

АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНОГО ОФОРМЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМЕМБРАННЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ, РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ И СТОЧНЫХ ВОД ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Коновалов Д.Н.¹, Ковалев С.В.¹, Луа П.¹, Ковалева О.А.^{1,2}

¹*Тамбовский государственный технический университет;*

²*Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина, гТамбов*

Ключевые слова: очистка, разделение, раствор, аппарат, электродиализ, мембрана, процесс.

Аннотация. В статье проведен анализ конструктивного оформления электромембранных аппаратов (например, электродиализаторов) для очистки, разделения и концентрирования технологических растворов и сточных вод машиностроительных, химических производств, предприятий аграрного сектора и др., показывающий, что электродиализные аппараты являются высокоэффективными для улучшения экологической ситуации при утилизации жидких отходов промышленных предприятий.

ANALYSIS OF THE DESIGN OF ELECTROMEMBRANE DEVICES FOR PURIFICATION, SEPARATION AND CONCENTRATION OF PROCESS SOLUTIONS AND INDUSTRIAL WASTE WATER

Kononov D.N.¹, Kovalev S.V.¹, Lua P.¹, Kovaleva O.A.^{1,2}

¹*Tambov State Technical University;*

²*Tambov State University named after G.R. Derzhavin, Tambov*

Keywords: purification, separation, solution, apparatus, electrodialysis, membrane, process.

Abstract. The article analyzes the design of electromembrane devices (for example, electrodialyzers) for the purification, separation and concentration of technological solutions and wastewater from machine-building, chemical industries, agricultural enterprises, etc., showing that electrodialysis devices are highly effective for improving the environmental situation when disposing of liquid industrial waste.

Одним из высокоэффективных процессов очистки сточных вод [1-3] является электродиализ, который основан на разделении ионизированных веществ под действием электродвижущей силы, создаваемой в растворе по обе стороны мембран. Этот процесс широко используют для опреснения соленых вод. В последнее время его начали применять и для очистки промышленных сточных вод.

Аппарат (рис. 1) относится к электромембранной технике разделения растворов, в котором присутствуют камеры обессоливания и концентрирования, разделенные ионообменными мембранами, электродные камеры, а также имеются засыпки в виде гранул ионообменной смолы, расположенной в одно зерно и другие элементы. Техническая задача предлагаемого устройства – разработка конструкции электродиализатора, позволяющего увеличить степень очистки воды, в том числе, более полно удалить поликремниевые кислоты, угольную кислоту и другие слабоионизированные соединения, а также увеличить производительность электродиализатора и снизить расход электроэнергии на процесс деминерализации воды [4].

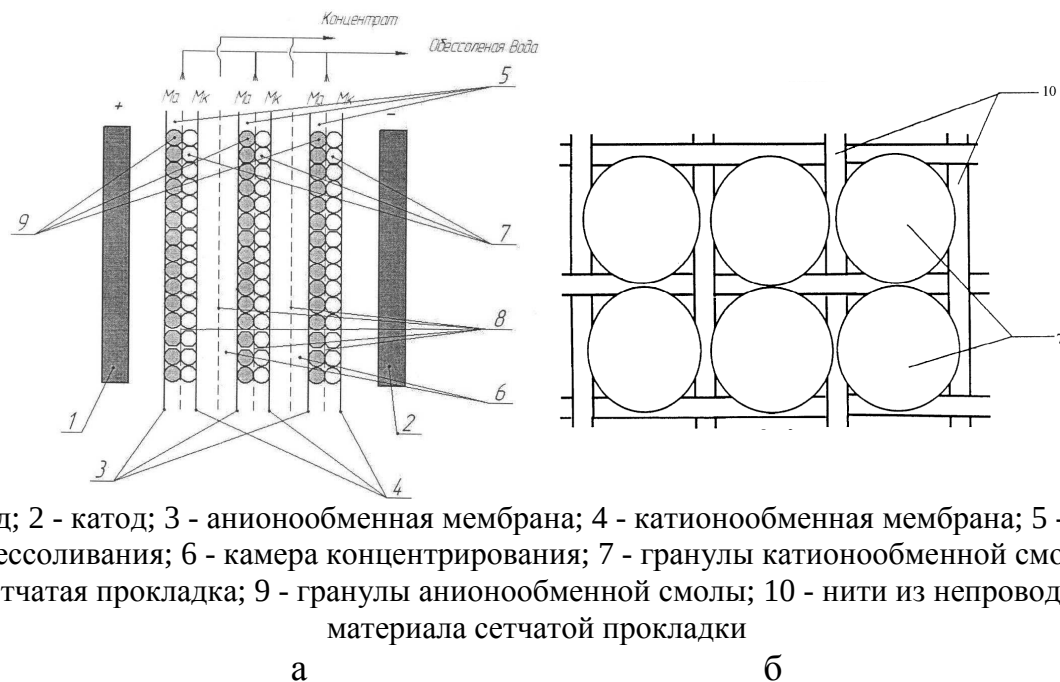


Рис. 1. Электродиализатор, схема (а) и вид сверху (б)

Аппарат относится к области электродиализной обработки и концентрирования растворов, оснащение которого показано на рисунке 2. Техническая задача предлагаемого устройства – разработка способа концентрирования растворов и конструкции электродиализатора, позволяющих значительно увеличить степень концентрирования растворов [5].

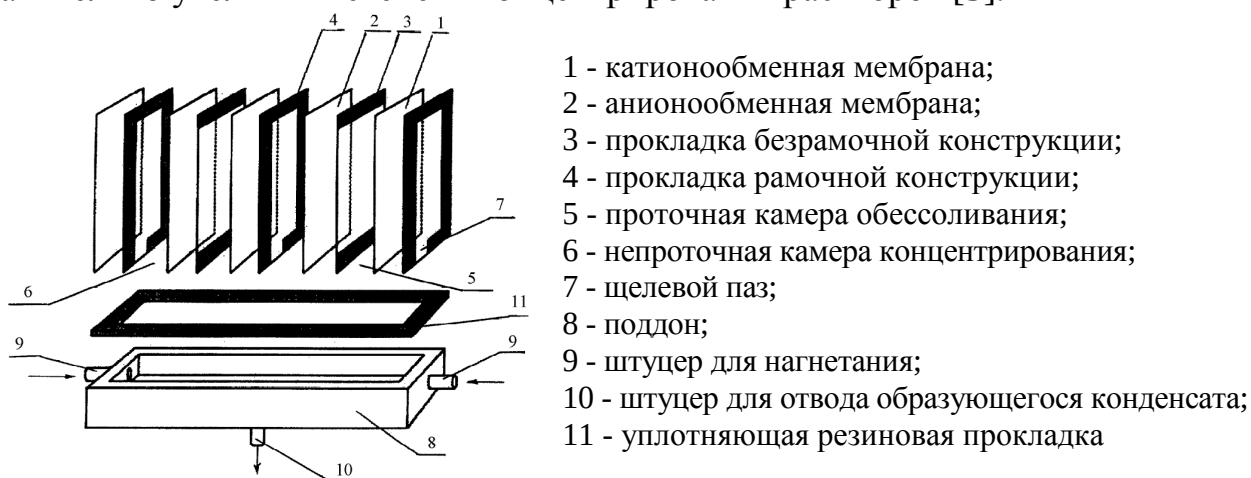


Рис. 2. Электродиализатор

Конструкция электромембранного аппарата (рис. 3) состоит из биполярных катионообменных мембран, образуемых, таким образом, щелочных, кислотных и солевых камер. Техническим результатом предлагаемой конструкции является разработка экологически чистого способа, не требующего использования минеральной кислоты [6].

Конструкцию устройства (рис. 4) можно отнести к способам осаждения кремнезема и полезных химических соединений из гидротермальных теплоносителей. Аппарат состоит из анодной, катодной и полупроницаемой мембран при действии в аппарате анодной плотности тока ($10-40 \text{ А/м}^2$) [7].

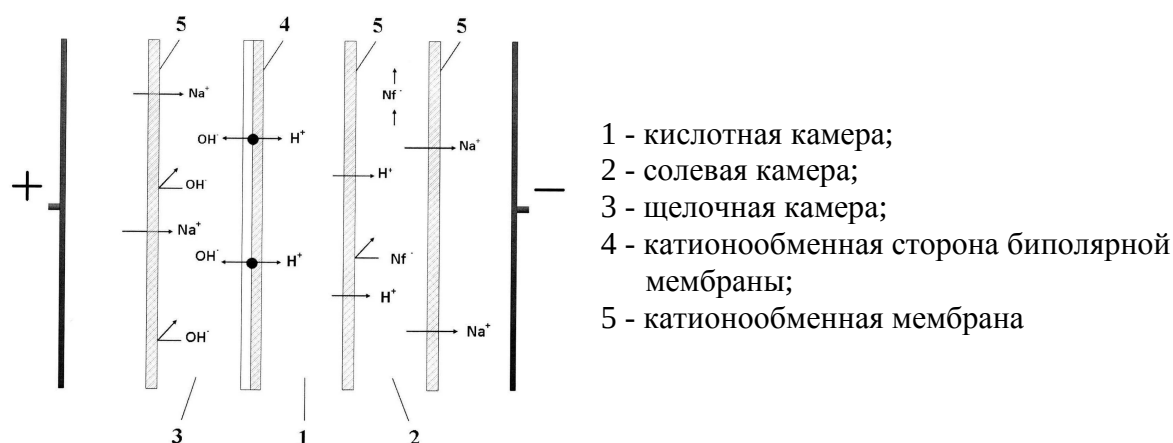


Рис. 3. Электродиализатор-синтезатор

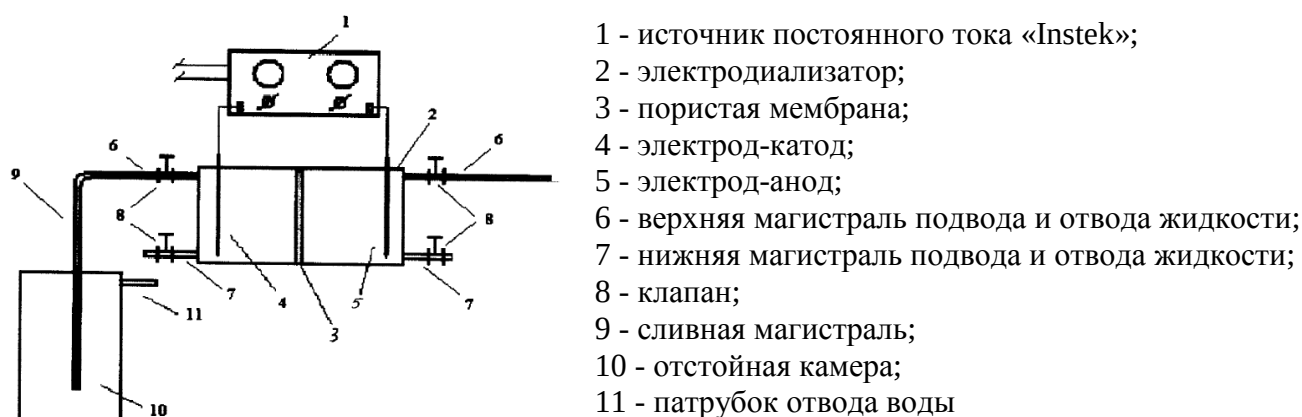
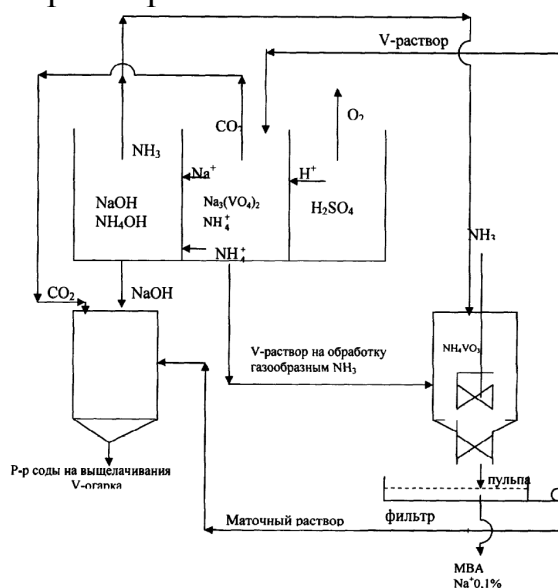
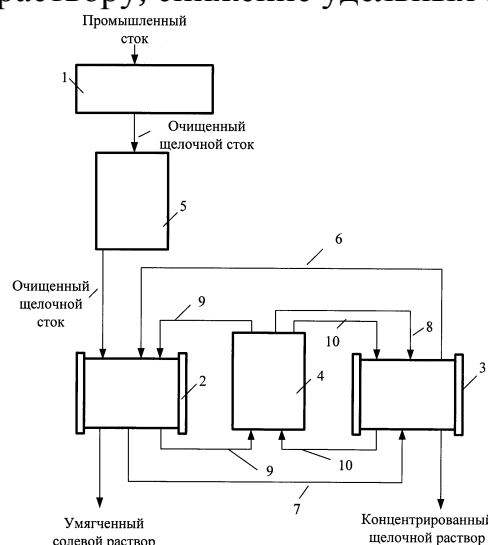


Рис. 4. Электродиализатор

Электродиализный аппарат (рис. 5) относится к способам осаждения ванадия из водных растворов и может быть использован в гидрометаллургии редких тугоплавких металлов, в частности получения оксида ванадия (V^{+5}) высокой чистоты. Технической задачей является повышение интенсивности осаждения ванадия при сбросе промышленных сточных вод [8].

Рис. 5. Схема одновременного мембранного вывода щелочного металла из раствора ванадия в присутствии NH_4^+ и осаждение поливанадатов

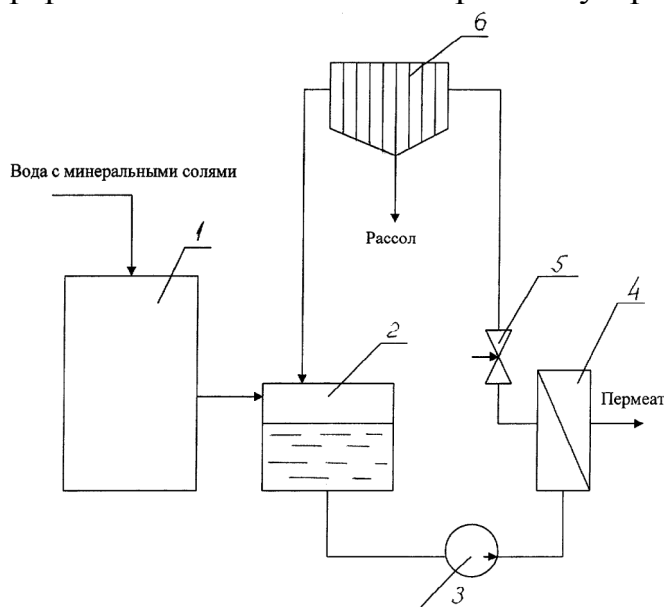
Конструкция устройства (рис. 6) обеспечивает увеличение производительности по умягченному солевому и щелочному технологическому раствору, снижение удельных энергозатрат и упрощение схемы разделения [9].



- 1 - блок предварительной очистки;
- 2 - блок первой ступени;
- 3 - блок второй ступени;
- 4 - первый бак блока рециркуляции;
- 5 - второй бак блока рециркуляции;
- 6 - линия подачи дилуата второй ступени;
- 7 - линия подачи по последовательной схеме диализата первой ступени;
- 8 - линия подачи щелочного раствора из первого бака в камеру концентрирования блока второй ступени;
- 9 - линия циркуляции щелочного (промывочного) раствора первой ступени;
- 10 - линия циркуляции щелочного (промывочного) раствора второй ступени

Рис. 6. Технологическая блок-схема установки электромембранного получения умягченного солевого раствора и концентрированного щелочного раствора из щелочных высокоминерализованных промышленных стоков

Устройство (рис. 7) можно отнести к атомной энергетике при разделении радиоактивных технологических растворов, который состоит из блока промежуточной очистки, емкостей, электромембранного аппарата, баромембранного аппарата и насоса. Результатом технического решения является непрерывность и стабильность работы устройства [10].



- 1 - блок предварительной очистки;
- 2 - промежуточная емкость;
- 3 - насос;
- 4 - аппарат обратного осмоса;
- 5 - регулирующий клапан;
- 6 - электромембранный концентратор

Рис. 7. Блок-схема устройства для обессоливания ЖРО

Проведя анализ электродиализаторов можно сделать вывод, что электромембранные аппараты являются высокоэффективными, в том числе и для очистки, разделения и концентрирования технологических растворов и сточных вод машиностроительных, химических производств, предприятий аграрного сектора и др.

Список литературы

1. Сравнительное исследование традиционных и электрохимических мембранных методов разделения растворов гальванических и химических производств / Д.Н. Коновалов, С.В. Ковалев, П. Луа, С.И. Лазарев // Вестник технологического университета. – 2019. – Т. 22, № 10. – С. 62-67.
2. A New electrobaric membrane system for separation of solutions / S.I. Lazarev, S.V. Kovalev, O.A. Kovaleva and D.N. Konovalov // Russian Engineering Research. – 2020. – V. 40, № 3. – P. 198-201.
3. Совершенствование электрохимического мембранного аппарата для разделения технологических растворов / С.И. Лазарев, Д.Н. Коновалов, С.В. Ковалев, П. Луа, А.А. Левин // Тезисы докладов II Международной конференции «Фундаментальные и прикладные вопросы электрохимического и химико-каталитического осаждения и защиты металлов и сплавов», памяти чл.-корр. Ю.М. Полукарова. 15-16 октября 2020г. – М.: ИФХЭ РАН, 2020. – С. 120.
4. Патент №2380145 РФ. Многокамерный электродиализатор глубокой деминерализации / В.И. Заболоцкий, Е.И. Ташлыков; заявитель и патентообладатель ООО «Инновационное предприятие «Мембранная технология». – № 2007146524/15; заявл. 12.12.2007; опубл. 27.01.2010, Бюл. №3. – 7 с.
5. Патент №2398618 РФ. Способ концентрирования растворов электролитов и электродиализатор для его осуществления / В.И. Заболоцкий, А.В. Демин, О.М. Окулич, В.Ю. Лакунин, И.В. Слугин; заявитель и патентообладатель ООО «Инновационное предприятие «Мембранная технология». – № 2008137905/15; заявл. 22.09.2008; опубл. 10.09.2010, Бюл. № 25. – 6 с.
6. Пат. № 2670966 РФ. Способ получения нафтенных кислот / В.И. Заболоцкий, А.Р. Ачох, С.С. Мельников; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет». – № 2017143987; заявл. 14.12.2017; опубл. 26.10.2018; коррекция опубл. 21.11.2018, Бюл. № 33. – 15 с.
7. Патент №2323889 РФ. Способ извлечения кремнезема из гидротермального теплоносителя / А.С. Латкин, В.Е. Лузин, Б.Е. Паршин, В.М. Моргун, О.Л. Басманов, Т.П. Белова; заявитель и патентообладатель ООО «Геотерм». – № 2006124073/15; заявл. 04.07.2006; опубл. 10.05.2008, Бюл. № 13. – 7 с.
8. Патент №2374343 РФ. Способ выделения ванадия из водных натрийсодержащих растворов / В.А. Козлов, А.А. Карпов, В.В. Вдовин, А.А. Печенкина; заявитель и патентообладатель ТОО «НПО «Ванадий-катализатор». – № 2008111246/02; заявл. 24.03.2008; опубл. 27.11.2009, Бюл. № 33. – 8 с.
9. Патент №2548985 РФ. Установка электромембранного получения умягченного солевого раствора и концентрированного щелочного раствора из щелочных высокоминерализованных промышленных стоков / Н.Д. Чичирова, А.А. Чичиров, С.М. Власов, С.С. Паймин, А.А. Коровкин; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Казанский государственный энергетический университет». – № 2014107654/05; заявл. 27.02.2014; опубл. 20.04.2015, Бюл. № 11. – 9 с.
10. Патент №2275337 РФ. Устройство для обессоливания жидких радиоактивных отходов / К.Н. Куликов, Д.В. Адамович; заявитель и патентообладатель ФГУП «НИПТБ «Онега». – № 2004132663/15; заявл. 09.11.2004; опубл. 27.04.2006, Бюл. № 12. – 5 с.

Сведения об авторах:

Коновалов Дмитрий Николаевич – к.т.н., доцент ТГТУ, Тамбов;

Ковалев Сергей Владимирович – д.т.н., доцент, профессор ТГТУ, Тамбов;

Луа Пепе – аспирант, ТГТУ, Тамбов;

Ковалева Ольга Александровна – д.т.н., доцент, профессор ТГТУ, ТГУ им. Г.Р. Державина, Тамбов.