

## **АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ РЕГЕНЕРАЦІЇ І ОЧИЩЕННІ БОРНОГО КОНЦЕНТРАТУ НА АЕС**

Нагорний ЄА.

Науковий керівник – доц. каф. «Технології води та палива», канд. техн. наук Дорож О.А.

Існує досить багато способів видалення бору з води: осадження та співосадження в вигляді важкорозчинних сполук; сорбція неорганічними сорбентами та з допомогою сорбентів на основі подвійних гідроксидів металів; сорбція іонами, в тому числі селективними по бору; мембранна технологія.

Проблема видалення бору з теплоносія 1 контуру АЕС, так само, як і з природних чи стічних вод пов'язана з тим, що бор в більшості випадків у воді знаходиться у вигляді ортоборної кислоти ( $H_3BO_3$ ), яка слабо дисоціює в воді. Помітний зсув рівноваги в бік утворення дігідроборат-іону і гідроборат-іону відбувається тільки при  $pH = 9...10$ . Від цього залежить, наскільки добре можна видалити бор з води таким методом як, наприклад, зворотний осмос, тому що незаряджена ортоборна кислота не затримується на зворотноосмотичних мембранах, тоді як дігідроборат-іони і гідроборат-іони добре затримуються мембранами.

Для умов очищення борного концентрату на АЕС застосування двох перших методів виглядає мало припустимим, в зв'язку з відсутністю нормативної бази, утворенням важкорозчинних з'єднань та відсутністю неорганічних сорбентів для обробки радіоактивних середовищ.

В сучасних умовах на спецводоочистках АЕС (СВО2, СВО4, СВО6) застосовують обробку борних розчинів аніонообмінними смолами. Динамічна обмінна ємність аніонообмінних смол по відношенню до борат-іонів залежить перш за все від природи іоніту, характеру його функціональних груп, а також від вихідної сольовий форми іоніту. В ОН-формі ефективно застосування сильноосновних іонообмінних смол. Відомо, що іонообмінні смоли можуть поглинати нейтральні молекули шляхом утворення комплексів з іонами, що знаходяться у фазі смоли. Так, наприклад, аніоніт, насичений  $B(OH)_4$  завдяки послідовним реакцій конденсації, що призводить до утворення поліборатов, поглинає борну кислоту в значно більших кількостях, ніж цей же аніоніт в інших сольових формах, які не реагують з  $H_3BO_3$ . За рахунок комплексоутворення в фазі іоніту можна очікувати підвищення поглинання бору на аніонітах; насичених аніонами оксикислот, так як взаємодія з гідроксилвмісними сполуками є характерним для борної кислоти.

Тези доповідей 52-ої наукової конференції молодих дослідників ОНПУ-магістрантів «Сучасні інформаційні технології та телекомунікаційні мережі» //Одеса: ОНПУ, 2017, вип. 52

При вивченні процесу поглинання бору аніонами виявляється явна залежність сорбції від рН розчину. Для монофункціональних сільноосновних аніонітів типу АВ-17 найбільший вплив робить зміна форм існування бору в розчині і їх вибірковості до смолі. Максимальна сорбція бору з таких розчинів спостерігається при рН 10,5-11,0.

Відомі бороселективні іоніти PUROLITE S-108 (виробництво Purolite) і BSR-1 (виробництво DowChemical). PUROLITE S-108 і BSR-1 є макропористі аніонообмінні смоли на полістирольній основі, мають в якості функціональних груп амінокомплекси, які мають високу селективність і ємність по бору. Вони спеціально розроблені для селективного видалення аніонів солей бору з водних розчинів. Ці смоли ефективно працюють в розчинах з діапазоном значень рН = 6...10 в дуже широкому інтервалі концентрацій бору, при температурі в межах 60 °С. Обмінна ємність даних іонітів близько 700 мг-екв / л. Дані іоніти можуть знижувати концентрацію бору в водних розчинах на порядок навіть в тих випадках, коли концентрація інших іонів досить висока. Певна складність при використанні цих іонітів викликана тим, що після проведення декількох регенерацій розчином хлориду натрію потрібне проведення послідовної регенерації кислотою і лугом.

Мембранні методи підготовки води є оптимальними і рентабельними для вирішення проблем опріснення і видалення бору і боратів. Однак, в той час як затримує здатність цього методу за основними солям становить 98% і вище, затримка бору в традиційних умовах становить лише 40-60%. Хоча ефективність зворотного осмосу вище на 5-30%, ніж, наприклад, коштовна схема очищення на гідроксиді цирконію.

Дані з вилучення бору з розчинів різними методами свідчать про суттєву залежність цих процесів від багатьох чинників. Очевидно, що для підвищення ступеня затримки бору в процесах мембранного опріснення боровмісних розчинів необхідне створення оптимальних умов, таких, як рН, температура і т.д.

Для вирішення проблеми бору в пермеаті і зниження витрат на цей процес в сучасних зворотноосмотичних установках практикується паралельне використання вузлів бороселективної сорбції та зворотноосмотичної обробки при високих значеннях рН.

На лабораторній установці зворотного осмосу на кафедрі технології води та палива ОНПУ було проведено серію експериментальних дослідів з мембраною TFC-3012-200. За експериментальними даними розрахована селективність мембрани та коефіцієнт концентрування, визначена залежність питомої проникності і відносного виходу перміату перед мембраною від тиску (рис. 1).

Встановлено, що питома проникність в робочому інтервалі тиску має майже постійне значення. А відносний вихід складає не більше 45 %. Селективність мембрани для різних складових відрізняється від паспортних значень, особливо для  $B^+$  та  $K^+$ , яка складає 85-86 %.

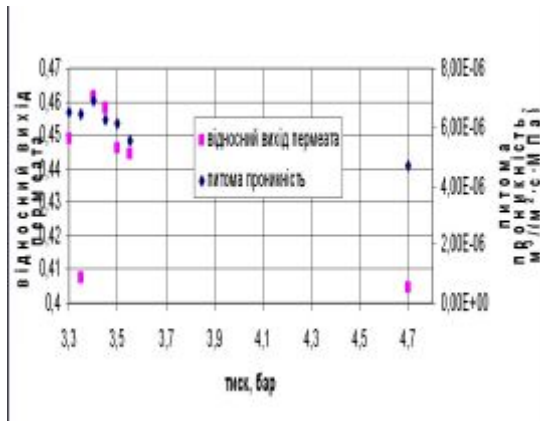


Рис. 1 Залежності питомої проникності та відносного виходу пермеату перед мембраною від тиску

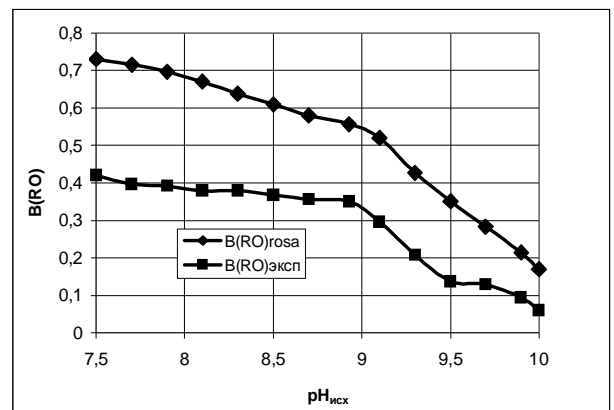


Рис.2 . Експериментальна і розрахункова залежності концентрації бору в пермеаті від величини рН води

Результати досліджень селективності мембрани можна застосувати для проектування реальних схем обробки теплоносія першого контуру АЕС з застосуванням іонного обміну та зворотного осмосу.

Для розрахунку теоретичних значень концентрацій бору в очищеній воді була використана програма Rosa (ReverseOsmosisSystem Analysis компанії FimTecCorporation). Дані, отримані в ході експерименту і теоретичні, розраховані за програмою Rosa , наведені на рис. 2. Видно, що ефективніше видалення бору відбувається при високих значеннях рН вихідної води як в теоретичних розрахунках, так і згідно з даними експерименту. Підвищення рН більше 10 є небажаним для матеріалів, з яких виготовлені зворотноосмотичні мембрани, тому оптимальний режим видалення бору з води методом зворотного осмосу відповідає рН = 9,5...10,0.

Список літератури

1. Кишневский В.А. Технологии подготовки воды в энергетике //В.А. Кишневский // Одесса: 2008, - 400 с.
2. Карелин Ф.Н., Таратута В.Е., Юрчевский Е.Б. Принцип использования обратноосмотического обессоливания на электростанциях. Теплотехника. – 2003. N 7. – с. 8-10.
3. Мельник Л.А. Современное состояние проблемы удаления бора из морских и солоноватых вод в процессе обратноосмотического опреснения //Химия и технология воды. – 2010. – 32, № 5. – С. 559-571.4.
4. М.М. Соколова, Т.К. Томчук, Л.Г. Черанева, О.В. Нагорный «Извлечение ионов бора из растворов с помощью сорбентов на основе двойных гидроксидов металлов» Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология № 1 /2013, с. 144 – 155.  
<http://cyberleninka.ru/article/n/izvlechenie-ionov-bora-iz-rastvorov-s-pomoschyu-sorbentov-na-osnove-dvoynyh-gidroksidov-metallov#ixzz4F2IKXE3Q>