют место в природных явлениях и специально организуются при создании стабилизированных суспензий и в системах очистки жидкостей от загрязнений. Получена аналитическая формула для расчета концентрации образующихся в системе агрегатов. Приведены результаты численных экспериментов при различных значениях управляющих параметров.

**Введение**

Процессы агрегации частиц дисперсной фазы в суспензиях играют важную роль в различных технологических процессах и природных явлениях. Несмотря на внимание исследователей к этим процессам, многие вопросы в данной области остаются мало исследованными [1, 2]. Построение

теоретических моделей агрегации в полидисперсных суспензиях даже при отсутствии взаимодействия между частицами представляет собой нетривиальную задачу и по сей не завершено [2, 3, 4]. Эта проблема играет, в частности, важную роль при создании стабильных суспензий в фармакологии.

В настоящей статье предлагается новая модель для расчета кинетики агрегации бидисперсной суспензии при наличии процесса взаимной агрегации (коагуляции) частиц мелкой и крупной фракций, а также частичной обратимости этого процесса, т.е. при наличии происходящего в системе с некоторой скоростью распада образующихся агрегатов частиц. Такие процессы имеют место в природных явлениях и специально организуются при создании стабилизированных суспензий и в системах очистки жидкостей от загрязнений [5, 6, 7].

Т.к. частицы дисперсной фазы в суспензиях часто отклоняются от сферической формы, для них определяется некоторый эффективный радиус частицы той же массы, движущейся с той же скоростью. Расстояние между частицами должно быть достаточно большим, чтобы движение одних частиц не сказывалось на скорости других. Резервуар, в котором происходит агрегация, должен иметь значительно большие габариты, чем размеры частиц. Тогда можно пренебречь влиянием стенок, в окрестности которых скорость движения частиц не следует закону Стокса. Предполагается также, что отсутствует проскальзывание между движущейся частицей и средой. т.е. частица хорошо смачивается жидкостью.

Процесс агрегации в таких системах будем описывать с помощью уравнения Смолуховского [4, 8].

Уравнение Смолуховского является на сегодняшний день базовой моделью, на основе которой описывается процесс бинарной коагуляции [1]. Бинарная коагуляция понимается в смысле предположения, что главную роль в процессе играют только парные столкновения частиц, образующих, локально хаотическое множество. Основные предположения физического характера, описывающие систему коагулирующих частиц и лежащие в основе вывода уравнений коагуляции, состоят в следующем:

-объемная плотность частиц и их общее количество достаточно велико, чтобы можно было применять функцию распределения частиц по массам и в координатном пространстве;

-предполагается также, что в течение всего процесса сохраняется пространственная однородность распределения частиц различных размеров в объеме.

Будем в дальнейшем, следуя работе [2], называть  $i$ -мерами частицу, образующуюся в результате объединения  $i$  мономеров. Тогда уравнение Смолуховского приобретает вид:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{i-1} \Phi_{i-j,j} C_{i-j} C_j - C_i \sum_{j=1}^{\infty} \Phi_{i,j} C_j, \quad (1)$$

где  $C_i$  - концентрация  $i$ -мера;  $V_i$  - подвижность  $i$ -мера;  $x, t$  - пространственная и временная координаты.

Функция интенсивности слияния  $i$  и  $j$  - мер определяется с помощью соотношения:

$$\Phi_{i,j} = \sigma_{i,j} |V_i - V_j|, \quad (2)$$

где  $\sigma_{i,j}$  -сечение захвата [3], являющееся симметричной неотрицательной функцией порядков частиц  $i$  и  $j$ .

Уравнение Смолуховского должно решаться совместно с уравнениями, описывающими баланс массы в системе.

Этот баланс может быть записан в виде:

$$\sum_i i S(C_i) = 0. \quad (3)$$

### Математическая модель и численный эксперимент

В нашей модели мы предположим, что происходит агрегация частиц различных фракций бидисперсной суспензии [8, 9]. При этом все остальные перечисленные условия выполняются. Такой подход допустим для слабо концентрированных суспензий, в которых отсутствует влияние

частиц одной фракции на гидродинамические условия осаждения другой фракции. Предположим также, что происходит агрегация частиц различных фракций бидисперсной суспензии, но частицы одной фракции не образуют агрегатов, а агрегаты третьего порядка не образуются вообще. Такой процесс возможен, например, в случае, когда частицы каждой фракции характеризуются определенным поверхностным зарядом. Однако, образующаяся третья фракция, фракция агрегатов, может быть не полностью устойчивой и частично распадаться на исходные фракции.

Таким образом получаем систему уравнений

$$\frac{d\rho_1}{dt} = -a\rho_1\rho_2 + b\rho_3, \quad (4)$$

$$\frac{d\rho_2}{dt} = -a\rho_1\rho_2 + b\rho_3, \quad (5)$$

$$\frac{d\rho_3}{dt} = a\rho_1\rho_2 - b\rho_3. \quad (6)$$

$\rho_1$  и  $\rho_2$  - частичные объемные плотности двух исходных фракций суспензии,  $1/\text{м}^3$ ;  $\rho_3$  - частичная объемная плотность агрегированных фракций,  $1/\text{м}^3$ ;

$a$  - коэффициент скорости бинарной агрегации,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $b$  - коэффициент скорости распада,  $1/\text{с}$ .  
Начальные условия

$$\rho_1(0) = \rho_1^0, \quad \rho_2(0) = \rho_2^0, \quad \rho_3(0) = 0. \quad (7)$$

Введем также обозначения

$$\rho_0 = \rho_1^0 + \rho_2^0, \quad \theta_0 = a\rho_1^0\rho_2^0. \quad (8)$$

Для производных запишем следующие начальные условия

$$\left. \frac{d\rho_1}{dt} \right|_{t=0} = \left. \frac{d\rho_2}{dt} \right|_{t=0} = -\theta_0, \quad \left. \frac{d\rho_3}{dt} \right|_{t=0} = \theta_0. \quad (9)$$

Данная система имеет следующий инвариант, следующий из баланса массы в системе

$$\rho_1 + \rho_2 - \rho_0 = -2\rho_3. \quad (7)$$

Чтобы получить аналитическое выражение для третьей фракции, выполним следующие преобразования.

Продифференцируем третье уравнение системы по времени, получим

$$\frac{d^2\rho_3}{dt^2} = -\frac{d\rho_3}{dt}(a(\rho_1 + \rho_2) + b). \quad (10)$$

Используя инвариант (7), перепишем (10) следующим образом

$$\frac{d^2\rho_3}{dt^2} = -\frac{d\rho_3}{dt}(a(\rho_0 - 2\rho_3) + b). \quad (11)$$

Отсюда получаем

$$\frac{d\rho_3}{dt} = a\left(\rho_3^2 - \left(\rho_0 + \frac{b}{a}\right)\rho_3 + \rho_1^0\rho_2^0\right) \quad (12)$$

Данное дифференциальное уравнение имеет следующее интегральное представление

$$\int \frac{d\rho_3}{\rho_3^2 - \left(\rho_0 + \frac{b}{a}\right)\rho_3 + \rho_1^0\rho_2^0} = at. \quad (13)$$

Рассмотрим знаменатель подынтегрального выражения на наличие особенностей. Имеем квадратное уравнение

$$\rho_3^2 - \left(\rho_0 + \frac{b}{a}\right)\rho_3 + \rho_1^0\rho_2^0 = 0. \quad (14)$$

Дискриминант этого уравнения равен

$$D = \left(\rho_0 + \frac{b}{a}\right)^2 - 4\rho_1^0 \rho_2^0 = (\rho_1^0 - \rho_2^0)^2 + 2\rho_0 \frac{b}{a} + \left(\frac{b}{a}\right)^2 > 0. \quad (15)$$

Дискриминант, как видно из (15), всегда положительная величина при  $b > 0$ . Чтобы дискриминант стал равен нулю необходимы следующие условия:

$$\rho_1^0 = \rho_2^0 \text{ и } b = 0. \quad (16)$$

Квадратное уравнение имеет следующие корни:

$$(\rho_3)_1 = \frac{\left(\rho_0 + \frac{b}{a}\right) + \sqrt{\left(\rho_0 + \frac{b}{a}\right)^2 - 4\rho_1^0 \rho_2^0}}{2}, \quad (17)$$

$$(\rho_3)_2 = \frac{\left(\rho_0 + \frac{b}{a}\right) - \sqrt{\left(\rho_0 + \frac{b}{a}\right)^2 - 4\rho_1^0 \rho_2^0}}{2}$$

Тогда решение уравнения (11) имеет вид

$$\frac{1}{(\rho_3)_1 - (\rho_3)_2} \ln \frac{(\rho_3 - (\rho_3)_1)}{(\rho_3 - (\rho_3)_2)} - \frac{1}{(\rho_3)_1 - (\rho_3)_2} \ln \frac{(\rho_3)_1}{(\rho_3)_2} = at. \quad (18)$$

Таким образом, получаем выражение для эволюции концентрации агрегатов

$$\rho_3 = \frac{(\rho_3)_1 (\rho_3)_2 (1 - \exp(a((\rho_3)_1 - (\rho_3)_2)t))}{(\rho_3)_2 - (\rho_3)_1 \exp(a((\rho_3)_1 - (\rho_3)_2)t)}. \quad (19)$$

Графики зависимости (19) были построены при начальных условиях:  $\rho_1(0) = 10^8 \text{ 1/м}^3$ ;  $\rho_2(0) = 3 \cdot 10^8 \text{ 1/м}^3$  для разных значений управляющих параметров.

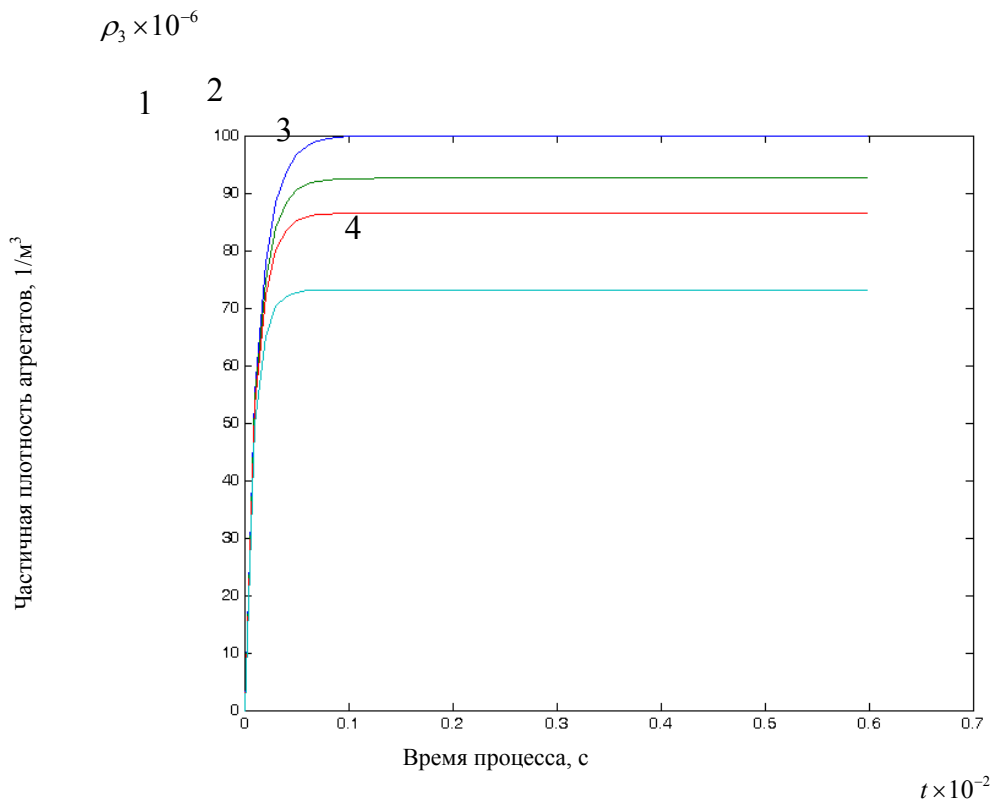


Рисунок 1- Изменение частичной плотности агрегатов согласно модели (4), (5), (6) при  $a = 0.1$ . Коэффициент распада: 1-  $b = 0$ ; 2-  $b = 5$ ; 3-  $b = 10$ ; 4-  $b = 25$



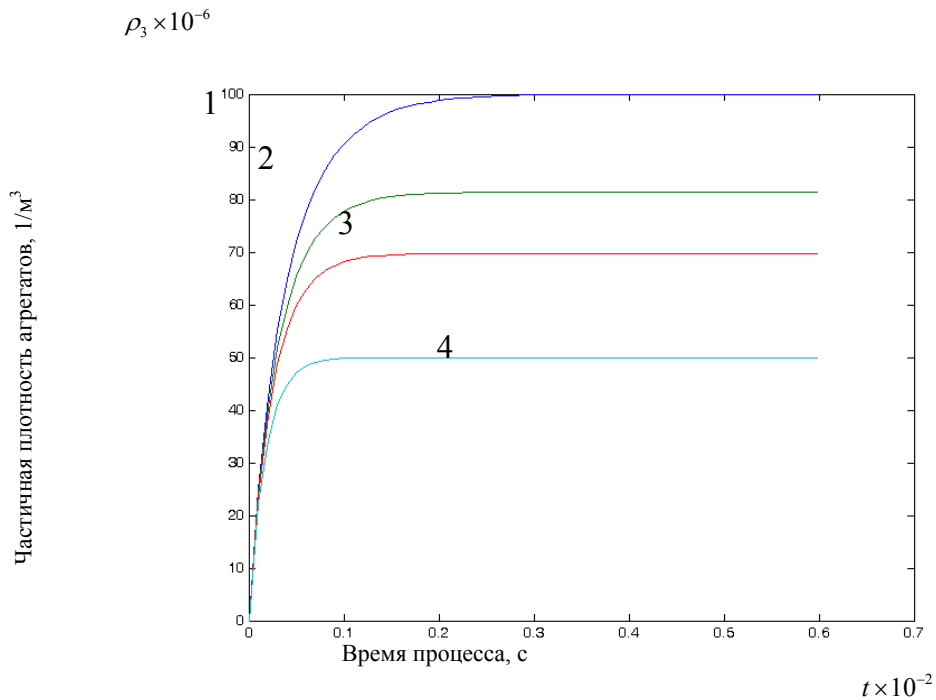


Рисунок 2- Изменение частичной плотности агрегатов согласно модели (4), (5), (6) при  $a = 0.2$ . Коэффициент распада: 1-  $b = 0$ ; 2-  $b = 5$ ; 3-  $b = 10$ ; 4-  $b = 25$

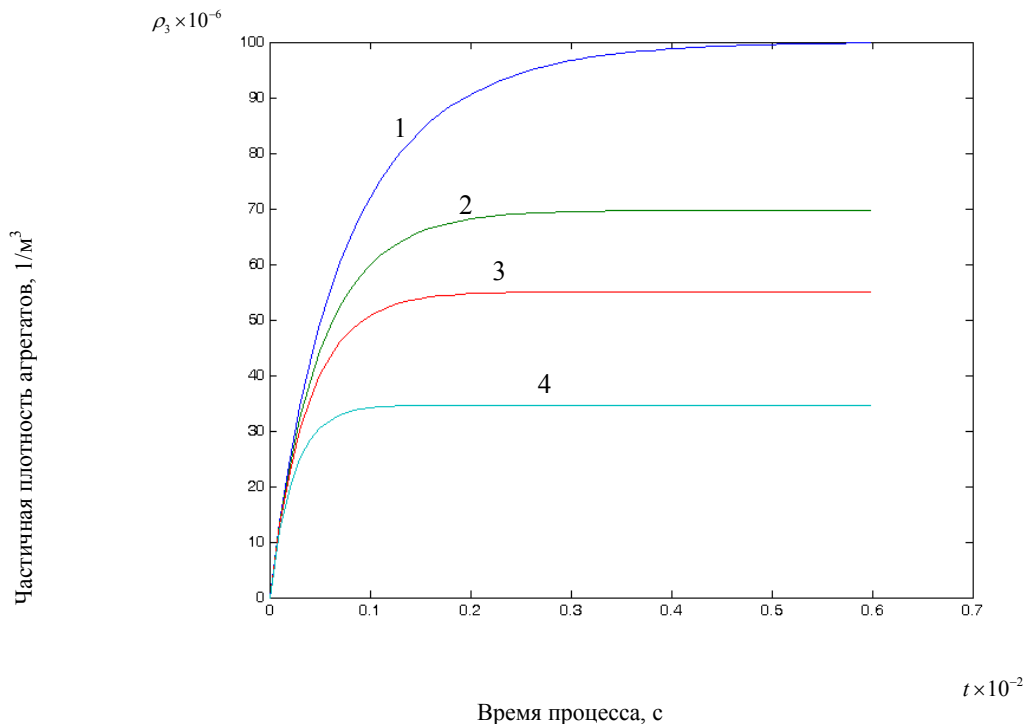


Рисунок 2- Изменение частичной плотности агрегатов согласно модели (4), (5), (6) при  $a = 0.3$ . Коэффициент распада: 1-  $b = 0$ ; 2-  $b = 5$ ; 3-  $b = 10$ ; 4-  $b = 25$

**Заключение.** Таким образом, представленная модель позволяет рассчитывать фракционный состав бидисперсной суспензии с учетом процесса агрегации исходных фракций и частичного распада фракции агрегатов. Анализ полученных зависимостей и вид графиков хорошо согласуются с известными экспериментальными данными и изученными закономерностями поведения нестабильных суспензий [8]. Для надежного практического применения данная модель требует

проведения дополнительной работы для идентификации управляющих параметров применительно к конкретным физико-химическим системам.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шакиров Б.С., Тажибаева Б.Т., Жамалова К.А. Особенности расчета эффективности процесса осаждения полидисперсных взвесей// Труды Межд. науч. конф. "Современные концепции естествознания и информационных технологий". Алматы: КазГАСА, 2009. – Ч. 1. С.26-31.
- [2] Волченков В.Ф. Моделирование свойств полидисперсных структур. – Минск: Наука и техника, 1991. - С. 125-132
- [3] Волощук В. Кинетическая теория коагуляции. Л.: Гидрометиздат, 1974
- [4] J.A.D. Wattis. An introduction to mathematical models of coagulation-fragmentation processes: A discrete deterministic mean-field approach, Physica D222, 2006, pp 1-20.
- [5]. L.M. Lifshitz, V.V. Slyozov. Kinetics of a precipitation from supersaturated solid solutions, J. Phys. Chem. Sol. 19, 1961, pp 35-50.
- [6]. Brener, A.M., Balabekov, B. Ch., Kaugava, A. M. (2009) Non-local model of aggregation in uniform polydispersed systems. *Chem. Eng. Transactions* 17, 783.
- [7]. Fadda, S., Cincotti, A., Cao, G. (2009). Modelling breakage and reagglomeration during fine dry grinding in ball milling device. *Chem. Eng. Transactions* 17, 687.
- [8]. J.C. Zahnov, J. Maerz, U. Feudel. Particle-based modelling of aggregation and fragmentation processes: Fractal-like aggregates. *Physica D* 240, 2011, pp. 882-893.
- [9]. J.A. Blackman, A. Marshall. Coagulation and Fragmentation in cluster-monomer reaction models. *J. Phys. A.: Math. Gen.* 27, 1994, pp. 725-740.

#### REFERENCES

- [1]. Shakirov B.S., Tazhibaeva B.T., Zhamalova K.A. Features of calculation of efficiency of polydisperse suspensions sedimentation process // Works of the international scientific conference « Modern concepts of natural sciences and information technologies », Almaty: KazGASA, 2009 – V.1. P.26-31.
- [2]. Volchenok V.F. Modelling of properties of polydisperse structures. – Minsk: Science and technics, 1991. – P.125-132
- [3]. Volchenok V.F. Modelling of properties of polydisperse structures. – Minsk: Science and technics, 1991. – P.125-132
- [4]. J.A.D. Wattis. An introduction to mathematical models of coagulation-fragmentation processes: A discrete deterministic mean-field approach, *Physica D*222, 2006, pp 1-20.
- [5]. L.M. Lifshitz, V.V. Slyozov. Kinetics of a precipitation from supersaturated solid solutions, *J. Phys. Chem. Sol.* 19, 1961, pp 35-50.
- [6]. Brener, A.M., Balabekov, B. Ch., Kaugava, A. M. (2009) Non-local model of aggregation in uniform polydispersed systems. *Chem. Eng. Transactions* 17, 783.
- [7]. Fadda, S., Cincotti, A., Cao, G. (2009). Modelling breakage and reagglomeration during fine dry grinding in ball milling device. *Chem. Eng. Transactions* 17, 687.
- [8]. J.C. Zahnov, J. Maerz, U. Feudel. Particle-based modelling of aggregation and fragmentation processes: Fractal-like aggregates. *Physica D* 240, 2011, pp. 882-893.
- [9]. J.A. Blackman, A. Marshall. Coagulation and Fragmentation in cluster-monomer reaction models. *J. Phys. A.: Math. Gen.* 27, 1994, pp. 725-740.

**Бидисперсиялық суспензияда агрегаттардың ыдырау кинетикасын есепке алумен агрегация үдерісін үлгілеу**

**Дайрабай Д.Д.<sup>1</sup>, Голубев В.Г.<sup>1</sup>, Балабеков О.С.<sup>2</sup>, Левданский А.Э.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент қаласы, Қазақстан,

<sup>2</sup>Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік педагогикалық институты, Шымкент қаласы, Қазақстан,

<sup>3</sup>Беларусь мемлекеттік техникалық университеті, Минск қаласы, Беларусь

**Түйін сөздер:** бидисперсиялық суспензия, бөлшектер агрегациясы, агрегаттардың ыдырауы, математикалық үлгі, сандық тәжірибе.

**Аннотация.** Ұсақ және ірі фракциялар бөлшектерінің өзара агрегациясы (коагуляциясы) үдерісі болған жағдайда, сонымен қатар, осы үдерістің ішінара кері қайтарымдылығын, яғни, жүйеде белгілі жылдамдықпен орын алатын бөлшектердің түзілетін агрегаттарының ыдырауын есепке алумен бидисперсиялық суспензияның әр түрлі фракцияларының концентрациясын есептеудің жаңа математикалық үлгісі ұсынылды. Мұндай үдерістер табиғат құбылыстарында орын алады және тұрақтандырылған суспензияларды жасау кезінде және сұйықтықтарды ластанудан тазарту жүйелерінде арнайы ұйымдастырылады. Жүйеде түзілетін агрегаттардың концентрациясын есептеу үшін талдамалы формула алынды. Басқарушы параметрлердің әр түрлі мәндеріндегі сандық тәжірибелердің нәтижелері келтірілді.

**Сведения об авторах**

**Дайрабай Динара Дастанқызы** - PhD докторант по специальности технологические машины и оборудование. Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова, Республика Казахстан г. Шымкент. [din\\_303@mail.ru](mailto:din_303@mail.ru)

**Голубев Владимир Григорьевич** - д.т.н., профессор. Южно-Казахстанского государственного университета им. М. Ауэзова, Республика Казахстан г.Шымкент

**Балабеков Оразалы Сатимбекович** - д.т.н., Академик НАН РК. Южно-Казахстанского государственного педагогического института, Республика Казахстан г. Шымкент

**Левданский Александр Эдуардович** - д.т.н., профессор. Белорусского государственного технологического университета, Республика Беларусь, г.Минск.

Поступила 21.03.2016 г.

---

---

**PUBLICATION ETHICS AND PUBLICATION MALPRACTICE  
IN THE JOURNALS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http://publicationethics.org/files/u2/New\\_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://www.reports-science.kz/index.php/ru/>

Редакторы *М. С. Ахметова, Д. С. Аленов, Т.А. Апендиев*  
Верстка на компьютере *С.К. Досаевой*

Подписано в печать 05.04.2016.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.  
14,25 п.л. Тираж 2000. Заказ 2.