

ТЕХНОЛОГИЯ БЛОЧНОГО ВЫМОРАЖИВАНИЯ КАК ШАГ В БУДУЩЕЕ ВОДОПОДГОТОВКИ

Офатенко О.О., аспирант
Одесская Национальная Академия Пищевых Технологий,
кафедра процессов, аппаратов и энергоменеджмента, г.Одесса

Анализируются преимущества и недостатки процесса вымораживания как метода деминерализации воды. Рассмотрены тенденции развития низкотемпературных технологий водоподготовки. Показаны перспективы использования технологии блочного вымораживания в сравнении с другими методами, как по качеству получаемой воды, так и по денежным затратам на эксплуатацию.

Analyzed the advantages and disadvantages of freezing-out process in role of water demineralization method. Considered progress trends of low-temperature water treatment technologies. Demonstrated prospects of freezing-out block units technology in compare with other techniques both product quality and operating cost.

Ключевые слова: водоподготовка, блочное вымораживание, оптимизация, осциллирующий режим.

Вступление. Несмотря на то, что процесс вымораживания (ПВ) не используется широко в промышленном масштабе, он имеет некоторые преимущества. Возможно, наибольшим из них является очень низкое потребление энергии по сравнению с дистилляцией, можно достигнуть от 75% до 90% уменьшения энергии, требуемой для традиционного термического процесса. Также ПВ имеет преимущество в низкой рабочей температуре, что минимизирует проблемы с осаждением и коррозией. Недорогие пластичные или другие материалы могут использоваться при низких температурах, ПВ не требует шага предподготовки, поэтому можно избежать химикатов, необходимых для этого. Вдобавок, процесс не подвержен загрязнению, как в случае с мембранным разделением.

Высокий потенциал заключается в объединении ПВ с другими опреснительными методиками. Гибридный подход может обеспечить синергетику. Одно из наиболее обещающих решений – комбинация с ОО. Анализ отдельно взятых, а затем объединенных данных технологий показывает, что комбинированная система способна понизить энергопотребление до 13 и 17% сравнительно отдельно взятых обратноосмотической и вымораживающей установки соответственно. Также комбинированная система способна понизить до более чем 90% количество сброшенного рассола сравнительно отдельно взятой обратноосмотической установки той же производительности. Использование электрического и ультразвукового поля также может быть использовано для повышения эффективности.

Традиционно, недостатками ПВ в противовес выпариванию и обратному осмосу считают либо большие капитальные затраты либо сложность конструкции, в частности в силу трудности отделения льда от раствора. Кроме того, зарубежные способы требуют смывочно-сепарирующие колонны, определенные затраты пресной воды на обмывание льда или даже его разрушение и рекристаллизацию именно в силу отсутствия достаточной степени изученности методов качественного отделения льда от рассола. Также имеет место недостаток оптимизации работы установок.

Усовершенствование процесса вымораживания. Разработанная в ОНАПТ на кафедре процессов, аппаратов и энергоменеджмента технология блочного вымораживания, которая упрощает методику низкотемпературного опреснения, способна помочь в решении этих задач.

Как именно предлагается оптимизировать процесс?

Если рассмотреть кривую дренажирования блока льда (в качестве изначального раствора использовалась водопроводная вода), выращенного на горизонтальном пластинчатом кристаллизаторе блочной вымораживающей установки (рис.1), можно увидеть, что пик концентрации стоков приходится на отметку в 20 минут, а затем концентрация быстро падает в течении следующих 20 минут до уровня, относительно не на много превышающего уровень конечной талой воды.

Поэтому представляется целесообразным использование осциллирующего режима, а именно чередовать периоды наморозки льда с периодами его гравитационного дренажирования длительностью 20-40 минут с целью удаления наиболее концентрированного рассола, и таким образом улучшить качество конечной талой воды.

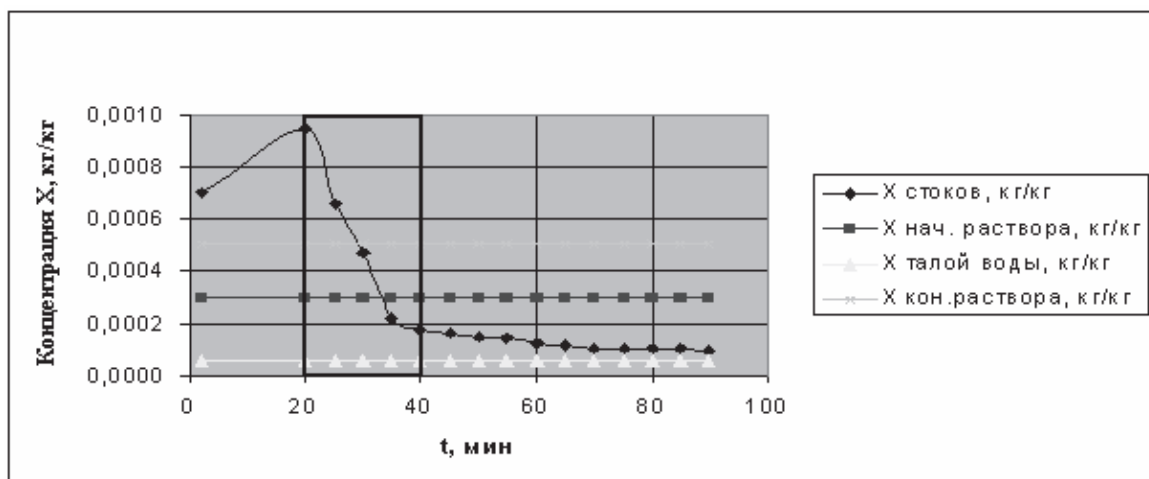


Рис. 1 – Кривая дренажирования

Проведений ряд експериментів з чередуючимися періодами наморозки і дренажирования довільністю 40 минут показав, що при збільшенні кількості n таких циклів концентрація стоков X_c збільшується, а в кінцевому блоці льда X_d – знижується (рис. 2 і 3).

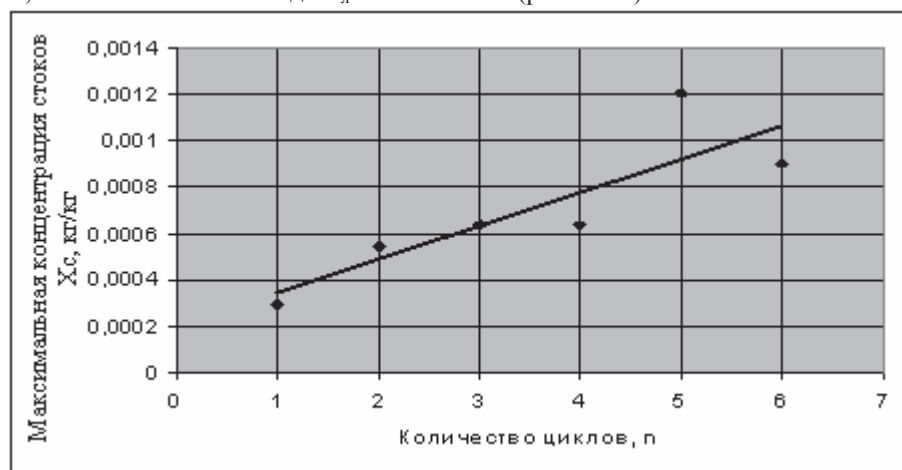


Рис. 2 – Зависимость X_c от n

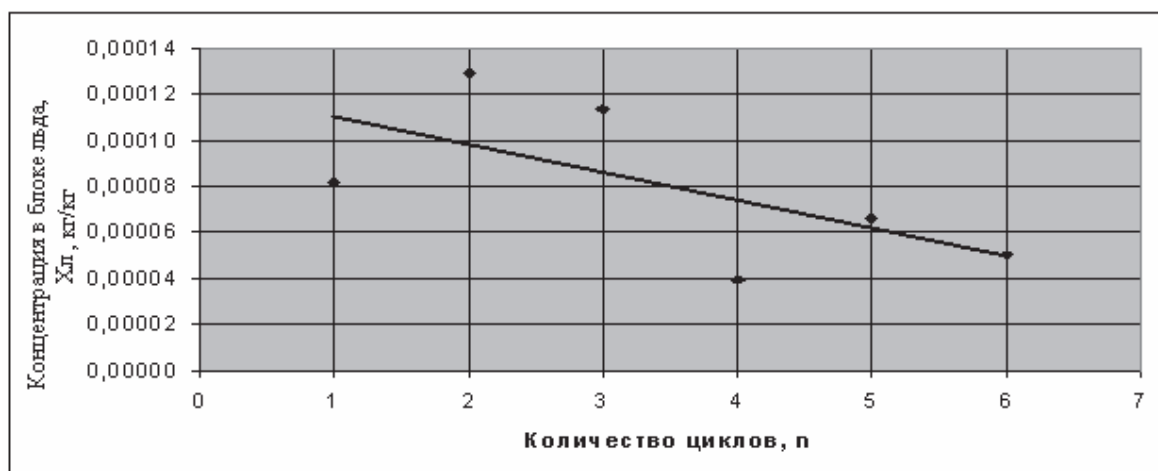


Рис. 3 – Зависимость X_d от n

Здесь можно проследить аналогию с процессом образования айсберга – чем более длителен процесс, тем чище получается лед и соответственно талая вода. За указанное количество циклов удастся получить

воду с концентрацией 0,0000234 кг/кг, или чуть больше 23 мг/кг, при повторном вымораживании полученной воды – с практически нулевой концентрацией (не фиксируется ТДС-метром) в то время как концентрация аптечного дистиллята 0,000055 мг/кг, или 55 мг/кг, а требования, например, для водочной промышленности – 100 мг/кг, для гальванических производств – 2,5-10 мг/кг (данные пересчитаны в мг/кг из значений удельной электропроводности, мСм/см). То есть блочное вымораживание в осциллирующем режиме при увлечении количества циклов может вполне посостязаться с электродиализом или ионным обменом в задаче получения сверхчистой воды. Тем более не приходится говорить про норму в 500-1000 мг/кг для питьевой воды. На рис.4 показано сравнение предварительного расчета себестоимости воды, полученной по низкотемпературной технологии (из затраченной электроэнергии) и бутилированной.

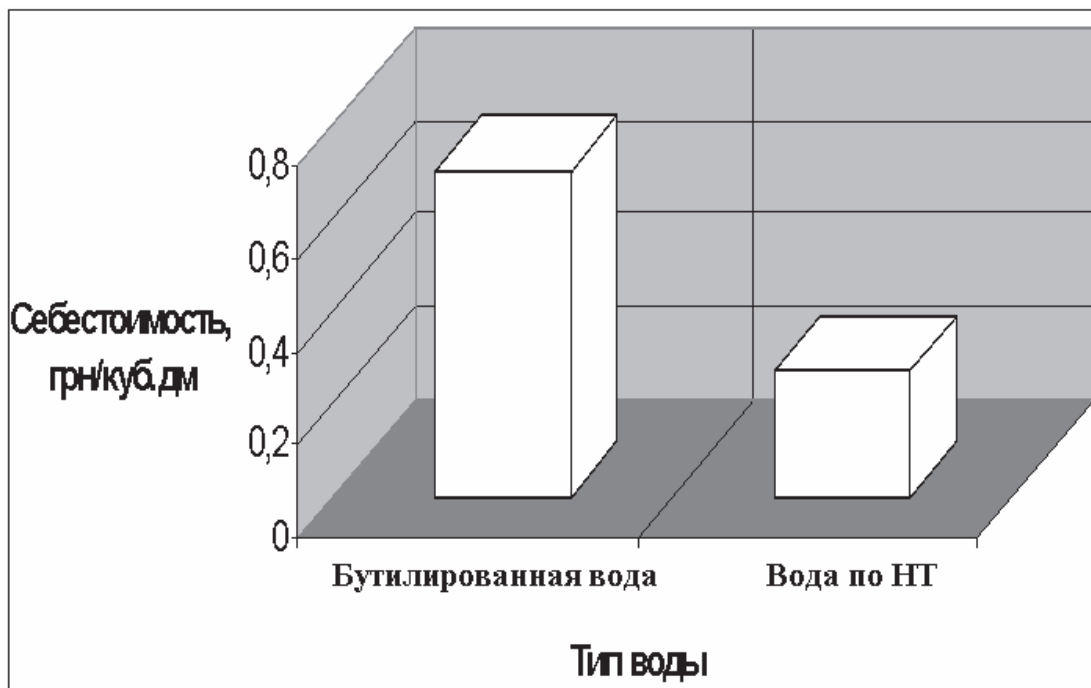


Рис. 4 – Сравнение себестоимости

Цифры таковы: 27 коп. за литр вымороженной воды и 70 коп. за литр бутилированной, что говорит об экономическом преимуществе блочного вымораживания при производстве талой воды даже при сравнении с бутилированной.

Выводы

Ожидается, что применению ПВ предстоит пройти большое количество испытаний, т.к. существует много других жизнеспособных технологий водоподготовки. Поддержка ПВ очень низка по сравнению с обратным осмосом и многоступенчатой выпаркой. Стойкие неправильные представления или даже мифы навредили коммерческой разработке ПВ как конкурентоспособного процесса опреснения. В прошлом ПВ даже представляли как практически невозможный и экономически нецелесообразный метод. К счастью, есть определенные группы людей в университетах, в индустрии, и связанных организациях, кто понимает, что когда-то будет разработан ПВ, в котором достигаются все необходимые цели. Это очевидно из литературы, где описано большое количество разнообразных вариантов проведения водоподготовки низкотемпературными методами. Представляется, что значительным шагом в данном направлении будет оптимизация технологии блочного вымораживания.

Литература

1. Рябчиков, Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования [Текст]. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 17-19 ст. – ISBN 5-94343-066-0.
2. Рахман, М.Ш. Процесс вымораживания: обзор сегодняшнего состояния и будущих перспектив. [пер. с англ.] / М. Ш. Рахман, Ахмед М, Чен Х.Д.
3. Бурдо О.Г., Офатенко О.О. Анализ процессов деминерализации воды [Текст] // 36. науч. праця ОНАХТ. – Одеса, 2009. – Вип. 35. – С.287-292.