

Жидкостная экстракция

Исмаилова Л.Б.

Азербайджанский Государственный Университет Нефти и Промышленности, Азербайджан, г. Баку

Аннотация. Процессы разделения, в которых две взаимно нерастворимые или частично растворимые друг в друге фазы приводятся в контакт для осуществления перехода одного или более компонентов из одной фазы в другую, представляют собой экстракцию в системе жидкость – жидкость или, в более широком смысле слова, - экстракцию избирательными растворителями. Эти процессы являются преимущественно физическими, так как подлежащие переносу из фазы в фазу растворенные вещества извлекаются обычно без химических превращений. Вместе с тем физические равновесные соотношения, на которых основаны такие процессы, зависят в значительной мере от химических характеристик растворенных веществ и избирательных растворителей (экстрагентов). Поэтому применение экстрагента, который ближе по своей химической природе к одному из компонентов смеси, приводит к повышению концентрации этого компонента в фазе экстракта.

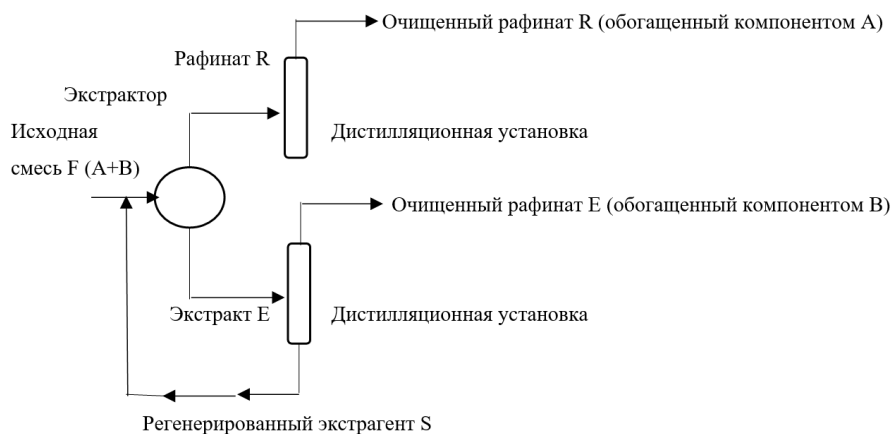


Рис. 1. Упрощенная схема процесса экстракции в системе жидкость – жидкость с регенерацией экстрагента.

Экстракция избирательными растворителями проводится различными способами. В простейшем случае к жидкой смеси (исходному раствору) добавляют один экстрагент,

что и приводит к образованию второй жидкой фазы. Иногда добавляют два взаимно нерастворимых экстрагента, чтобы компоненты исходного раствора распределялись между двумя жидкими фазами.

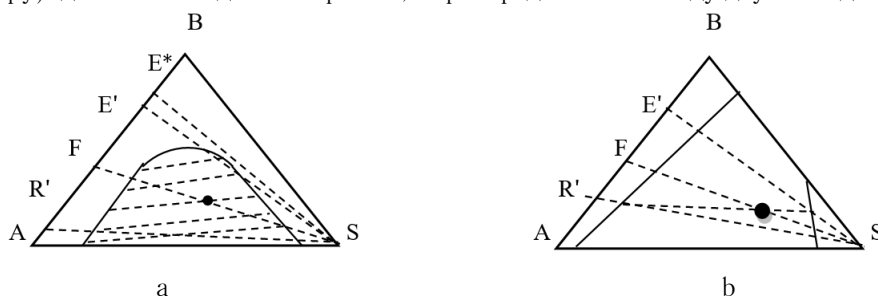


Рис.2. Треугольная фазовая диаграмма
а – смеси типа I (наиболее распространенные); в – смеси типа II (менее распространенные)

Желательно добавлять соль в водную фазу для повышения активности распределяемого компонента, что способствует его переходу в неводную фазу, в которой данная соль не растворяется. Иногда целесообразно изменять рН водной фазы, содержащей кислые или щелочные растворенные вещества, чтобы уменьшить ионизацию некоторых из них и обеспечить их концентрирование в неводной фазе экстрагента. Часто оказывается полезным изменять температуру контактируемых фаз, чтобы получить наиболее благоприятное равновесное соотношение на каждой ступени экстракции.

Простое выщелачивание растворимого компонента из инертного твердого вещества может рассмат-

риваться как специальный случай жидкостной экстракции. Действительно, многие расчетные методы для систем жидкость – твердое.

В любом случае для эффективной работы экстракционного оборудования необходимо приводить фазы экстрагента и исходного раствора в тесный контакт с целью увеличения интенсивности процесса массопередачи. Когда система приближается к равновесию производится механическое разделение фаз. После проведения последовательно одного контактирования и одного разделения желательно подвергнуть каждую из фаз дальнейшей обработке, например, в противоточном процессе. Фазы, насыщенные экстрагентом, нужно освободить от него,

чтобы получить конечные продукты в чистом виде и регенерировать экстрагент для повторного использования. Последний этап процесса обычно связан с проведением дистилляции, так что при оценке стоимости процесса жидкостной экстракции должна учитываться, помимо стоимости собственно экстракции, также стоимость дистилляции.

На рис. 2 показана простейшая схема процесса экстракции, где экстрактор работает совместно с двумя дистилляционными установками. Такая схема позволяет проводить процесс непрерывно, получая в достаточно чистом виде легколетучие компоненты А и В. Из экстрактора удаляются два потока. Фаза, состоящая в основном из экстрагента (избирательно-растворителя), обычно называется фазой экстракта, а соответствующий конечный продукт – очищенным экстрактом; другая фаза, подвергаясь обработке избирательным растворителем, называется фазой рафината. Рафинатом или экстрактором может быть любая из фаз.

Типичная треугольная фазовая диаграмма с изображением процесса, схема которого приведена на рис. 1, показана на рис. 2, а. Это диаграмма для жидкой смеси типа I, для которой область взаимной нерастворимости компонентов примыкает только к одной стороне треугольника. Экстрагент S настолько близок химически компоненту В, что смеси В и S полностью взаимно растворимы. Однако химическая природа экстрагента S и компонента А различна, в результате чего бинарные смеси А и S разделяются на две жидкие фазы. Добавление компонента В к подобным смесям способствует повышению растворимости А в S, и наоборот. В критической точке обе фазы обращаются в одну. Составы слоев экстракта лежат справа от критической точки, а составы слоев рафината – слева от нее. RE представляет собой хорду равновесия (или конноду), соединяющую составы рафината и экстракта, находящиеся в термодинамическом равновесии друг с другом. Физическая смесь М исходного раствора и экстрагента расслаивается на фазы R и E. После удаления экстрагента из последних получают фазы R' и E'. Подоб-

ный процесс чаще включает многократное противоточное смешение и разделение (сепарацию) фаз, чем единичные контакт и сепарацию, отображенные на диаграмме.

На рис. 2, а видно, что концентрация компонентов В в очищенном экстракте ограничена вследствие замыкания области существования двух фаз в критической точке. Наиболее концентрированный экстракт, который может быть получен в данном случае, соответствует точке E.

В менее часто встречающихся системах типа II (рис. 2, в) возможно полное разделение компонентов А и В.

Избирательный растворитель сообщает противоположные термо-динамические свойства молекулам растворенного вещества в фазах экстракта и рафината. Для облегчения сепарации желательны наличие существенной разности плотностей фаз и большое межфазовое натяжение. В экстракторе любая из фаз может диспергироваться в другой, как показано на рис. 3. Экстрактор представляет собой, по существу, одно из колен двухжидкостного манометра, работающего так, чтобы поверхность раздела между фазами поддерживалась в верхней или нижней части рабочего объема аппарата. Если точка перелива (гидравлический затвор) расположена высоко, то столбы жидкости в аппарате и переливе балансируются, когда поверхность раздела фаз находится у верха аппарата (рис. 3, а); при более низком расположении точки перелива (рис. 3, в) поверхность раздела фаз поддерживается вблизи дна аппарата. На рис. 3, а более легкая фаза диспергируется в более тяжелой, причем последняя является сплошной. На рис. 3, в показано диспергирование более тяжелой фазы в легкой (сплошной). Коэффициент массопередачи и скорость захлебывания в противоточном экстракторе зависят от того, какая из фаз (легкая или тяжелая) является сплошной. При прочих равных условиях обычно лучше диспергировать фазу с большей объемной скоростью, чтобы обеспечить большую величину поверхности контакта фаз.

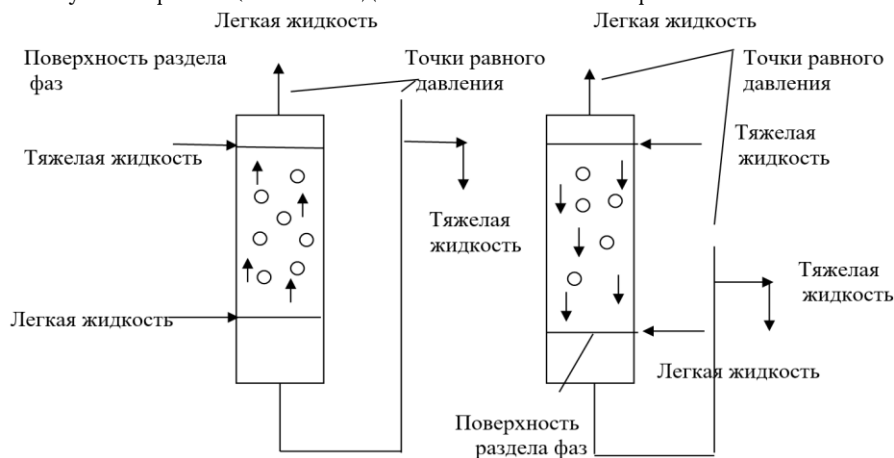


Рис. 3. Расположение поверхности раздела фаз в распылительных экстракторах:

а – легкая жидкость диспергируется в тяжелой; в – тяжелая жидкость диспергируется в легкой.

Проектирование аппаратуры для процессов жидкостной экстракции основывается на законах равновесия фаз, уравнениях скоростей массопередачи и материальных балансов, а также на закономерностях, описывающих производительность обо-

рудования. Ниже рассматриваются эти закономерности, за исключением вопросов производительности экстракционных аппаратов, которые будут освещены во втором томе.

Литература:

1. Массообменные процессы в технологии очистки сточных вод / Г.И. Келбалиев, Г.З. Сулейманов, С.Р. Расулов, Л.В. Гусейнова. – М.: Спутник, 2013. – 343 с.
2. Evolution of asphaltene instability and chemical control during production of live oils / K. Karan, A. Hammami, M. Flannery, A. Stankiewicz // Petroleum Science and Technology. – 2003. – Vol. 21. – № 3. – Pp. 629–645.
3. Матвеев В.Е., Кирсанов Е.А. Вязкость и структура дисперсных систем // Вестник Моск. ун-та. Химия. Сер. 2. – 2011. – Т. 52. – № 4. – С. 243–254.
4. Kelbaliyev G., Sarimeseli A. Modeling of drop coalescence in isotropic flow // J. of Dispersion Science and Technology. – 2005. – № 26. – Pp. 443–451.
5. Sarimeseli A., Kelbaliyev G. Modeling of the break-up of deformable particles in developed turbulent flow // Chemical Engineering Science. – 2004. – Vol. 59. – № 6. – Pp. 1233–1240.
6. Келбалиев Г.И., Расулов С.Р. Гидродинамика и массоперенос в дисперсных средах. – СПб.: Химиздат, 2014. – 568 с.
7. Келбалиев Г.И. Массообмен между каплей или газовым пузырем и изотропным турбулентным потоком // Теоретические основы химической технологии. – 2012. – Т. 46. – № 5. – С. 554–562
8. Баженов В.И. Комплексная рециркуляционная модель
9. Матвеев В.Е., Кирсанов Е.А. Вязкость и структура дисперсных систем // Вестник Моск. ун-та. Химия. Сер. 2. – 2011. – Т. 52. – № 4. – С. 243–254.
10. Kelbaliyev G., Sarimeseli A. Modeling of drop coalescence in isotropic flow // J. of Dispersion Science and Technology. – 2005. – № 26. – Pp. 443–451.
11. Гасанов А.А. Применение противоточной экстракционной очистки сточных вод для повторного использования // Химия и технология воды, 2018, т 40, № 3.