

В основу математических моделей процессов обезжиривания, деминерализации, золенина, обеззоливания, собственно экстрагирования желатина из оссеина положено понятие кинетической функции, определяемой как зависимость доли недоизвлечённого вещества от безразмерного времени [1-3]. Основное преимущество кинетической функции состоит в её инвариантности относительно концентрации, температуры и гидродинамической обстановки, характерных для каждого процесса. Отметим, что инвариантность является следствием того, что влияние гидродинамики, концентрации и температуры учитывается временем полного извлечения, которое определяется зависимостями, соответствующими кинетической и диффузионной областям. Впервые математические модели на основе кинетической функции подробно рассмотрены Е.М. Вигдорчиком и А.Б. Шейниным [1] на примере непрерывных процессов растворения веществ. Ими же отмечена возможность использования понятия кинетической функции для процессов взаимодействия между твёрдой и газообразной фазами или двумя несмешивающимися жидкостями. В [2] показана возможность использования кинетической функции в расчётах процесса деминерализации костного сырья в технологии желатина, в [3] рассмотрены процессы выщелачивания идеально и полностью растворимого материала. Главным отличием рассматриваемого процесса от процесса растворения является зависимость интенсивности экстрагирования не столько от внешних условий, сколько от диффузионной проводимости пор. Поскольку метод кинетической функции в качестве аргумента содержит время, отнесённое к времени полного завершения процесса, целесообразнее его использовать для расчётов процессов, развивающихся во времени. К таким процессам можно отнести все процессы экстрагирования в технологии желатина: обезжиривание, деминерализацию, золение, обеззоливание, экстрагирование. Математическая модель процесса в общем случае должна включать зависимость недоизвлечённой доли вещества от безразмерного времени, от технологических параметров экстрагирования, уравнения материального баланса, уравнения, определяющие отдельные параметры указанных зависимостей, в частности, порядок реакции α , энергии активации E ; ; ; , где C, t, Γ концентрация раствора, температура среды, гидродинамический фактор. Преимуществом кинетической функции является использование экспериментальной кинетики экстрагирования из реального полидисперсного материала, которая интегрально учитывает все возможные отклонения рассматриваемого процесса от моделей, основанных на изучении процесса экстрагирования для идеальных тел сферической, цилиндрической, пластинчатой форм. Математическая модель экстрагирования желатина из оссеина. Экстрагирование желатина из оссеина осуществляется в аппаратах периодического действия фракционным способом. Процесс осуществляется наливом воды и оссеина в аппарат и нагревом содержимого при постоянной температуре. При достижении концентрации желатинового

раствора 5% его сливают и вновь оссеин заливают водой в том же соотношении (1:1,5) при более высокой температуре. 1-ю фракцию получают при температуре 45С, 2-ю -при 50С, 3-ю фракцию- при температуре 55С; всего получают до 9 фракций. Отметим, что для фотографических целей применяют практически первые четыре фракции, за рубежом - первые две фракции. Обзорная информация по технологии и оборудованию показывает, что фракционный способ является основным [4], хотя, например, для получения пищевого желатина полученные фракции могут быть смешаны. Основными величинами, входящими в математическую модель процесса, являются кинетическая функция, энергия активации, порядок реакции. Считаем, что температура экстрагирования постоянна во времени (в пределах одной фракции), время выравнивания температуры по объёму аппарата (~ 10 мин) значительно меньше времени экстрагирования, время пребывания твёрдых частиц равно времени извлечения, т. е. времени достижения 5%-ной концентрации. Калибры обеззоленного оссеина, применяемые в процессе: 3 - 8 мм, 8 -14 мм, 14 - 18 мм, 18- 22 мм.. Экспериментальные исследования для получения кинетических функций проводились в условиях, идентичных промышленным. Недоизвлечённая часть материала отдельной фракции определялась как δ , (1) где δ - извлечённая часть в дол ед., δ_0 - некоторые результаты экспериментов приведены на рис 1 и таблице. Рис. 1 - Кривые кинетики экстрагирования при $t=45^{\circ}\text{C}$: 1 - калибр:3-8 мм; 2 - 8-14 мм; 3 - 14-18 мм Таблица1 - Результаты экспериментов С,% Фракция 3-8 мм, 400 мин

10	1,3	0,025	0,26	0,74	30	1,8	0,075	0,362	0,638	60	2.3	0,15	0,465	0,535	310	4.5	0,775	0,9	0,1
Фракция 8-14 мм, 550 мин																			
10	1.0	0,018	0,193	0,807	30	2,0	0,109	0,382	0,618	310	4,0	0,563	0,745	0,245	470	5,0	0,854	0,95	0,05
Фракция 14-18 мм, 610 мин																			
10	0,8	0,016	0,145	0,865	60	1,7	0,089	0,308	0,692	230	3,2	0,377	0,582	0,418	550	5,0	0,901	0,91	0,09
Фракция 18-22,мм, 740 мин																			
60	1,5	0,081	0,265	0,735	310	3,3	0,419	0,566	0,434	470	4,0	0,635	0,682	0,318	680	5,0	0,919	0,921	0,079

Рис. 2 - Кинетическая функция ($t=45^{\circ}\text{C}$): 1-калибр 3-8 мм; 2-8-14 мм; 3-14-18 мм Кинетические функции для указанных калибров имеют вид и аппроксимированы многочленом (рис 2): калибр 3-8 мм, (2) калибр 8-14 мм, (3) калибр14-18 мм, (4) калибр 18-22 мм, (5) где безразмерное время экстрагирования для каждого калибра. Рис. 3 -Зависимость безразмерного времени экстрагирования от относительного размера частиц Гранулометрический состав каждого калибра в полидисперсном продукте равен: (6) где в соответствии с гистограммой распределения оссеина по размерам $G_1/G = 0,36$ $G_2/G = 0,28$ $G_3/G = 0,2$ $G_4/G = 0,16$ Здесь G - вес всей партии; G - вес партии одного калибра. Зависимость безразмерного времени достижения 5%-ной концентрации для каждого калибра от диаметра частиц показывает (рис. 3), что она может быть выражена в виде: (7) где d -эквивалентный средний диаметр калибра. Для калибра 8 мм- $d_1=6,82$, 8-14 мм - $d_2=13,64$ мм, 14-18 мм- $d_3=19,84$ мм, 3- 18-22 мм- $d_4=24,8$ мм. Из рис.3 следует, что (8) где t_5 - время достижения 5%-ной концентрации для заданных

калибров; то же для наибольшего калибра. Зависимость (8) является практически коэффициентом масштаба для приведения всех кинетических функций к единому масштабу времени. Для калибра 3-8 мм 0,54, 8-14 мм- 0,743, 14-18 мм-0,824, 18- 22 мм-1. Кинетическая функция полидисперсного состава, состоящего из смеси различных калибров в общем виде выразится как (9) $n = (1,2,3,4, \dots, n)$ Зависимости (1)-(9) следует дополнить уравнением для определения времени достижения 5%-ной концентрации при любых T и C: (10) Здесь - энергия активации, $E = 18200-23500$ кал/моль, , (11) время растворения, 323 К, 328 К, 333К; =318К- температура периодического опыта, R- универсальная газовая постоянная, 1987 кал/моль, =2.3- порядок реакции. Уравнение материального баланса завершает описание математической модели экстрагирования желатина из оссеина. Для оссеина в сухой форме (1-П) $(M-M) = W (C-C)$, (12) Для оссеина обводнённого $M-M =$, (13) Здесь -плотность смеси воды и обводнённых частиц, кг/м, - плотность обводнённых частиц, кг/м, - плотность оссеина, кг/м, кг/м, плотность желатинового раствора. П - пористость оссеина, доли ед., M,M- начальное и текущее значение массы материала, кг, W - содержание воды, кг - порозность слоя, доли ед., - плотность воды, кг/м