

Показано, что при дозе $\Phi = 2 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$ абсолютное значение $\beta < 70$ выходит за нормы технических условий для всех исследуемых транзисторов.

Литература

1. *Ермаков С. Ф., Минин В. Е., Гаврилов Г. С.* Биполярные транзисторы. Гомель. 2008. 72 с.
2. *Тогатов В. В.* Биполярные транзисторы. Санкт-Петербург. 2004. 43 с.
3. Измеритель параметров полупроводниковых приборов ИППП-1\6, руководство по эксплуатации, УШЯИ.411251.003 РЭ. 40 с.
4. *Вавилов В. С., Киселев В. Ф., Мукашев Б. Н.* Дефекты в кремнии и на его поверхности. М. 1990. 216 с.
5. *Коришунов Ф. П., Гатальский Г. В., Иванов Г. М.* Радиационные эффекты в полупроводниковых приборах. Мн. Наука и техника. 1978 г. 231 с.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕССОЛИВАНИЯ ВОДЫ ДЛЯ АЭС И КОНТРОЛЬ ЕЕ КАЧЕСТВА МЕТОДОМ ИОННОЙ ХРОМАТОГРАФИИ

Е. С. Орлова

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время одним из наиболее распространенных типов реакторов являются реакторы ВВЭР, в которых от качества воды как основной технологической среды во многом зависит безопасность работы атомной электростанции. Природная вода из поверхностных или подземных источников не может быть непосредственно использована для целей энергетики. Основной причиной является высокое содержание в ней ионов, которые при попадании в технологический контур АЭС приводят к сильному снижению срока эксплуатации оборудования, увеличению частоты и сроков проводимого ремонта, увеличению вероятности аварийных ситуаций, возрастанию экономических затрат, что в конечном счете может сделать вырабатываемую энергию в разы дороже. Вследствие этого необходима очистка природной воды с целью получения химически обессоленной воды, соответствующей необходимым нормам и требованиям [1]. При этом выбор и разработка схем очистки во многом зависит от данных, полученных при проведении химико-аналитического контроля воды.

С целью оценки химического состава воды применяется большое количество методов анализа, включая титриметрический, потенциометрический, кондуктометрический, турбидиметрический, методы атомно-адсорбционной и атомно-эмиссионной спектrophотометрии и др. [2].

Особенностью аналитического контроля технологических сред на АЭС является необходимость определять содержание аналитов на уровне чрезвычайно низких концентраций – единиц мкг/дм³. В настоящее время для химико-аналитического контроля воды используют метод ионной хроматографии, который отвечает этим требованиям и позволяет за короткий промежуток времени провести качественный и количественный анализ основных ионов, содержащихся в природной воде [3].

Цель работы: изучение технологического процесса химического обессоливания воды путем моделирования трехступенчатой схемы ионирования с последующим контролем качества воды методом ионной хроматографии.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В качестве объекта исследования была выбрана вода реки Вилии. Отбор проб осуществлялся в соответствии с СТБ ГОСТ Р 51592-2001 и проводился в Сморгонском районе Гродненской области в октябре 2015 г. Оценку ионного состава воды проводили с помощью ионного хроматографа 850 Professional IC AnCat фирмы «Metrohm». Разделение анионов осуществляли на колонке Metrosep A Supp 7 – 250/C4, заполненной поливиниловым спиртом с четвертичными аммониевыми группами, а катионов – на колонке Metrosep C4 – 250/4.0, заполненной силикагелем с карбоксильными группами. В качестве элюента для разделения катионов использовали раствор азотной кислоты 2,5 ммоль/дм³, а для разделения анионов – раствор карбоната натрия 6,4 ммоль/дм³ и бикарбоната натрия 2,0 ммоль/дм³. Детектирование осуществлялось кондуктометрическим детектором 850 iDetector, обработка пиков производилась при помощи программного пакета MagIC NetTM. Калибровку хроматографа осуществляли с помощью стандартных растворов фирмы «Fluka», содержащих анионы F⁻, Cl⁻, Br⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻, PO₄³⁻ и катионы Li⁺, Na⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺. Для приготовления всех растворов была использована деионизированная вода с удельным сопротивлением 0,055 мкСм/см, для получения которой использовали прибор Siemens Ultra Clear TWR Series.

Для изготовления ионообменных колонок использовали катионит КУ-2-8 ЧС в Н-форме и анионит АВ-17-8 ЧС в ОН-форме. Для проведения эксперимента были изготовлены 5 колонок высотой 47 мм и диаметром 30 мм каждая, пятая колонка моделировала фильтр смешанного действия (ФСД). Колонка ФСД была загружена смешанной шихтой в соотношении катионита к аниониту 1:2. Затем составлялась схема обессоливания (рис. 1), через которую пропускалась природная вода со ско-

ростью 1 мл/мин. Процесс трехступенчатого обессоливания природной воды смоделирован на основе второй стадии химводоочистки (ХВО) АЭС по схеме Н1-ОН1-Н2-ОН2-ФСД, аналогичной схемам ХВО Южно-Украинской и Калининской АЭС [4, 5].

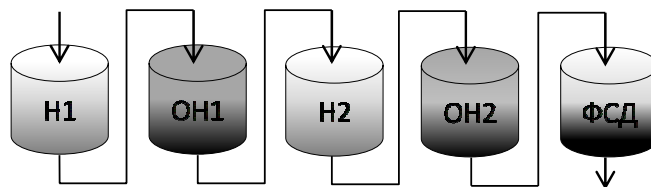


Рис. 1. Экспериментальная схема обессоливания природной воды:
Н1 – катионитный фильтр 1-ой ступени; ОН1 – анионитный фильтр 1-ой ступени;
Н2 – катионитный фильтр 2-ой ступени; ОН2 – анионитный фильтр 2-ой ступени;
ФСД – фильтр смешанного действия

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе работы построены калибровочные кривые зависимости площади пика от концентрации иона и получены хроматограммы образцов природной и обессоленной воды, отобранной на разных ступенях ионирования. Результаты представлены на рис. 2, 3 и в таблицах 1–4.

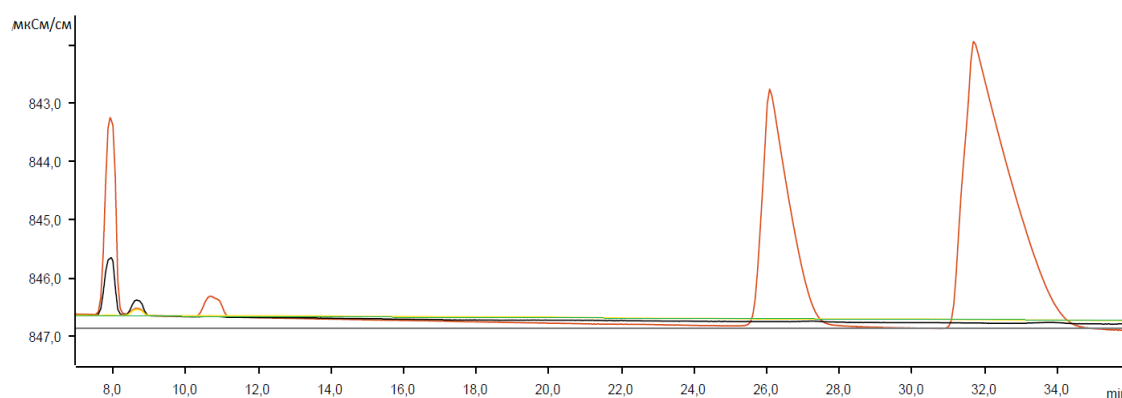


Рис. 2. Сравнительная хроматограмма образцов воды.
Определение содержания катионов
(колонка Metrosep C4 – 250/4.0, элюент – HNO_3 2,5ммоль/дм³):

- красная линия — хроматограмма природной воды из р. Виляя;
- черная линия — хроматограмма воды из р. Виляя, прошедшей 1-ую ступень Н-катионирования;
- желтая линия — хроматограмма воды из р. Виляя, прошедшей 2-ую ступень Н-катионирования;
- зеленая линия — хроматограмма воды из р. Виляя, прошедшей 3 ступени обессоливания

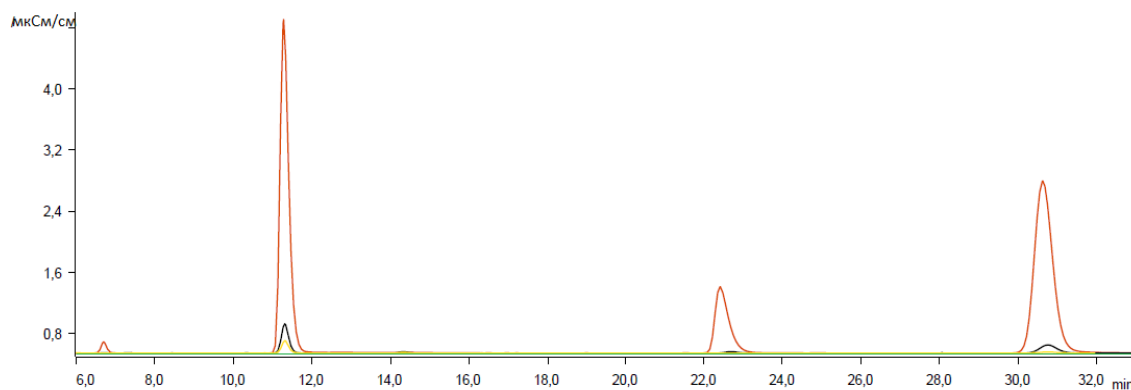


Рис. 3. Сравнительная хроматограмма образцов воды.
Определение содержания анионов (колонок Metrosep A Supp 7 – 250/C4,
элюент – Na_2CO_3 6,4 ммоль/дм³ и NaHCO_3 2,0 ммоль/дм³):

- хроматограмма природной воды из р. Вилия;
- хроматограмма воды из р. Вилия, прошедшей 1-ую ступень ОН-анионирования;
- хроматограмма воды из р. Вилия, прошедшей 2-ую ступень ОН-анионирования;
- хроматограмма воды из р. Вилия, прошедшей 3 ступени обессоливания

Таблица 1

Содержание катионов в пробах воды р. Вилия

Катион	Концентрация, мг/дм ³
Na^+	23,775
K^+	5,178
Mg^{2+}	42,170
Ca^{2+}	150,871

Таблица 2

Содержание анионов в пробах воды р. Вилия

Анион	Концентрация, мг/дм ³
Cl^-	10,279
NO_3^-	7,401
SO_4^{2-}	16,232

Как следует из таблиц 1 и 2, в образцах воды обнаружены Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} -анионы. Содержание SO_4^{2-} -аниона не превышает ПДК в воде водоемов хозяйственно-питьевого назначения (500 мг/л). Содержание NO_3^- -ионов составляет 7,401 мг/дм³, что не превышает ПДК (45 мг/л), однако наличие нитратов свидетельствует о загрязненности воды вследствие сельскохозяйственной деятельности [2]. Содержание ионов калия и натрия, хлорид-ионов также не превышает нормативы, установленные для пресных вод. Из катионов преимущественно содержатся кальций и магний, обуславливающие жесткость воды. Содержание ионов лития, фторид-, бромид- и фосфат-ионов в воде – ниже пределов обнаружения.

Таблица 3

Содержание катионов в пробах воды на разных ступенях обессоливания

Катион	Содержание в исходной воде, мг/дм ³	Содержание в Н1-катионированной воде, мг/дм ³	Степень очистки, %	Содержание в Н2-катионированной воде, мг/дм ³	Степень очистки, %	Содержание в воде, прошедшей 3 ступени обессоливания, мг/дм ³	Степень очистки, %
Na ⁺	23,775	6,719	71,74	0,011	99,95	0,004	99,99
K ⁺	5,178	2,261	56,33	-	100	-	100
Mg ²⁺	42,170	-	100	-	100	-	100
Ca ²⁺	150,871	0,395	99,74	-	100	-	100

Степень очистки по ионам K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺ уже после второй ступени Н-катионирования составила 100 %. Степень очистки от ионов Na⁺ на данной стадии процесса обессоливания высокая, но недостаточная для применения воды в качестве теплоносителя. После прохождения воды через ФСД остаточное содержание натрия составило 4 мкг/дм³, что меньше установленного значения 10 мкг/дм³ [5].

Таблица 4

Содержание анионов в пробах воды на разных ступенях обессоливания

Анион	Содержание в исходной воде, мг/дм ³	Содержание в ОН1-анионированной воде, мг/дм ³	Степень очистки, %	Содержание в ОН2-анионированной воде, мг/дм ³	Степень очистки, %	Содержание в воде, прошедшей 3 ступени обессоливания, мг/дм ³	Степень очистки, %
Cl ⁻	10,279	0,641	93,76	0,178	98,27	0,003	99,97
NO ₃ ⁻	7,401	-	100	-	100	-	100
SO ₄ ²⁻	16,232	0,647	96,01	-	100	-	100

Полная очистка от NO₃⁻-ионов произошла уже на первой ступени ОН-анионирования, от SO₄²⁻-ионов – на второй. При этом содержание Cl⁻-ионов после двух ступеней ионирования составило 0,178 мг/дм³, что не соответствует нормативам для обессоленной воды, используемой для нужд АЭС ([Cl⁻] не более 50 мкг/дм³) [5]. Внедрение ФСД в цепочку ионирования позволяет достичь удовлетворительной степени очистки.

Таким образом, в результате работы определен ионный состав природной воды реки Вилии, смоделирована трехступенчатая схема химического обессоливания методом ионного обмена по аналогии со второй стадией ХВО, определена степень очистки природной воды на каждой ступени ионирования. По результатам исследования подготовлены методические указания к лабораторной работе для студентов специально-

сти «Химия высоких энергий», которые будут размещены на портале ядерных знаний учреждений образования Республики Беларусь [6].

Литература

1. Чиж В. А., Водоподготовка и водно-химические режимы ТЭС и АЭС. Минск. Высш. шк. 2010.
2. Кульский Л. А., Гороновский И. Т., Когоновский А. М., Шевченко М. А., Справочник по свойствам, методам анализа и очистке воды. Киев: Наукова думка, 1980.
3. Шаповалова Е. Н., Пирогов А. В., Хроматографические методы анализа. М. МГУ. 2007.
4. Жданова Г.В. Особенности водоподготовки при получении технической воды для Южно-Украинской АЭС // Вода: химия и экология. 2011. №1. С. 19–23.
5. Воронов В.Н., Ларин Б.М., Сенина В.А., Химико-технологические режимы АЭС с водо-водяными энергетическими реакторами: уч. пос. для вузов. М. МЭИ. 2006.
6. Charapitsa S., Dubovskaya I., Kimlenko I., etc. Steps in creation of educational and research web-portal of nuclear knowledge BelNET, The International Symposium “Mathematics of XXI Century & Natural Science”, St. Petersburg. 2015.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ НИТРОПРОИЗВОДНЫХ ДИ- И ТРИАЗОЛОВ С α -ГИДРОКСИЭТИЛЬНЫМИ РАДИКАЛАМИ

А. С. Скребкова, В. В. Гацко, Д. С. Пополитов, А. А. Мацкело

ВВЕДЕНИЕ

Среди большого числа гомолитических превращений, которые могут реализовываться в биосистемах, длительное время основное внимание было сосредоточено на изучении механизмов реакций и патологического влияния процессов окисления биомолекул [1]. В то же время наряду с процессами окисления известны многочисленные типы реакций, для реализации которых присутствие кислорода не требуется. В первую очередь к таким процессам относятся превращения углеродцентрированных радикалов биомолекул [1, 2].

Из литературных данных по гомолитическим превращениям гидроксилсодержащих органических соединений следует, что их радикалы в отсутствие O_2 вступают, главным образом, в бирадикальные процессы рекомбинации и диспропорционирования [2]. В том случае, когда радикальные агенты взаимодействуют с вицинальными диолами и родственными им соединениями, последние подвергаются фрагментации через стадию образования α -гидроксилсодержащих углеродцентрированных радикалов (α -ГУР) [3]. Реакции такого типа реализуются и при гомолитических превращениях более сложных биологически важных веществ и