

лит повысить экологическую безопасность предприятий угольной отрасли и их экономическую эффективность.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лазаренко С.Н., Потапов В.П. Концепция стратегии развития угольной отрасли Кузбасса как основы экономической самодостаточности региона // Финансово-экономическая самодостаточность регионов. Материалы межрегиональной научно-практической конференции – Кемерово, 2003. – С. 163-166.
2. Бедрань Н.Г. Обогащение углей. М., Недра, 1988. – 206 с.
3. Папин А.В., Солодов Г.А., Заостровский А.Н., Папина Т.А. Процесс формирования структуры высококонцентрированных водоугольных суспензий приготовленных из обогащенных угольных шламов методом масляной агломерации // Вестн. КузГТУ. 2003. № 4. –С. 96-99.
4. Клейн М.С., Байченко А.А., Почевалова Е.В. Масляная грануляция угольных шламов Кузбасса // Вестн. КузГТУ. 1999. № 6. –С. 59 - 62.
5. Папин А.В., Солодов Г.А., Заостровский А.Н., Папина Т.А. Процесс формирования структуры высококонцентрированных водоугольных суспензий приготовленных из обогащенных угольных шламов методом масляной агломерации // Вестн. КузГТУ. 2003. № 4. –С. 96-99.
6. Найманов А.Я., Никиша С.Б. Антинакипные электрические аппараты в оборотном водоснабжении // Водоснабжение и санитарная техника. 1984. № 2. – С. 22-23.
7. Leroy P. Le traitement des eaux à l'aide des appareils antitartre électroniques // Techn. Sci. Eth. 1987. № 6. p. 253-260.
8. Найманов А.Я., Болинченко О.И., Лыцтван В.Д. Влияние электрообработки воды импульсным током на отложение накипи // Химия и технология воды. 1995. № 2. – С. 219-224.
9. Неведров А.В. Проблемы накипеобразования и экологической безопасности предприятий тепловой энергетики /А.В. Неведров, Г.В. Ушаков, Б.Г. Трясунов // Вестник Кузбасс. гос. технич. ун-та. Кемерово. 2003. № 2. –С. 83-85.

## СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ АЦЕТОН, ИЗОПРОПАНОЛ, БЕНЗОЛ

Горелова О.М., Попова Т.В.

*В статье рассмотрена возможность переработки отходов – смесей, содержащих воду, бензол, изопропиловый спирт, ацетон. Разделение предполагает сочетание ректификации и расслаивания. Товарными продуктами переработки являются: ацетон с малой примесью воды, бензол, смесь изопропанола с водой. Использование этой технологии может повысить экологические и экономические показатели фармацевтического производства.*

*Ключевые слова: отходы, ацетон, бензол, изопропиловый спирт, ректификация, расслаивание*

Современное промышленное производство является самым мощным источником загрязнения окружающей среды. Негативную нагрузку оказывают машиностроение и металлообработка, химическая и нефтехимическая промышленность, энергетический комплекс и т.д.

В современном мире сложно представить свою жизнь без применения лекарственных препаратов. Но, к сожалению, фармацевтические производства являются мощными источниками образования жидких не утилизируемых отходов, проблема регенерации и повторного использования которых не решена. Это зачастую вполне оправдано – при производстве лекарственных препаратов необходима высокая степень очистки целевого продукта от продуктов, используемых в синтезе или в ходе него образующихся.

В г. Бийске Алтайского края в 2008 году организован биофармацевтический кластер — единственный в стране. Он включает три компонента: химико-фармацевтическое производство, биофармацевтическое производство и производство продуктов питания с заданными полезными свойствами. В 2009 году предприятиями кластера организовано производство сильнодействующего препарата – транквилизатора «Нитразепам» (ФНПЦ «Алтай») совместно с Бийским олеумным заводом).

Нитразепам относится к лекарственным препаратам из класса 1,4-бензодиазепин-2-онов. Способ их получения заключается, как правило, в синтезе из различных исходных соответствующих бензофенонов с последующей циклизацией их ацетамидопроизводных в целевой продукт [1].

К нитразепаму, как к лекарственному препарату, согласно ФС [2] предъявляются следующие требования:

- в готовом продукте содержание не более 0,1 % масс. 2-амино-5-нитробензофенона;
- содержание не более 0,1 % масс. 3-амино-6-нитро-4-фенил-2(1H)-хинолона;
- содержание не более 0,1 % масс. любой другой примеси.

Для очистки нитразепама применяется вода и доступные растворители, такие как ацетон, изопропиловый спирт, метанол и пр. В связи с относительно невысокой стоимостью вышеуказанных веществ после однократного использования в производстве, их отправляют на сжигание. В результате чего происходит не только загрязнение компонентов окружающей среды, но и потеря ценных природных ресурсов.

Наиболее эффективной формой защиты окружающей среды будет создание малоотходных ресурсосберегающих технологических процессов, а также переработка отходов с возвратом регенерированных растворителей в производственный цикл. Это позволит снизить размер ущерба, наносимого окружающей среде, сократить потребление энергоресурсов, уменьшить загрязнение окружающей среды, наносимое при получении первичного сырья.

Ресурсосберегающая технология переработки жидких токсичных отходов подразумевает разделение их на отдельные составляющие с возвратом ценных компонентов в основное производство, а другую часть использовать в качестве товарных продуктов.

Получение препарата нитразепам фармацевтического качества требует его многостадийной обработки – очистки от нежелательных примесей. При этом образуется огромное количество жидких токсичных органических и неорганических отходов, содержащих ацетон (А), бензол (Б), изопропиловый спирт (ИПС), хлорбензойную кислоту, воду(В), серную кислоту, сульфат натрия и пр. По существующей технологии все отходы в полном объеме подвергаются термической деструкции. Это противоречит современным требованиям ресурсосбережения и экологии.

Образовавшиеся отходы имеют разный состав и создают 3 основных потока. Содержание компонентов в отходах представлено в таблице 1.

Таблица 1 – Состав жидких отходов производства нитразепама

Номер потока	Содержание компонентов в отходах, % масс.				
	ацетон	бензол	ИПС	вода	примеси
1	-	13,49	11,82	57,48	17,21
2	-	-	14,65	77,75	7,60
3	20,62	-	-	66,3	13,08

Некоторые компоненты данных смесей являются востребованными реагентами, растворителями и могут быть использованы как в собственном производстве, так и в других. Целью нашей работы является поиск оптимального способа переработки отходов на чистые компоненты или фракции, являющиеся товарными продуктами.

Ранее уже проводились исследования по разделению отходов производства нитразепама методом ректификации [3] и планировался слив всех потоков в один сборник. Нами был рассмотрен состав каждого потока по отдельности и сделан вывод о необходимости отдельного сбора и переработки каждой из вышеуказанных жидких сред.

Для создания технологии ректификационной переработки отходов производства нитразепама были собраны необходимые данные о свойствах чистых веществ и физико-химическом взаимодействии компонентов в растворе[4,5].

Справочные данные о парожидкостном равновесии [6,7] в бинарных системах подвергались математическому описанию с помощью уравнений локальных составов – Вильсона и NRTL. Полученные при этом параметры бинарного взаимодействия представлены в таблице 2.

Разница расчетной и справочной температуры кипения ( $\Delta T_{\text{ср.}}$ ) не превысила 0,5 °С, что позволяет считать математическое описание удовлетворительным [8], а полученные параметры бинарного взаимодействия пригодными для использования при моделировании фазовых равновесий и ректификации.

Таблица 2 - Результаты математического описания равновесия жидкость-пар

Система	Параметры Вильсона		$\Delta T_{\text{ср.}}$ , °С	Параметры NRTL			$\Delta T_{\text{ср.}}$ , °С
	$\lambda_1$	$\lambda_2$		$\tau_{12}$	$\tau_{21}$	$\alpha_{12}$	
Ацетон – вода	0,1483	0,4093	0,15	0,4665	1,91	0,3150	0,48
ИПС- вода	0,0845	0,6845	0,20	0,0075	2,508	0,3150	0,23
Ацетон - ИПС	0,7829	0,6630	0,17	0,4319	0,2031	0,3150	0,17
Ацетон – бензол	1,706	0,3968	0,23	1,203	-0,7718	0,3150	0,21
Бензол - ИПС	0,4899	0,1947	0,00	1,518	0,5161	0,3150	0,13

## СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЖИДКИХ ОТХОДОВ, СОДЕРЖАЩИХ АЦЕТОН, ИЗОПРОПАНОЛ, БЕНЗОЛ

Ввиду малого количества отходов было решено все потоки накапливать и поочередно разделять на одной колонне периодического действия диаметром 400 мм.

Такие примеси, как хлорбензойная кислота, сульфат натрия, нитразепам имеют значительно более высокие температуры кипения, не образуют азеотропов при ректификационном разделении, поэтому их присутствие не учитывали.

В данной работе проводилась параметрическая оптимизация режима колонны в вычислительном эксперименте при разделении каждого потока отходов. Выбор оптимального флегмового числа процесса осуществлялся исходя из минимума энергозатрат при получении продуктов заданного качества. Также учитывалась продолжительность процесса ректификации, которая не должна превышать время накопления отходов.

Отход, содержащий ацетон и воду (поток № 3) будет накапливаться в течение 1 суток в отдельном сборнике, после чего загружаться в куб колонны. Общая эффективность аппарата при всех разгонках была принята 20 теоретических тарелок. По результатам вычислительного эксперимента было установлено, что отбор ацетона в дистиллят без примесей воды невозможен, даже при флегмовом числе 100, что объясняется тангенциальной азеотропией в системе. Фазовая диаграмма жидкость-пар в системе ацетон-вода представлена на рисунке 1. Снижение давления до 200 мм рт. ст., как видно на диаграмме, позволяет сделать систему азеотропной и получить в дистиллят чистый ацетон, но тогда возникнут сложности с конденсацией паров, поскольку при вышеуказанном давлении ацетон имеет температуру кипения 22 °С.

При разделении смеси ацетон-вода принималось флегмовое число 5, которое позволяло получать ацетон с содержанием воды 2 % масс. Ацетон такого состава может быть использован в собственном производстве.

Наиболее сложным является разделение потоков ИПС-В и Б-ИПС-В, т.к. компоненты этих систем образуют бинарные и тройной (таблица 3) азеотропы. Данные термодинамические ограничения не позволят получать чистые вещества в дистиллят.

Смесь Б-ИПС-В (поток 1) указанного состава является гетерогенной, поэтому для достижения цели работы мы предлагаем накапливать ее в течение 5 суток в сборнике-раслаивателе, где она разделится на водный и органический слой. Для определения состава равновесных жидких фаз было смоделировано равновесие жидкость-жидкость в

системе Б-ИПС-В, что позволило также оценить количества фаз. Результаты изучения равновесия жидкость-жидкость при температуре 20 °С представлены в таблице 4.

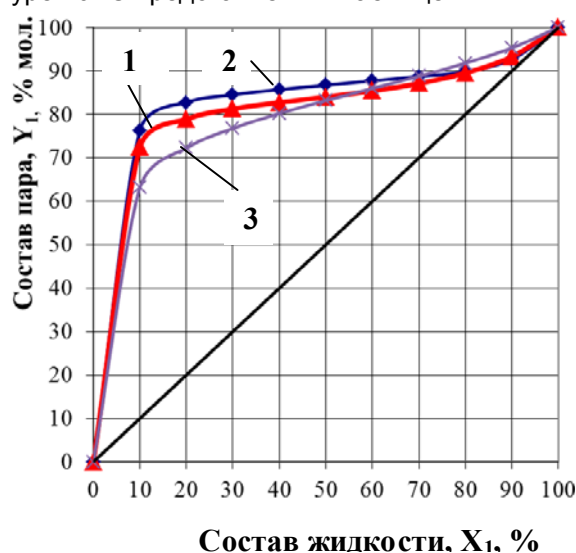


Рисунок 1 – Фазовая диаграмма жидкость – пар для системы ацетон вода при различном давлении (P = 760 мм рт. ст.).

Таблица 3 - Свойства тройного азеотропа вода (1) – изопропиловый спирт (2) – вода (2)

Концентрация (1) в смеси, % масс.	Концентрация (2) в смеси, % масс.	Температура кипения смеси, °С
7,5	18,7	66,5

Как видно из таблицы, изопропиловый спирт преимущественно распределяется в органическом слое. Этот продукт составил 23 % масс. от бутто-состава. Он содержит 88,85 % масс. бензола, 10,34 % масс. изопропанола и 0,81 % масс. воды. При ректификационном разделении с флегмовым числом R=3 в дистиллят сначала будет отбираться смесь азеотропного состава (таблица 3), до тех пор, пока из куба колонны не будут исчерпаны полностью изопропанол и вода. Далее производится отбор бензола, состав которого позволит использовать его в данном производстве.

Водный слой, отделенный от потока 1 смешивается с потоком 2, поскольку имеет близкий количественный и качественный состав. Смесь состава, % масс.: 0,11 Б, 21,84 ИПС, 78,05 В, ректифицируют при флегмовом числе R=1. В дистиллят отбирают смесь изопропилового спирта (70 % масс.) и воды с малой примесью бензола (не более 0,2 % масс.).

Данный продукт не востребован в собственном производстве, но может с успехом

использоваться при производстве моющих и чистящих средств для стекол и ковров.

Кубовые остатки всех разгонок планируется отправлять на сжигание, ввиду содержания компонентов нитразепама и промежуточных продуктов синтеза.

Реализация предлагаемой технологии позволит решать вопросы ресурсосбережения, а именно: регенерировать бензол и ацетон, получить основу для моющих средств, а также минимизировать загрязнение атмосферы продуктами термического разложения.

Таблица 4 – Данные по изучению равновесия жидкость-жидкость в системе бензол – изопропиловый спирт вода при температуре 20 °С

Брутто-состав (состав исходной гетерогенной смеси), % мол.			Состав равновесного водного слоя, % мол.			Состав равновесного органического слоя, % мол.		
Б	ИПС	В	Б	ИПС	В	Б	ИПС	В
45,00	10,00	45,00	0,15	6,57	93,28	85,65	13,22	1,24
35,00	30,00	35,00	0,36	13,75	85,89	54,93	39,35	5,72
25,00	50,00	25,00	0,47	16,37	83,16	28,6	54,94	16,47
10,00	80,00	10,00	10,00	80,00	10,00	10,0	80,00	10,00

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Патент США N 4155904, кл. 260-239;
2. Патент СССР N 550980, кл. А 61 К 31/55;
3. Горелова О.М., Сартакова О.Ю., Полякова Л.Ф., Санникова Е.Ю. Исследования по созданию технологии переработки отходов, содержащих органические растворители, на примере фармакологических производств // Ползуновский Вестник. – 2006. - № 2. – с. 234-236.
4. Справочник химика. - М.,Л.: Химическая литература, 1963, т.2. -1072 с.

5. Вайсбергер А., Проскауэр Э., Риддик Дж., Органические растворители. Физические и химические методы очистки. - М.: ил., 1958, - 518 с.
6. Коган В.Б., Фридман В.М., Кафаров В.В. Равновесие между жидкостью и паром. - М., Л.: Наука, 1966. т. 1, т.2. - 1357 с.
7. Равновесие жидкость-пар./Людмирская Г.С., Барсукова Т.А., Богомольный А.М. и др.// Под ред. А.М.Богомольного. - Л.: Химия, 1987. – 336с.
8. Комарова Л.Ф., Лазуткина Ю.С., Горелова О.М. Малоотходные ресурсосберегающие технологии на основе ректификации. Монография. – изд-во АлтГТУ, 2013. – 129 с.

УДК 66.962

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Бахтина И.А., Христенко М.С., Аржанова И.Н.

*Проведена экспертная оценка производства органических растворителей (бутилцеллозольва и бутилкарбитола) на Заводе органических продуктов ОАО «Казаньоргсинтез», выявлены основные проблемы. Разработаны альтернативные варианты ресурсосберегающих малоотходных технологических схем получения бутилцеллозольва и бутилкарбитола. Определена оптимальная технология для реализации на предприятии.*

*Ключевые слова: органические растворители, бутилцеллозольв, бутилкарбитол, технологическая схема разделения, ректификация.*

В настоящее время активно развивается производство нефтехимического синтеза с получением различных полиэтиленов, композиционных материалов, органических продуктов, технических газов и др. Как правило, при получении целевых продуктов образуются отходы, содержащих ценные вторичные продукты. Данные отходы, как правило, сжигаются или захораниваются, что приводит к неоправданному загрязнению окружающей среды

и потере ценных продуктов. В связи с вышесказанным создание малоотходных и ресурсосберегающих производств является актуальным для предприятий органического синтеза.

Одним из крупнейших химических предприятий Российской Федерации является ОАО «Казаньоргсинтез». В состав предприятия входит Завод органических продуктов, а одним из видов получаемых продуктов явля-