

**ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ТАРАҚҚИЁТИ**
**РАЗВИТИЕ НАУКИ И
ТЕХНОЛОГИЙ**



1
2023

Бош муҳаррир:

ДЎСТОВ Х.Б.

кимё фанлари доктори, профессор

Тахририят ҳайъати раиси:

БАРАКАЕВ Н.Р.

техника фанлари доктори, профессор

Муовини:

ШАРИПОВ М.З.

физика-математика фанлари доктори

Тахрир ҳайъати:

МУҚИМОВ К.М.

ЎЗР ФА академиги (ЎЗМУ)

ЖАЛИЛОВ А.Т.

ЎЗР ФА академиги (Тошкент кимё-технология ИТИ)

НЕГМАТОВ С.Н.

ЎЗР ФА академиги (“Фан ва таракқиёт” ДУК)

РИЗАЕВ А.А.

т.ф.д., профессор (ЎЗР ФА Механика ва зилзила-бардошлилик ИТИ)

БАҲОДИРОВ Ғ. А.

т.ф.д., профессор, ЎЗР ФА бош илмий котиби

МАЖИДОВ Қ.Х.

техника фанлари доктори, профессор

АСТАНОВ С.Х.

физика-математика фанлари доктори, профессор

РАХМОНОВ Х.Қ.

техника фанлари доктори, профессор

ВОХИДОВ М.М.

техника фанлари доктори, профессор

ЖЎРАЕВ Х.Ф.

техника фанлари доктори, профессор

САДУЛЛАЕВ Н.Н.

техника фанлари доктори, профессор

ФОЗИЛОВ С.Ф.

техника фанлари доктори, профессор

ИСАБАЕВ И.Б.

техника фанлари доктори, профессор

АБДУРАҲМОНОВ О.Р.

техника фанлари доктори, профессор

НИЗОМОВ А.Б.

иқтисод фанлари доктори, профессор

ТЕШАЕВ М.Х.

физика-математика фанлари доктори

ЮНУСОВА Г.С.

фалсафа фанлари доктори

ХАМИДОВ О.Х.

иқтисод фанлари доктори, профессор

ХОШИМОВ Ф.А.

т.ф.д., профессор (ЎЗР ФА Энергетика институти)

АХМЕТЖАНОВ М.М.

педагогика фанлари номзоди, профессор

АЗИМОВ Б.Ф.

иқтисод фанлари номзоди, доцент

(махсус сонлар учун масъул)

Муҳаррирлар:

БАРАКАЕВА Д.Ф., ОРТИҚОВА С.Ж.

ИСТАМОВА Г.Х.

Мусахҳихлар:

БОЛТАЕВА З.З., САЙИТОВА К.Х.

ФАН ВА ТЕХНОЛОГИЯЛАР

ТАРАҚҚИЁТИ

ИЛМИЙ – ТЕХНИКАВИЙ ЖУРНАЛ

РАЗВИТИЕ НАУКИ И

ТЕХНОЛОГИЙ

НАУЧНО – ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал Ўзбекистон матбуот ва ахборот агентлиги Бухоро вилояти бошқармасида 2014 йил 22-сентябрда № 05-066-сонли гувоҳнома билан рўйхатга олинган

Муассис:

Бухоро муҳандислик-технология институти

Журнал Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамаси ҳузуридаги ОАК Раёсатининг 2017 йил 29-мартдаги №239/5- сонли қарори билан диссертациялар асосий илмий натижаларини чоп этиши тавсия этилган илмий наشرлар рўйхатида киритилган.

Тахририят манзили:

200100, Бухоро шаҳри, Қ. Муртазоев кўчаси, 15-уй,

Бухоро муҳандислик-технология институти биринчи биноси, 2-қават, 206-хона.

Тел: 0(365) 223-92-40

Факс: 0(365) 223-78-84

Электрон манзил:

E-mail: fantt_jurnal@umail.uz

Журналнинг тўлиқ электрон варианты билан <https://journal.bmti.uz/> сайти орқали танишиши мумкин.

Ушбу журналда чоп этилган материаллар тахририятнинг ёзма рухсатисиз тўлиқ ёки қисман чоп этилиши мумкин эмас. Тахририятнинг фикри муаллифлар фикри билан ҳар доим ҳам мос тушмаслиги мумкин. Журналда ёритилган материалларнинг ҳаққонийлиги учун мақолаларнинг муаллифлари ва реклама берувчилар масъулдирлар.

МУНДАРИЖА - СОДЕРЖАНИЕ – CONTENT

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЖИҲОЗЛАР	
Набиев М.Б. Расчетно-конструктивный анализ автоматических клиноременных вариаторов мототранспортных средств	4
Набиев М.Б. Возможная область регулирования автоматических клиноременных вариаторов мототранспортных средств	9
Азизов Б.А. Бухоро вилояти тупроқ-иклим шароити учун комбинациялашган плуг роторининг тури ва параметрларини асослаш	15
Бердиев Д.М., Ибодуллаев Т.Н., Абдуллаев А.Х., Камилова Г.М. Совершенствование технологии термоциклической обработки для повышения износостойкости зубчатых колес	20
Бафоев Д.Х. Силлик цилиндрлик қўзғалмас бирикмаларнинг умрбоқийлигини ошириш	26
Аноров Р.А., Рахмонов О.К., Усмонов С.Б., Салиханова Д.С., Адизов Б.З. Гилли бурғилаш эритмалари тайёрлаш учун гилли композицияларни олиш ва уларнинг хоссаларини ўрганиш	33
Бобоев А.А. Перспективные технологии очистки сточных вод хвостохранилищ золотодобычи в Узбекистане	39
Шарипов Н.З., Гафуров К.Х. Соя уруғини чақиш жараёнини назарий асослари ва пичоғни танлаш	48
КИМЁ ВА КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Факеров Г.М., Эркаев А.У., Шарипова Х.Т., Мирзоев Б. Исследование процесса получения органоминеральных удобрений азотнокислотным окислением углей Шурабского месторождения	53
Юлдашев Т.Р., Махмудов М.Ж. Метилдиэтанолламин ва метил спирти эфирлари ишлаб чиқаришда технологик режим танлашни асослаш	58
Бабаев Ж.О., Фозилов С.Ф., Мавланов Б.А., Мустафоев Х.М., Фозилов Ҳ.С., Шарипов Б.З. 2-меркаптобензоксазол эфирларини олиш ва уларни дизель ёқилғилари турли хоссаларига таъсирини ўрганиш	65
Астанов С.Х., Нишоннов Н., Вахобова М.А., Ашуров З.Р., Касимова Г.К. Спектроскопия гипохромного эффекта в растворах стильбена и его производных	69
Хусенов К.Ш., Умаров Б.Б., Тургунов К.К., Ганиев Б.Ш., Ибрагимов Б.Т. Кристаллическая структура и анализ поверхности Хиршфельда комплекса бромида цинка(II) с 2-аминогиадиазолом-1,3,4	75
Юлчиева С.Т., Сманова З.А. Иммуобилизованные органические люминесцентные реагенты для определения некоторых тяжелых металлов	85
Умаров Б.Б., Сулаймонова З.А., Мирзоева Г.А. Синтез и оптические свойства лигандов на основе β-дикарбонильных производных ферроцена	94
Шадиева Ш.Ш., Нурова О.У., Амонов М.Р. Юқори самарали оҳорловчи полимер композициялар таркибини ишлаб чиқиш ва уларнинг хоссалари	99
МАШИНАСОЗЛИК ВА ЭНЕРГЕТИКА	
Sadullayev N.N., Muzaffarov F.F. Yordamchi yuzali vertikal o‘qli shamol turbinasining tuzilishi umumiy tahlili va boshqa turbinalardan farqli jihatlari.	104
Hamroyev H.H. Shodiyev Z.O. Mexanik ishlov berishda aniqlikni oshirish tahlili	109
Амиров С.Ф., Юлдашев Н.Р., Мухсимов Ш.С. Бурчак силжишини ўлчовчи янги трансформатор ўзгартиргичнинг қўшимча хатолик манбалари	114
Хамроев Х.Х., Савриев Й.С., Тураева У.Х., Рузимуратова З.А. Особенности высокоскоростного фрезерования.	120

Сафаров А.М. Повышения чувствительности преобразователя постоянного тока, на основе магнитных полей с различными частотами	128
Эгамов Д.А. Электр энергия таъминотининг узлуксизлигини таъминлаш чоралари учун мўлжалланган “Кўчма АВР – 04 кВ” ни қўллаш самараси	133
Жураева К.К. Исследование влияния дестабилизирующих факторов на характеристики магнитоупругих преобразователей механических величин	136
Рахманов И.У., Курбонов Н.Н., Нематов Л.А. Автоматизированная система управления электропотребления промышленных предприятий	141
ИНФОРМАТИКА ВА АХБОРОТ-КОММУНИКАЦИОН ТИЗИМЛАР	
Шоимкулов А.А., Турдибеков К.Х., Файзуллаев Ж.С. Выбор диагностических параметров и алгоритма функциональной диагностики тяговых асинхронных двигателей	146
Ботирова Н.К. Касбий кўникмаларни шакллантиришда ахборот таълим муҳитидан фойдаланиш	154
Мирзаева Ш.У., Увайзов С.К. Математическая модель процесса извлечения компонентов экстракцией из лакричного корня углекислотой	158
ОЗИҚ-ОВҚАТ САНОАТИ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Авизов С.Р., Садыков И.Ш., Саломов Б.Х. Влияние термической обработки на биохимический состав (белковый, углеводный, липидный и витаминный) <i>chlorella vulgaris</i>	169
Азизов А.Ш, Абдураззоқова М.Н, Рахимжонова М.Д, Рахимжонов Ж.Д. Асаларига озуқа тайёрлашда шарбат олиш ускунасининг ишлаш принципи ва параметрлари	173
Oltiyev A.T., Haydarova M.F., Bozorova D.N. Maqsadli sukat mahsulotlari ishlab chiqarish texnologiyasini yaratish	178
ТЎҚИМАЧИЛИК ВА ЕНГИЛ САНОАТ ТЕХНОЛОГИЯЛАРИ	
Тошпулотов Л.И., Танибердиев Ф.Р., Хамраева С.А. Рогоз толасининг тузилиши ва таркиби.	183
Юсупбеков Н.Р., Беккулов Ж.Ш. Синтез системы адаптивного регулирования процесса сушки минеральных удобрений в барабанной сушилке	187
Kuliyeva D.R., Avezov M.F. Bazalt matosining tikish imkoniyatlarini takomillashtirish maqsadida mato sirtiga yelimli suyuqlik bilan ishlov berish	195
Ражабова Г.Ж., Турсунова З.Н. Оқимда ташкилий операцияларни комплекташ шартлари	199
Юлдашев Ж.А., Хакимов Ш.Ш. Пахта тозалаш жараёнининг асосий ишчи органи аррачаларнинг қаттиқлигини ошириб ишлаш муддатини узайтириш	202
Ҳамитов А.А., Ахмедов Б.Б. Пойабзал устки чарми ишлаб чиқаришда тайёрлов ва ошлаш жараёнлари тадқиқоти	210
Эрдонов А.М., Росулов Р.Х., Ахмедов К.И., Сайиткулов С.О. Пахта тозалагичнинг тўрли юзасини такомиллаштириш	216
Исмойилов Ф.Б., Қўлдошев Э.И., Сагтарова Н.Н. Жунни дастлабки ишлашда винтли тозалагичлардан фойдаланишнинг аҳамияти	219
Обидов А.А., Мамажанов Ш.О. Ифлослик таркибидан пахта хом ашёсини регенерациялашнинг назарий асослари	225
Вафаева З.С., Матякубова Ж.Б., Мансурова М.А. Тикув машинасидаги резина втулканинг пластмасса бармоқчалари ва ечиладиган иплар орасидаги ишқаланишга найча параметрларининг таъсири	231
Демидова М.А., Рыклин Д.Б., Кузнецов А.А. Оценка адгезии нановолокнистых материалов к подложкам	236

АНИҚ ВА ИЖТИМОЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР

Nurmurodova Sh.I. Zamonaviy tilshunoslikda frazeologizmlarning mohiyati	244
Хакимова Н., Низамов А., Мухаммадиева Л. Ёғ-мой саноатини илмий-технологик модернизациялаш омиллари ва йўналишлари	248
Azimova N.F. Yozuvchi ijodiy konsepsiyasi va hayotiy haqiqatlar uyg'unligi	257
Акромов I.I. Aphoristic written records in old english texts: the aspect of phraseology	261
Орзиева Л.Н. Организация и проведение педагогических экспериментов	269
Мажидов Қ.Х., Рахимов Ф.Ф., Акмалов.М.Ғ. Қишлоқ хўжалик чиқиндилари асосидаги композициялардан қурилиш материаллари ишлаб чиқаришда фойдаланиш	274
Gaybullaev Z.X., Azizov B.A. Silindrik qobiqlarda erkin to'liqlarning tarqalishi	278
Sharipova M.Sh. "Educational assessment and evaluation in language teaching"	284
Казимова Г.Х. Анализ ситуации и проблем обучения русскому языку студентами технических ВУЗов	293
Жураева К.К. Исследование влияния дестабилизирующих факторов на характеристики магнитоупругих преобразователей механических величин	298
Жумаев М.Р., Шарипов М.З., Ризоқулов М.Н., Саидов Қ.С., Файзиев Ш.Ш. Необычная лазерно-индуцированная динамика спинов	303
Do'stov N.B., Sevinov U.B. Yarimo'tkazgichlarga diffuziya, ionlar va epitaksiya usullari bilan kirishmalar kiritish	307
Жўраева М.М. Француз ва ўзбек эртақларининг концептуал ва миллий-маданий хусусиятлари	315

Фойдаланилган адабиётлар:

1. Мўминов Б.Б. “Педагогик дастурий таъминот – компьютерли ўқитиш воситаси” Педагогик таълим. –Тошкент, 2008.
2. Рахимов О. Электрон таълим ресурсларини яратиш талаблари ва технологияси. Замонавий таълим 2016.
3. Арипов М.М., Кабилжанова Ф., Юлдашев З. Информационные технологии. – Тошкент: ЎзМУ, 2004.

Ботирова Нигора Койировна - Бухоро муҳандислик-технология институти мустақил изланувчиси. Тел: (+99890) 710-14-87

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ
ЭКСТРАКЦИЕЙ ИЗ ЛАКРИЧНОГО КОРНЯ УГЛЕКИСЛОТОЙ**

Мирзаева Ш.У., Увайзов С.К.

Бухарский инженерно-технологический институт.

Аннотация. Разработана математическая модель процесса экстракции получения ингредиентов из лакричного корня жидким углекислым газом. На основе математической модели разработана компьютерная модель в программе Matlab. Расхождение между экспериментальными данными и полученными данными компьютерной модели составляет 2 %. В проведенных исследованиях характер изменения коэффициента диффузии во времени не противоречит современным представлениям о механизме экстрагирования из растительного сырья пористой структуры.

Ключевые слова: Математическая модель, растительное сырьё, лакричный корень, углекислый газ, экстракция, коэффициент диффузии, экстрактивные вещества.

**BEH ILDIZIDAN KARBONAT ANGIDRIDINI BILAN KOMPONENTLARNI
AJRATIB OLIISH JARAYONINING MATEMATIK MODELINI**

Mirzayeva Sh.U., Uvayzov S.K.

Buxoro muhandislik-texnologiya instituti.

Annotatsiya. Beh ildizidan karbonat anhidrid bilan ingrediyentlarni olish jarayonining matematik modeli ishlab chiqilgan. Matematik model asosida Matlab dasturida kompyuter modeli ishlab chiqilgan. Eksperimental ma'lumotlar va kompyuter modelining olingan ma'lumotlari o'rtasidagi tafovut 2 % ni tashkil qiladi. O'tkazilgan tadqiqotlardan vaqt o'tishi bilan diffuziya koeffitsiyentining o'zgarish xususiyati g'ovaksimon strukturali o'simlik xomashyosini ekstraksiyalash mexanizmi haqidagi zamonaviy tushunchalarga zid kelmasligi asoslandi.

Kalit so'zlar: matematik model, o'simlik xomashyosi, beh ildizi, karbonat anhidrid, ekstraksiya, diffuziya koeffitsiyenti, ekstraktiv birikmalar.

**MATHEMATICAL MODEL OF THE EXTRACTION PROCESS OF
COMPONENTS BY ELUTING FROM LIQUORICE ROOT WITH CARBON DIOXIDE**

Mirzayeva Sh.U., Uvayzov S.K.

Bukhara engineering- technological institute.

Annotation. A mathematical model has been developed for the process of extracting ingredients from licorice root with liquid carbon dioxide. On the basis of a mathematical model, a computer model has been developed in the Matlab program. The discrepancy between the experimental data and the obtained data of the computer model is 2 %. In the studies carried out, the nature of the change in the diffusion coefficient over time does not contradict modern concepts of the mechanism of extraction of a porous structure from plant raw materials.

Key words: Mathematical model, vegetable raw materials, licorice root, carbon dioxide, extraction, diffusion coefficient, extractives.

Изучение процесса извлечения компонентов из местного растительного сырья (лакричный корень) жидким углекислым газом проведено на лабораторной установке, принципиальная схема которой приведена на [1-5].

Строение пор во многом определяют механизм извлечения экстрактов и скорость его протекания. Размеры частиц лакричного корня значительно больше, чем диаметры пор, поэтому их можно принимать как изотропные пористые тела. Примем еще одно допущение: получаемые экстрактивные вещества – это группа компонентов с различными диффузионными и физико-химическими свойствами.

Лакричный корень разрезалась на более мелкие части и измельчалось в крупку со средним диаметром 0,8 мм.

Средний размер частиц крупки (шара) определялся ситовым способом, а также рассчитывался по формуле:

$$d_{\text{ср}} = \frac{100}{\sum \frac{\Delta i}{d_i}} \quad (1)$$

где $d_{\text{ср}}$ – средний размер крупки, мм; Δi – количество фракций, %; d_i – размер частицы, мм.

Об определении коэффициента диффузии. Нами были проведены экспериментальные опыты по определению коэффициента диффузии из лакричного корня в среде CO_2 . Как известно [6] молекулярный коэффициент диффузии зависит от структуры твердого тела, температуры и растворимых веществ, и не зависит от гидродинамических условий.

Коэффициент диффузии является фундаментальной характеристикой диффузионной среды и играет чрезвычайно важную роль в теории всех диффузионных процессов.

Общие закономерности при массообмене с твердой фазой учитывают массоотдачу распределяемого вещества в твердом материале за счет внутренней диффузии и перенос вещества в жидкой и газовой фазах за счет внешней диффузии [7].

Закономерности при массообмене с твердой фазой учитывают массоотдачу распределяемого вещества в твердом материале за счет внутренней диффузии расписывались на основе законом Фика. Закон Фика описывает диффузию и может быть использован для нахождения коэффициента диффузии D . Существует два закона Фика, которые были получены немецким физиком Адольфом Фиком в 1855 году.

В одномерной системе с градиентом концентрации вещества dC/dx в направлении x диффузионный поток J определяется первым законом Фика [8].

Согласно первому закону Фика [9] в изотропной среде количество диффундирующего вещества j , переходящее в единицу времени через единицу площади поперечного сечения, пропорционально градиенту концентрации, измеряемому по нормали к этому сечению:

$$j = D \text{ grad} C \quad (2)$$

где D - коэффициент диффузии; C - концентрация диффундирующего вещества.

В одномерной системе с градиентом концентраций вещества dC/dx в направлении x , скорость изменения концентрации вещества в данной точке, обусловлена диффузией, и определяется вторым законом Фика.

Следствием второго закона Фика является дифференциальное уравнение диффузии:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = D \frac{\partial^2 c}{\partial x^2}, \quad (3)$$

где τ - время, x – координата.

Или распределение по времени концентраций экстрактивных веществ в объеме частицы, записывается по уравнению [10]:

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} = D \left(\frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \right), \quad (4)$$

Однако, в реальном процессе начальные условия, в частности, распределение концентрации внутри тела связанное с концентрацией внешней среды изменяющей по

времени существенно усложняет процедуру вывода расчетных уравнений. Даже при применении граничных условий третьего рода имеются большие погрешности.

Поэтому более приемлемым будет разработка и применение вычислительных решений на основе методики многоступенчатого компьютерного моделирования. Она начинается с моделирования распределения концентрации внутри тела материала.

Моделирование процесса экстракции в квазислоях частицы материала. Принимая приведенные допущения сформируем математическую модель массообмена во внутренних и средних квазислоях частицы, а также в квазислоях, непосредственно соприкасающихся с растворителем. Как известно, в квазислоях лакричного корня вещество проходит к поверхности соприкосновения с растворителем посредством молекулярной диффузии.

Уравнение материального баланса в среднем квазислое частицы материала:

$$\frac{dM_{\text{мас3}}}{dt} = G_{\text{пр3}} - G_{\text{рас3}} \quad (5)$$

где $G_{\text{пр3}}$ – приход ингредиентов в квазислое частицы лакричного корня, ($\text{м}^3/\text{с}$); $G_{\text{рас3}}$ – расход ингредиентов через квазислое частицы лакричного корня, ($\text{м}^3/\text{с}$).

Как известно, количество ингредиентов $M_{\text{мас3}}$, прошедшего через средний квазислое на внешний слой равно произведению количества раствора $M_{\text{мц3}}$, прошедшей этот слой на концентрацию ингредиентов в этом растворе $a_{\text{мас3}}$:

$$M_{\text{мас3}} = M_{\text{мц3}} \cdot a_{\text{мас3}} \quad (6)$$

Тогда:

$$\frac{d(M_{\text{мц3}} \cdot a_{\text{мас3}})}{dt} = G_{\text{пр3}} - G_{\text{рас3}} \quad (7)$$

Внизу проанализируем математические выражение, описывающее изменения концентрации ингредиентов в растворе:

$$\frac{da_3}{dt} = \frac{1}{m_3} \cdot (G_{\text{пр3}} - G_{\text{рас3}}) \quad (8)$$

Масса раствора m_3 , находящейся в среднем квазислое частицы, равна произведению объема $V_{\text{мц3}}$ и плотности $\rho_{\text{мц3}}$ этого раствора:

$$m_3 = V_{\text{мц3}} \cdot \rho_{\text{мц3}} \quad (9)$$

Объем раствора $V_{\text{мц3}}$, находящейся в среднем квазислое частицы, равна произведению разницы между объемами внешнего слоя $V_{\text{внеш3}}$ и внутреннего слоя $V_{\text{внутр4}}$ и значения пористости лакричного корня z :

$$V_{\text{мц3}} = (V_{\text{внеш3}} - V_{\text{внутр4}}) \cdot z \quad (10)$$

Так как слои имеют форму шара, их объемы определяем по следующим формулам:

$$V_{\text{внеш3}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_{\text{внеш3}}^3 \quad (11)$$

$$V_{\text{внутр4}} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_{\text{внутр4}}^3$$

где: $r_{\text{внеш3}}$ и $r_{\text{внутр4}}$ – радиусы внешнего и внутреннего квазислоя лакричного корня, соответственно.

Определяем радиусы внешнего и внутреннего квазислоя частицы лакричного корня:

$$r_{\text{внеш3}} = \frac{R}{n} \cdot (n - i + 1) \quad (12)$$

$$r_{\text{внутр } 4} = \frac{R}{n} \cdot (n - i)$$

Плотность раствора:

$$\rho_{\text{мцз}} = \rho \cdot (1 - \alpha_3) + \rho_{\text{мас}} \cdot \alpha_{\text{масз}} \quad (13)$$

где ρ и $\rho_{\text{мас}}$ - плотность растворителя и ингредиентов, соответственно, (кг/м³).

Расход ингредиентов, прошедшего из среднего квазислоя на внешний слой равен произведению коэффициента массопередачи, площади массопередачи и разности концентраций (движущей силе процесса):

$$G_{\text{расз}} = k \cdot F_{\text{внеш}} \cdot (a_{\text{внутрз}} - a_{t2}) \quad (14)$$

$$G_{\text{прз}} = k \cdot F_u \cdot (a_{t4} - a_{\text{внутрз}}) \quad (15)$$

Коэффициент массопередачи прямопропорционально коэффициенту диффузии и плотности раствора и обратно пропорционально толщине слоя, т.е.:

$$k = \frac{D \cdot \rho_{\text{мцз}}}{\sigma} \quad (16)$$

Толщину квазислоя частицы лакричного корня δ определяем отношением радиуса частицы R к количеству слоев n :

$$\delta = \frac{R}{n} \quad (17)$$

Рабочие площади внешнего и внутреннего квазислоев частицы лакричного корня определяются:

$$F_{\text{внешз}} = 4 \cdot \pi \cdot r_3^2 \quad (18)$$

$$F_{\text{внутрз}} = 4 \cdot \pi \cdot r_{\text{внутр4}}^2$$

На рис.1 приведена компьютерная модель среднего квазислоя частицы лакричного корня, которая состоит из блока радиуса внутреннего слоя $Fcn r_i$, и зависящих от него блоков: внешней площади внутреннего слоя $Fcn F_i$, блока объема внутреннего слоя $Fcn V_{i \text{ шар}}$ и блока прихода ингредиентов из внутреннего слоя $Fcn G_{пр}$.

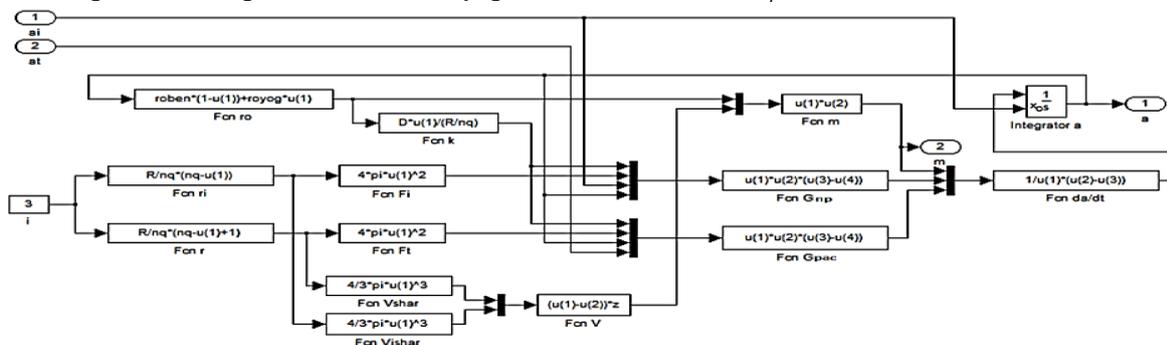


Рис. 1. Компьютерная модель среднего квазислоя частицы лакричного корня

Математическое описание средней концентрации ингредиентов в растворе, находящейся в квазислоях лакричного корня. С целью повышения адекватности результатов математической модели и экспериментальных результатов при проведении расчетов принимаем что, средняя концентрация ингредиентов выходящего из квазислоев частицы лакричного корня равна концентрации ингредиентов выходящего из частицы к растворителю, т.е. $a_0 = a_{cp}$.

Среднюю концентрацию ингредиентов выходящего из квазислоев частицы лакричного корня определяем по следующему математическому выражению:

$$a_0 = a_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^5 m_i a_i}{\sum_{i=1}^5 m_i} \quad (19)$$

т.е. средняя концентрация ингредиентов выходящего из квазислоев частицы лакричного корня равна отношению суммы произведений массы и концентрации ингредиентов в каждом квазислое к сумме массы ингредиентов в этих квазислоях:

$$a_0 = a_{cp} = (m_1 a_1 + m_2 a_2 + m_3 a_3 + m_4 a_4 + m_5 a_5) / m_1 + m_2 + m_3 + m_4 + m_5 \quad (20)$$

где m_1, m_2, m_3, m_4, m_5 - масса ингредиентов в каждом квазислое, соответственно; a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 –концентрация ингредиентов в каждом квазислое, соответственно.

На рис. 2 показана математическая модель расчета средней концентрации путем создания общего блока концентрации ингредиентов, выходящего из квазислоев, концентрации ингредиентов, входящего в следующий слой и массы ингредиентов, находящегося в квазислоях. Средняя концентрация ингредиентов в квазислоях в компьютере выражена в виде $Fcn G_{np}$ - $u(1)$ $u(10)$. Для данной модели в виде входящих значений приняты концентрации ингредиентов, a в виде овала, выходящего из каждого квазислоя и масса, соответствующая этим слоям. Значение средней концентрации ингредиентов в частице лакричного корня, выходящее из блока $Fcn M$ в форме овала принимается как входящее значение для следующей компьютерной модели.

Моделирование процесса экстракции лакричного корня в аппарате с критическим углекислым газом. Как известно, на основании материального баланса экстракции можно сказать, что при экстракции ингредиенты переходя из состава материала к растворителю, изменяется его расход и не изменяется расход твердого тела. Имея это ввиду смоделируем процесс в одном уровне аппарата [11].

На рис. 5 приведены входящие и выходящие показатели в аппарат как объекта экстракции следующие: входящий расход лакричного корня, начальная концентрация ингредиентов в лакричном корне, расход шрота, остаточная концентрация ингредиентов в шроте, входящий расход растворителя и его концентрация, концентрация раствора.

Материальный баланс, утверждающее равенство разницы между расходом твердой фазы (лакричного корня) и расходом ингредиентов в его составе и разницы между расходом шротом и остаточного количества ингредиентов в шроте, выражает неизменность расхода твердой фазы в процессе экстракции лакричного корня.

Этот материальный баланс следующий:

$$G_0 - G_0 \cdot a_0 = G_{ш} - G_{ш} \cdot a \quad (21)$$

где G_0 - расход лакричного корня в аппарате; a_0 – начальная концентрация ингредиентов в лакричном корне, т.е. средняя концентрация ингредиентов в растворе (a_{cp}), выходящей из слоев частицы лакричного корня; $G_{ш}$ -расход шрота, выходящего из аппарата; a - остаточное количество ингредиентов в шроте, выходящего из аппарата.

В формуле (21) выводим из скобок одинаковые переменные и получим:

$$G_0 \cdot (1 - a_0) = G_{ш} (1 - a) \quad (22)$$

Расход шрота, выходящего из аппарата:

$$G_{ш} = G_0 \frac{1 - a_0}{1 - a} \quad (23)$$

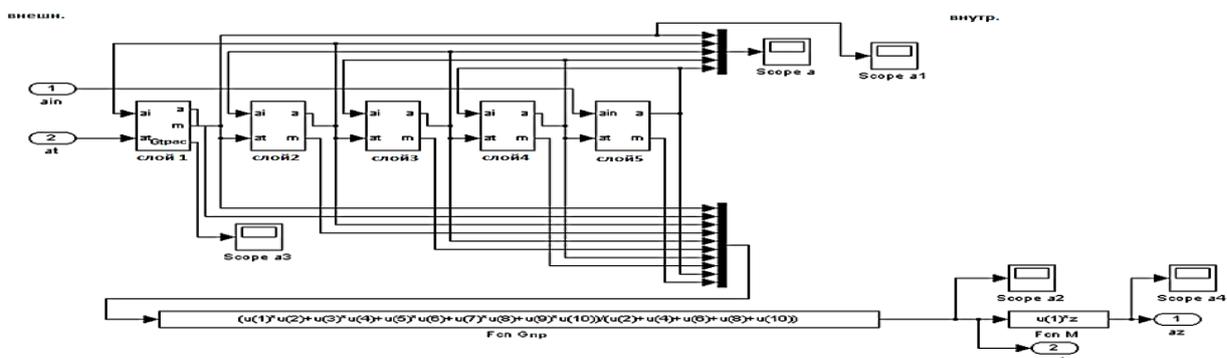


Рис. 2. Средняя концентрация ингредиентов в квазислоях частицы при экстракции лакричного корня сверхкритическим CO_2

Расход ингредиентов, перешедшего в жидкую фазу, т.е. в растворитель определяется разностью расхода ингредиентов при входе в аппарат и расхода ингредиентов при выходе аппарата:

$$G_m = G_0 \cdot a_0 - G \cdot a \tag{24}$$

или, если G выразить через G_0 , тогда получим:

$$G_m = G_0 \cdot a_0 - G_0 \frac{1-a_0}{1-a} \cdot a \tag{25}$$

В общем случае расход ингредиентов из лакричного корня лакричного корня в растворитель, зависит от G_0 , a_0 , a , определяем по следующей формуле:

$$G_m = G_0 \cdot (a_0 - \frac{1-a_0}{1-a} \cdot a) \tag{26}$$

Согласно материальному балансу в системе фазы «твердое тело-жидкость» в первом уровне аппарата определяем изменение концентрации ингредиентов в растворителе по времени:

$$\frac{dy}{d\tau} = \frac{1}{V\rho} (Ly_0 - Ly + G_m) \tag{27}$$

где: L , V и ρ – расход, объем и плотность жидкой фазы, соответственно; y_0 - начальная концентрация ингредиентов в растворителе; y -выходная концентрация ингредиентов в растворе; G_m –расход ингредиентов, перешедшего из лакричного корня в растворитель.

Из равенства расходов растворителя при входе и выходе из первого уровня аппарата получим:

$$L_0 \cdot (1-y_0) = L(1-y) \tag{28}$$

где L_0 -расход растворителя при входе в аппарат; L -расход раствора из первого уровня аппарата.

Отсюда расход раствора из первого уровня аппарата равен:

$$L = L_0 \frac{1-y_0}{1-y} \tag{29}$$

Согласно уравнениям (18) и (20) получим:

$$\frac{dy}{d\tau} \cdot m = L_0 \cdot y_0 - L_0 \frac{1-y_0}{1-y} y + G_m \tag{30}$$

или

$$\frac{dy}{d\tau} \cdot m = L_0 \cdot (y_0 - L_0 \frac{1-y_0}{1-y} y) + G_m \tag{31}$$

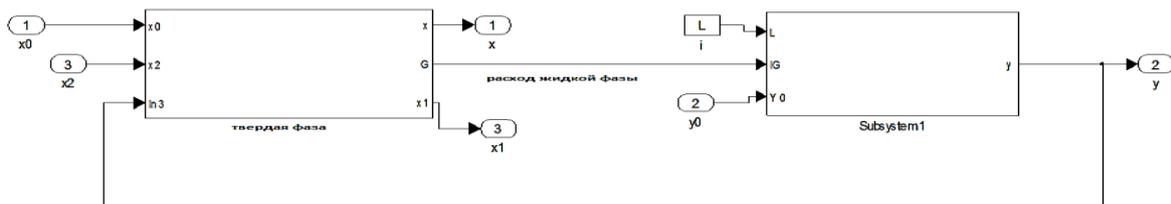


Рис. 3. Компьютерный вид блоков модели процесса в рабочей камере экстракционного аппарата лакричного корня лакричного корня с сверхкритическим углекислым газом

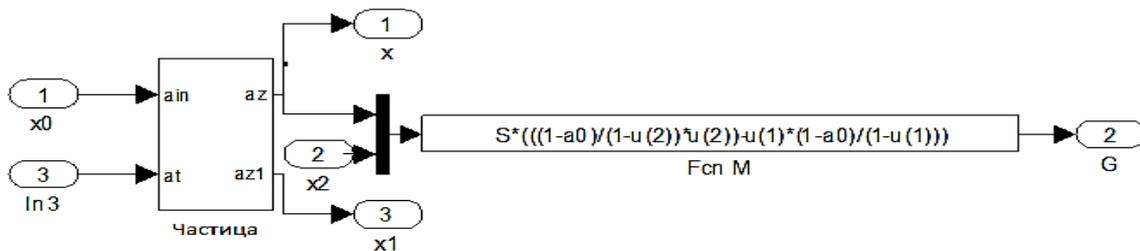


Рис. 4. Компьютерный вид блока модели процесса в твердой фазе в рабочей камере экстракционного аппарата лакричного корня с сверхкритическим углекислым газом

Проводя некоторые арифметические операции в выражении (31) определим

концентрацию раствора при выходе из уровня y :

$$y = \frac{L_0 y_0 + G_m}{G_m + L} \quad (32)$$

В компьютерной модели (рис.4) расхода ингредиентов из лакричного корня лакричного корня в растворитель можно изображать в графическом виде в блоке $Fcn M$ при помощи $score a2$. Этот блок входит как входной параметр в блок $Fcn dy/dt$ и в этом блоке компьютерной модели отражается концентрация раствора в первом уровне аппарата и остаточная экстрактивность шрота.

На рис. 5 представлена общая модель процесса экстракции лакричного корня лакричного корня в рабочей камере экстрактора. Для работы с этой моделью, нами сформирована модель для введения начальных значений параметров экстракции, т.е. критического давления углекислого газа как экстрагента, его температуры и т.д.

Поиск коэффициента диффузии извлечения экстрактивных веществ из лакричного корня. Проведены эксперименты на физической и компьютерной моделях. Поиск коэффициента диффузии извлечения экстрактивных веществ из лакричного корня осуществлялся сравнением результатов эксперименты на физической и компьютерной моделях методом направленного случайного поиска выбором различных значений коэффициента диффузии. При массе материала 200 гр и массе жидкости $M_{ж}=0,225\text{м}^2/\text{с}$.

Результаты экспериментов на лабораторной установке извлечения экстрактивных веществ из лакричного корня от времени приведены на рис.7.

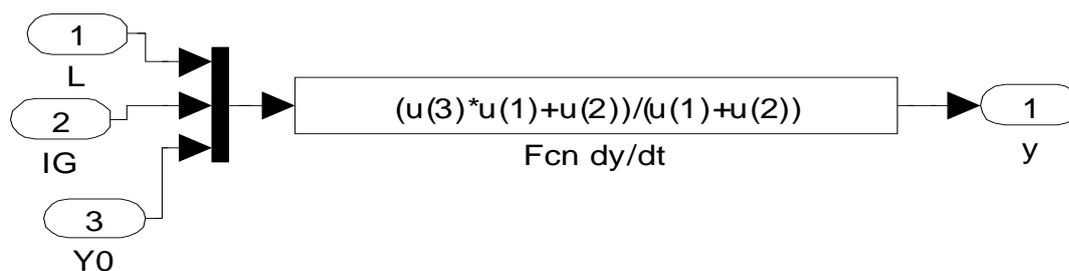


Рис. 5. Компьютерный вид блока модели процесса в жидкостно-газовой фазе в рабочей камере экстракционного аппарата лакричного корня лакричного корня с сверхкритическим углекислым газом

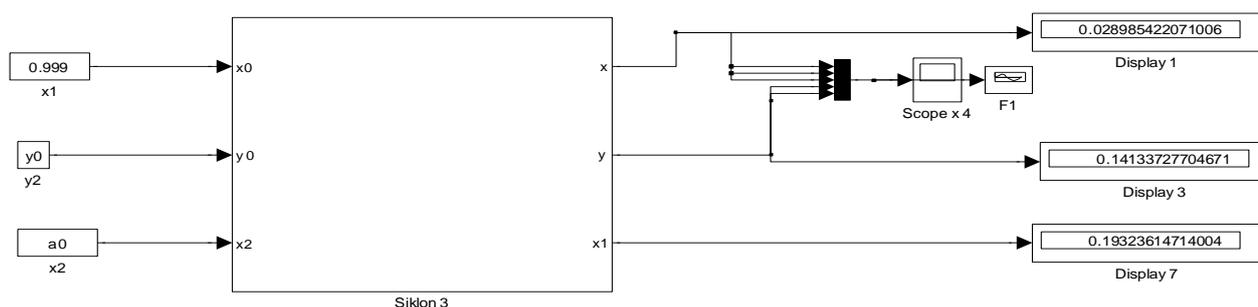


Рис. 6. Выражение модели процесса в рабочей камере

При проведении экспериментов на компьютерной модели использовался метод направленного случайного поиска. После введения начальных параметров при нажатии кнопки «Расчёт» можно получить график изменения концентрации БАВ в твёрдой и жидкой фазах материала (рис.6) Продолжительность экстракции составляет 9000 сек. При этом общее содержание экстрактивных веществ лакричного корня уменьшается с 40 % до 14 %.

Проведены эксперименты на компьютерной модели. Путем направленного случайного поиска определена реальная величина коэффициента диффузии с введением в компьютерную модель различных его величин. Приведены несколько результатов расчета.

Результаты экспериментов на компьютерной модели процесса извлечения экстрактивных веществ из лакричного корня от времени при величине коэффициента диффузии $D = 0,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ показан на рисунке 7.

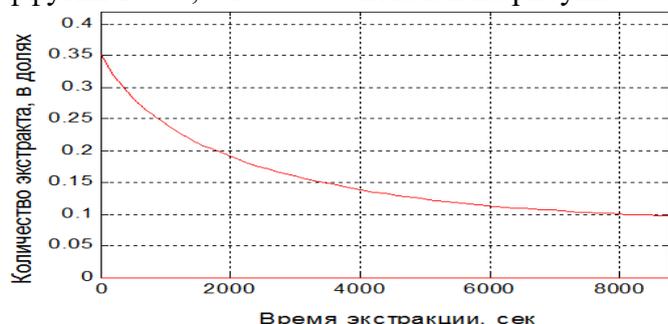


Рис. 7. Изменение концентрации БАВ в твёрдой фазе при коэффициенте диффузии $D=0,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ $M_{жс}=200 \text{ г}$ (а)

Результаты экспериментов на компьютерной модели процесса извлечения экстрактивных веществ из лакричного корня и изменения концентрации в CO_2 от времени при величине коэффициента диффузии $D=0,9 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ показан на рисунке 8.

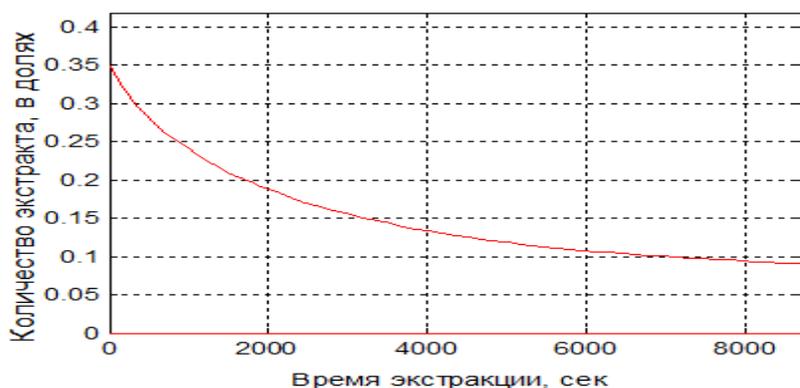


Рис. 8. Изменение концентрации БАВ в твёрдой фазе при коэффициенте диффузии $D=0,9 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ $M_{жс}=200 \text{ г}$ (а)

Результаты экспериментов на компьютерной модели процесса извлечения экстрактивных веществ из лакричного корня при коэффициенте диффузии $D=0,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ (а) и уменьшение концентрации БАВ в квазислоях (б), для $M_{жс}=200 \text{ г}$ показаны на рисунке 9.

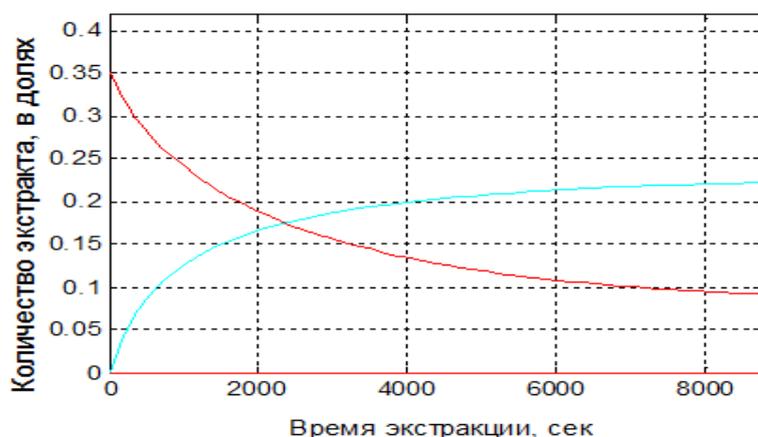


Рис. 9. Изменение концентрации БАВ в твёрдой и жидкой фазах при коэффициенте диффузии $D=0,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ (а) и уменьшение концентрации БАВ в квазислоях (б).

Результаты экспериментов на компьютерной модели процесса извлечения экстрактивных веществ из лакричного корня при величине коэффициента диффузии $D = 0,9 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$, для $M_{жс} = 225 \text{ г}$ показаны на рисунке 10.

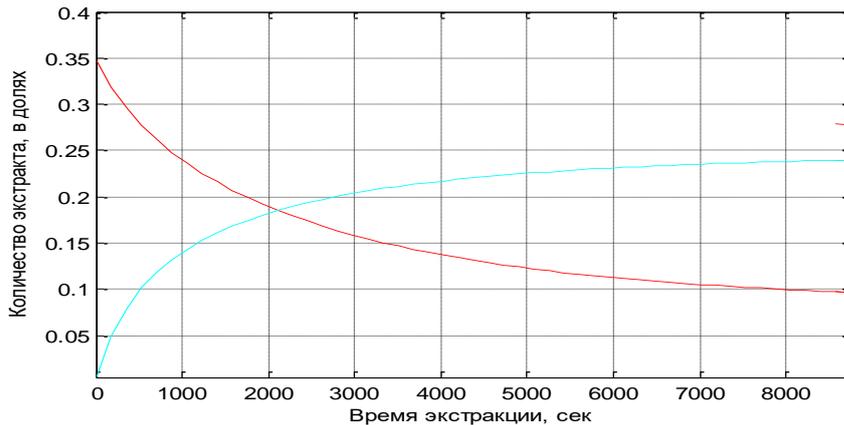


Рис. 10 Изменение концентрации БАВ в твердой и жидкой фазах при коэффициенте диффузии $D=0,9 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$; (а) и уменьшение концентрации БАВ в квазислоях (б).

Результаты экспериментов на компьютерной модели процесса извлечения экстрактивных веществ из лакричного корня и изменения концентрации в CO_2 от времени при величине коэффициента диффузии $D=0,9 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$; для $M_{\text{жс}}=225 \text{ г}$. показаны на рисунке 11.

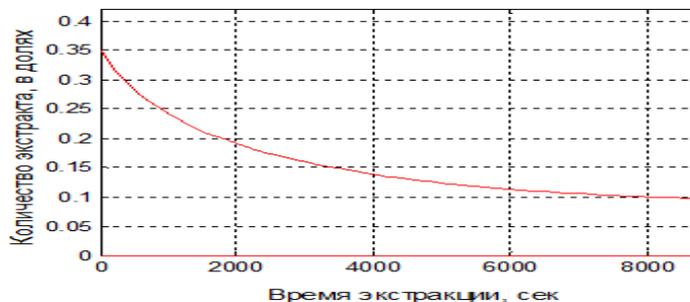


Рис. 11. Изменение концентрации БАВ в твердой фазе при коэффициенте диффузии $D=0,9 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$, $M_{\text{жс}}=225 \text{ г}$. (а)

Как видно из рис. 7 – 11, интенсивное извлечение экстрактивных веществ из сырья в течение около 3000 с из открытых пор и капилляров. Далее процесс протекает медленнее и по истечении около 8100 с приближалось равновесное состояние. С уменьшением величины коэффициента диффузии извлечение экстрактивных веществ из сырья протекало медленнее.

При коэффициенте диффузии $D=0,9 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ показаны результаты экспериментов изменения концентрации процесса извлечения экстрактивных веществ из лакричного корня в CO_2 экстрагент в квазислоях от времени на компьютерной модели.

Как видно из рис. 12, извлечение экстрактивных веществ из сырья протекало медленнее в глубинном слое по истечении времени. Согласно графику, во внешнем слое концентрация БАВ уменьшается быстрее, т.е. здесь относительно быстрее извлекаются БАВ во внешнем слое и сюда поступает БАВ из нижнего слоя. В целом во всех квазислоях концентрации БАВ в слоях твердой фазы гиперболически приближается к равновесному состоянию.

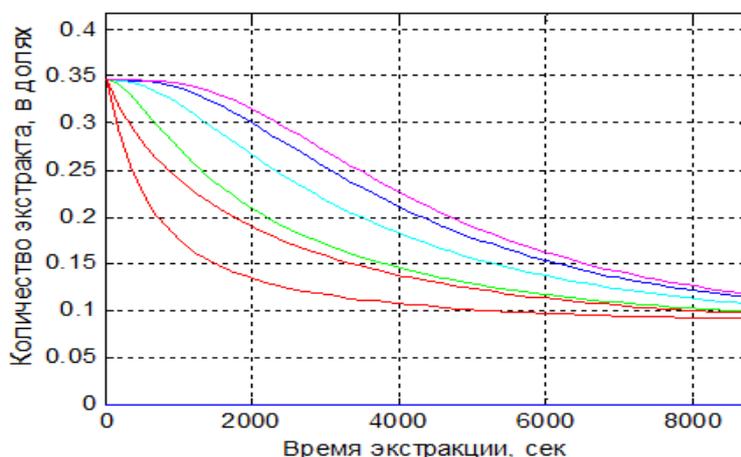


Рис. 12. Изменение концентрации БАВ в квазислоях твердой фазы при коэффициенте диффузии $D=0,9 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$

Путем направленного случайного поиска и сравнения проведенных экспериментов на физической и компьютерной модели определена реальная величина коэффициента диффузии (с введением в компьютерную модель различных его величин). **Сравнение экспериментальных данных на физической модели и математической модели концентраций экстрактивных веществ показало, что значение коэффициента диффузии равной $D=0,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ является более 95% согласованным к реальному проценту.**

Интенсивность массопереноса зависит от значения коэффициента диффузии. В нашем случае, приемлемым получилось значение коэффициента диффузии равной $D=0,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$, так как при предварительно измельченном и обработанном сырье соответствует такой показатель коэффициента диффузии, согласно [12,13,14]. Продолжительность экстракции составляет 9000 сек. При этом общее содержание экстрактивных веществ лакричного корня уменьшается с 40 % до 14 %.

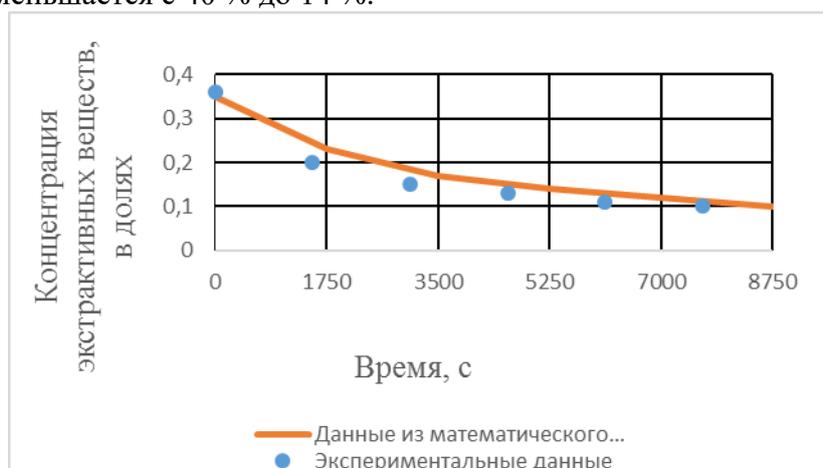


Рис. 13. Сравнение экспериментальных данных на физической модели и математической модели концентраций экстрактивных веществ при значении коэффициента диффузии равной $D=0,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$

Таблица 1

Сравнение результатов экспериментальных данных на физической модели и математической модели концентраций экстрактивных веществ экспериментов на лабораторной установке извлечения экстрактивных веществ из лакричного корня и данные из компьютерной модели от времени

Время, сек	Остаточная концентрация экстрактивных веществ, г/г		Дисперсия
	Экспериментальные данные	Данные из компьютерной модели	
0	0,36	0,38	0,00040
1750	0,2	0,23	0,00090
3500	0,15	0,17	0,00040
5250	0,13	0,15	0,00040
7000	0,11	0,12	0,00010
8750	0,1	0,11	0,00010

Среднеквадратическое отклонение — это сумма квадрата отклонений экспериментальных и данных из компьютерной модели (0, 0021) поделенной на 6 (=0,00035) и после извлечения из квадратного корня (=0,0453). Таким образом получено среднеквадратическое отклонение экспериментальных и данных из компьютерной модели. Оно при значении коэффициента диффузии равной $D=0,7 \cdot 10^{-11} \text{ м}^2/\text{с}$ составляет 4,53 % (табл. 2.2).

Таким образом, с помощью разработанной математической модели рассмотрели теоретическую картину процесса.

В проведенных исследованиях характер изменения коэффициента диффузии во времени не противоречит современным представлениям о механизме экстрагирования из растительного сырья пористой структуры.

Использованная литература:

1. Гафуров К.Х., Мухаммадиев Б.Т., Шарипова М.Ф. Лабораторная установка для газожидкостной экстракции ингредиентов из растительного сырья / Патент на полезную модель № FAP 01301 Зарегистрирован в Гос. реестре полезных моделей РУз 05.04.2018
2. Краев, Л.Н. Шрот солодки – ценное сырье для получения белковых кормовых дрожжей / Л.Н. Краев, И.Ф. Высоцкая, Н.Г. Барина // Гидролизная и лесохимическая промышленность. – 1989. – № 4. – С.5.
3. Gafurov K.Kh., Ibragimov U.M., Fayziev Sh.I. Statistical-mathematical model of the process of extraction of pumpkin seeds by CO₂-extraction//Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. # 1-2, 2017. p.59-64.
4. Шарипова М.Ф., Х.Ф. Джураев, Ш.У. Мирзаева, Экспериментальная установка для получения экстрактов из растительного сырья с СК-CO₂, X Международной научно-технической конференции Техника и технология пищевых производств тезисы докладов, Iчасть, Могилёв, 2016., С. 71.
5. Гафуров К.Х., Сафаров О.Ф., Ш.У. Мирзаева, Энергосбережение в установке для экстракции сверхкритическим углекислым газом, «Научный вестник БГУ» научно-технический журнал, №1, 2016, С. 21-26.
6. Gafurov K., Kh., Ibragimov U.M., Fayziev Sh.I. Statistical-mathematical model of the process of extraction of pumpkin seeds by CO₂-extraction // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. # 1-2 2017. -P.59-63.
7. М.М. Ишанходжаева, Диффузия в системах с твердой фазой, Санкт-Петербург, 2012, С. 9-33.
8. Шишацкий Ю.И., Плюха С.Ю. Определение коэффициента диффузии экстрактивных веществ в сырье растительного происхождения при экстрагировании диоксидом углерода // Вопросы современной науки и практики. №4 (35). 2011. С.95-101.
9. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Закон Фика](https://ru.wikipedia.org/wiki/Закон_Фика)
10. Шишацкий Ю.И., Плюха С.Ю. Иванов С.С. Определение коэффициентов диффузии экстрактивных веществ в люпине // Вестник ВГУИТ, №2, 2014. С. 28-32.
11. Белобородов, В.В. Основные процессы производства растительных масел / В.В. Белобородов. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 478 с.
12. Касьянов Г.И., Медведев А.М., Гафуров К.Х. Пути использования диоксида углерода как растворителя // Научно-технический журнал «Развитие науки и технологий». 2019 г. №5. -С.54-59.
13. Х.Ф. Джураев, К.Х. Гафуров, Б.Т. Мухаммадиев, Мирзаева Ш.У., Системный анализ процесса экстракции растительных материалов в экстракционной установке, Развитие науки и технологий, №3, 2020, С. 11-15.
14. Касьянов Г.И. Зависимость качества экстрактов от фазового состояния экстрагента // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов Изд-во: ГУ - учебно-научно-производственный комплекс (Орел)ISSN: 2219-8466. - 2014. - №3 (26). - С. 73-76

Мирзаева Шохиста Усмоновна – старший преподаватель инженерно-технологического института, Тел.: +998914017905, e-mail: shohista.m@rambler.ru

Увайзов Саиджон Комилович – докторант кафедры «Информационно-коммуникационные системы управления технологическими процессами», тел.: +998914142555, e-mail: said_komil@mail.ru