

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ АКТИВНОГО ХЛОРА НА ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ВОДЫ

Л. Н. Фесенко, И. В. Пчельников, А. С. Териков, А. С. Пчельникова, Нгуен Тхи Туан Зьеп
Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова

В работе представлены результаты экспериментальных исследований по определению влияния концентрации активного хлора на окислительно-восстановительный потенциал воды (ОВП). Исследования проводили в статических условиях на дистиллированной и водопроводной донской воде. Показано, что ред-окс потенциал отображает концентрацию активного хлора в воде с достаточной точностью, что позволяет утверждать о возможности автоматизации процесса управления производительностью проточных электролизных установок, работающих в режиме прямого электролиза по показаниям датчика ОВП.

Ключевые слова: окислительно-восстановительный потенциал (ОВП), низкоконцентрированный гипохлорит натрия, обеззараживание, активный хлор.

STUDY OF THE EFFECT OF THE CONCENTRATION OF ACTIVE CHLORINE ON THE OXIDATIVE REDUCING POTENTIAL OF WATER

L. N. Fesenko, I. V. Pchelnikov, A. S. Terikov, A. S. Pchelnikova, Nguyen Thi Tuan Ziep
Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)

The paper presents the results of experimental studies to determine the effect of the concentration of active chlorine on the RedOx potential of water (ORP). Studies were performed under static conditions in distilled and Don water. It is shown that the RedOx potential reflects the concentration of active chlorine in water with sufficient accuracy, which suggests that it is possible to automate the process of controlling the performance of flow-through electrolysis plants operating in the mode of direct electrolysis according to the ORP sensor readings.

Keywords: RedOx potential (ORP), low-concentrated sodium hypochlorite, disinfection, active chlorine.

Окислительно-восстановительный потенциал, называемый также ред-окс потенциал (от английского RedOx – Reduction/Oxidation), характеризует степень активности электронов в окислительно-восстановительных реакциях связанных с присоединением или передачей электронов [1-3]. ОВП определяют при помощи электрохимического метода с использованием стеклянных электродов, как правило, платинового и хлорсеребряного и выражают в милливольтгах (мВ) относительно стандартного водородного электрода в стандартных условиях [4, 5].

Значение окислительно-восстановительного потенциала зависит от многих факторов: природы вещества (окислителя и восстановителя); концентрации окисленной и восстановленной форм вещества; минерализации; pH; температуры [4].

В природной воде значение ОВП колеблется от -400 до +700 мВ, что определяется всей совокупностью происходящих в ней окислительных и восстановительных процессов. В условиях равновесия значение ОВП определенным образом характеризует водную среду, и его величина позволяет делать общие выводы о химическом составе воды.

В некоторых случаях, например, в системах водоподготовки бассейнов, ОВП является одним из основных показателей характеризующих качество очистки воды, в частности потому, что позволяет оценить эффективность её обеззараживания [6-8].

Одним из самых распространенных способов обеззараживания воды, в том числе воды в бассейнах, остается метод с применением низкоконцентрированного гипохлорита натрия (ГХН). ГХН может быть получен из природных минеральных хлоридных вод в бездиафрагменных электролизерах методом прямого электролиза [9-11]. Использование в качестве электролита природных поверхностных или подземных вод позволяет отказаться от этапа искусственного приготовления хлоридного раствора, что упрощает технологию получения дезинфектанта на месте его потребления и снижает эксплуатационные затраты.

Согласно ранее проведенным исследованиям ред-окс потенциал напрямую зависит от концентрации окислителя в воде [12-14, 15]. Возможность определения зависимости ОВП воды от концентрации в ней дезинфектанта позволит существенно упростить систему ав-

томатического управления блоком обеззараживания. Автоматическое управление электрохимическим процессом возможно реализовать путем пропорционального преобразования значения ОВП в унифицированный выходной сигнал, обрабатываемый микроконтроллером, выдающим управляющее воздействие на исполнительное устройство регулирующее величину силы тока на блоке питания электролизера.

Цель экспериментальных исследований определение влияния концентрации активного хлора на окислительно-восстановительный потенциал воды.

Исследования проводили в статических условиях на дистиллированной и водопроводной донской воде (см. табл.).

Таблица

Исходные показатели исследуемой воды

Тип воды	ОВП, мВ	pH	Солеосодержание, мг/дм ³
Дистиллированная	250-400	7	0,3-0,5
Водопроводная (донская)	150-225	8	320-350

Использование дистиллированной воды обусловлено необходимостью определить влияние активного хлора на ОВП, при отсутствии мешающих факторов, таких как минерализация, pH, наличие веществ, вступающих в реакцию с хлором.

В качестве хлорсодержащего реагента использовали низко-концентрированный гипохлорит натрия. Раствор ГХН концентрацией 6 г/дм³ разбавляли дистиллированной водой до концентрации 0,1 мг/см³ по эквиваленту активного хлора.

Эксперименты проводили на установке, представленной на рисунке 1.

В титровальную бюретку (1) добавляли свежеприготовленный раствор с содержанием активного хлора 0,1 мг/см³. В мерный стакан (2) добавляли воду (дистиллированную/донскую) до метки 1 дм³. При помощи платинового электрода ЭПВ-1 (4) и хлорсеребряного электрода сравнения ЭСр-10101; (5) фиксировали начальные показани

тели окислительно-восстано-вительного потенциала воды. После измерения исходного ОВП в воду добавляли 1 см³ раствора ГХН и через каждые 2 минуты фиксировали показатель ред-окс потенциала. В результате добавления 1 см³ раствора ГХН в фиксированный объем получали концентрацию 0,1 мг/дм³ при добавлении еще 1 см³ – 0,2 мг/дм³ и так вплоть до получения концентрации в объеме 2 мг/дм³. Эксперимент с дистиллированной и донской водой выполняли с шестикратной повторяемостью.

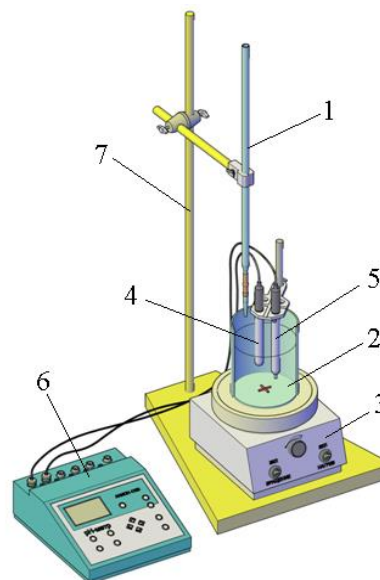


Рис. 1. Лабораторная установка:

- 1 – бюретка для титрования; 2 – мерный стакан;
- 3 – магнитная мешалка; 4 – платиновый электрод ЭПВ-1;
- 5 – хлорсеребряный электрод сравнения ЭСр-10101;
- 6 – ион-метр «АНИОН-4100» с функцией измерения ред-окс потенциала; 7 – лабораторный штатив в сборе с лапкой для бюретки

Результаты экспериментов по исследованию влияния концентрации активного хлора на ОВП проведенные на дистиллированной воде представлены на рисунке 2.

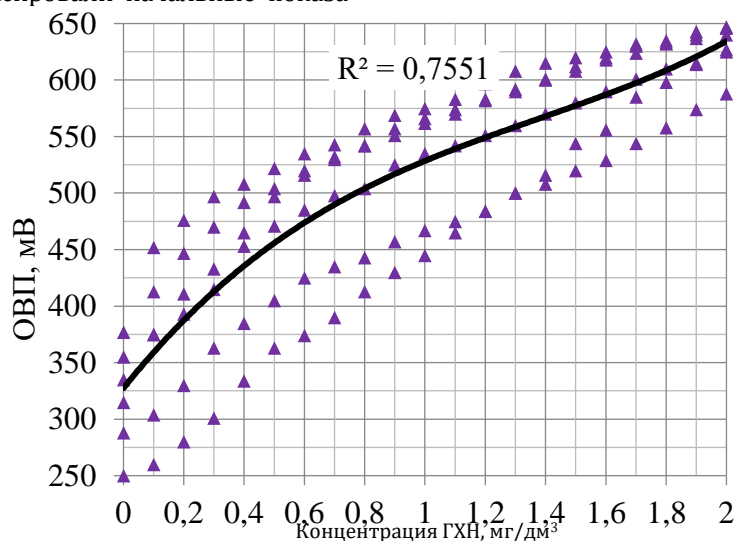


Рис. 2. Зависимость ОВП дистиллированной воды от концентрации активного хлора

По результатам проведенных экспериментов на дистиллированной воде (рис. 2) было установлено, что исходный ОВП дистиллированной воды находится в промежутке от 250 до 380 мВ; при добавлении в дистиллированную воду ГХН окислительно-восстановительный потенциал воды начинает возрастать; наиболее высокий темп роста приходится на начальную стадию эксперимента.

Несмотря на различие в начальных значениях ОВП его дальнейшее изменение происходит идентично изменениям в других опытах, с

минимальным разбросом точек, следовательно, основополагающим фактором, отображающим концентрацию ГХН, является не фактическое значение ОВП воды, а его прирост, относительно начального значения ред-окс потенциала (дельта).

Для получения более точного отображения полученных результатов был построен график прироста ОВП при увеличении концентрации активного хлора (рис. 3).

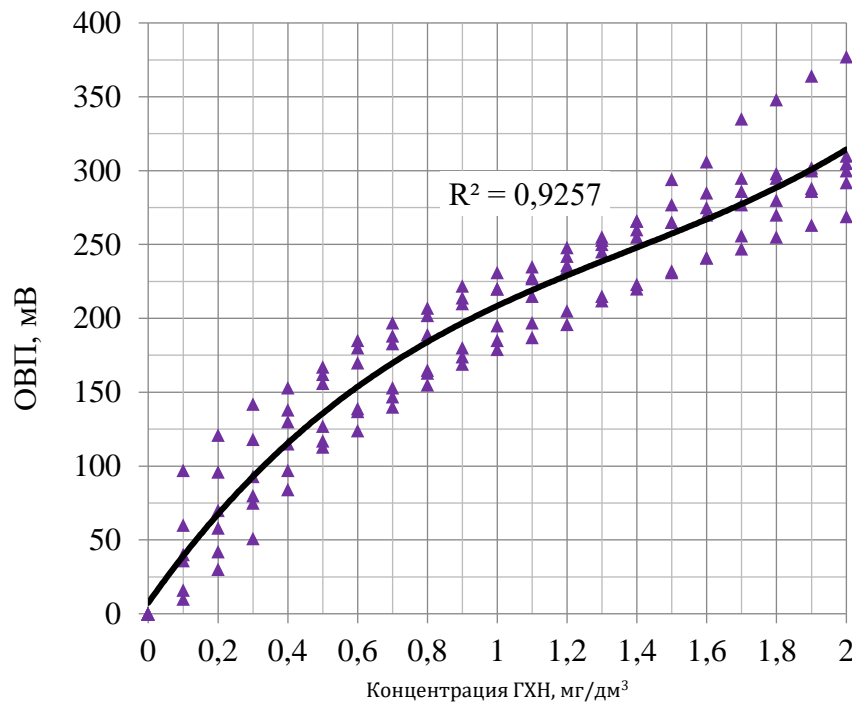


Рис. 3. Зависимость прироста ОВП дистиллированной воды от концентрации активного хлора

Из рисунка 3 видно, что полученные экспериментальным путем точки имеют определенную сходимость. Наибольший разброс точек отмечается на промежутке концентрации от 0,3 до 1 мг/дм³, однако после 1 мг/дм³, происходит их постепенное сближение. Незначительный разброс полученных значений ОВП позволяет построить полином, отображающий влияние прироста концентрации активного хлора на ОВП с минимальной погрешностью (рис. 3).

Полученная полиномиальная кривая (рис. 3) отображает средние значения прироста ОВП относительно его начального значения для каждой из установленных концентраций от 0 до 2 мг/дм³ с интервалом в 0,1 мг/дм³.

Далее, по аналогичной методике с дистиллированной водой, проводили исследования донской воды. Экспериментальные исследования влияния концентрации активного хлора на окислительно-восстановительный потенциал водопроводной донской воды представлены на рис. 4 и 5.

Проведенные исследования влияния концентрации активного хлора на ОВП донской воды показали, что изменения происходят аналогично исследованиям, проведенным на дистиллированной воде, однако разброс точек при многократной повторяемости значительно ниже (рис. 4).

При добавлении в донскую воду ГХН окислительно-восстановительный потенциал, как и в предшествующих экспериментах с дистиллированной водой начинает возрастать. Главным характерным отличием изменения ОВП донской воды при добавлении в нее ГХН является резкое увеличение значений ОВП в интервале от 0,3 до 1 мг/дм³.

По построенному графику (рис. 5) видно, что полученные точки имеют высокую сходимость. Наибольший разброс точек отмечается на промежутке концентрации от 0,1 до 0,8 мг/дм³. При достижении концентрации активного хлора в воде 1 мг/дм³ и более, прирост ОВП снижается, так как последующее изменение концен-

трации становится все менее значительным относительно уже имеющейся в воде, тем самым снижая динамику роста.

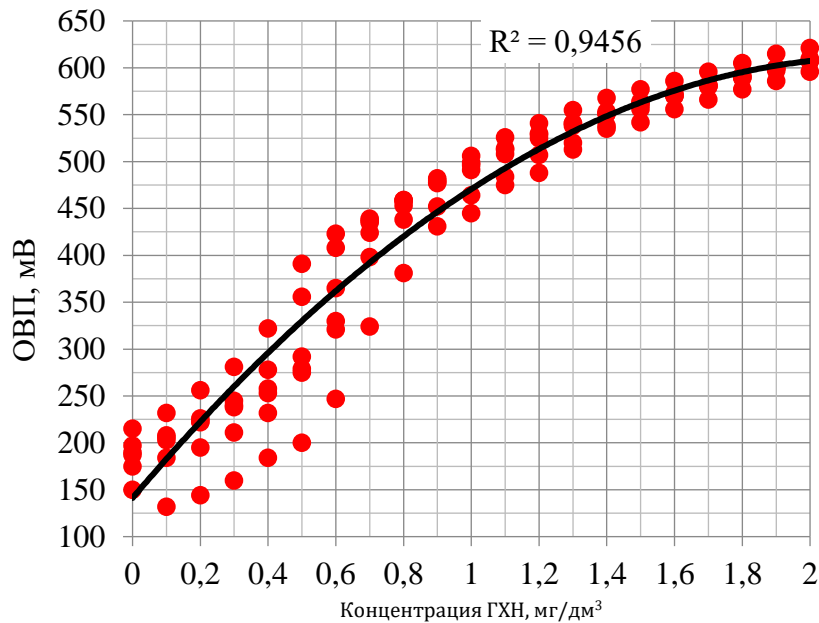


Рис. 4. Зависимость ОВП донской воды от концентрации активного хлора

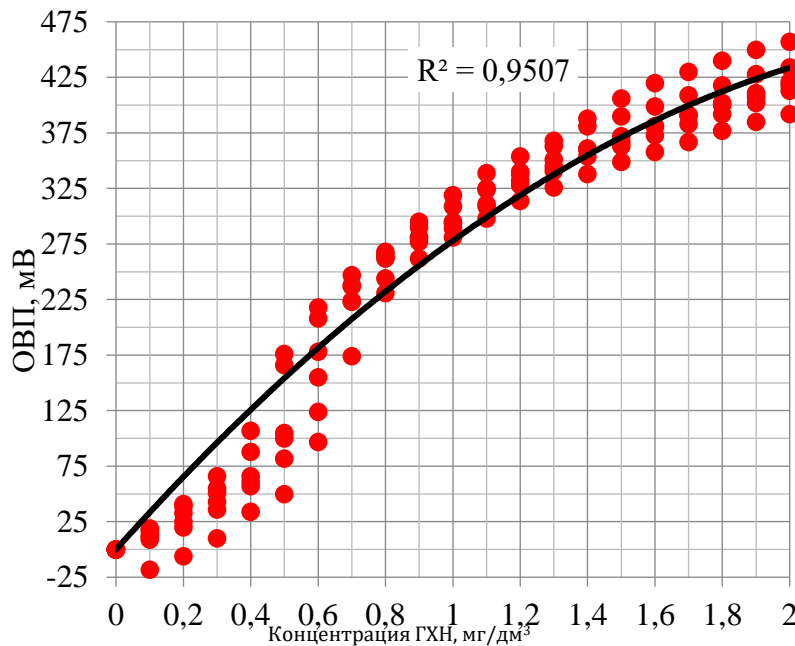


Рис. 5. Зависимость прироста ОВП донской воды от концентрации активного хлора

Незначительный разброс полученных точек ОВП в диапазоне концентрации активного хлора от 0 до 2 мг/дм³ позволил построить полином, отображающий влияние концентрации активного хлора на ОВП водопроводной воды с минимальной погрешностью (рис. 5).

Полученная полиномиальная кривая отображает средние значения прироста ОВП относительно начального значения для каждой из установленных концентраций от 0 до 2 мг/дм³ с интервалом в 0,1 мг/дм³ для донской водопроводной воды с содержанием около 350 мг/дм³.

Отклонение значений от полученной полиномиальной кривой, отображающей средние значения прироста ОВП водопроводной воды с содержанием равным 350 мг/дм³, не превышает 5 %.

Таким образом, по результатам исследований изменения ОВП воды в постоянном объеме при добавлении ГХН были получены значения редокс потенциала, соответствующие определенной концентрации активного хлора в промежутке от 0 до 2 мг/дм³ для дистиллированной и водопроводной донской воды. Полученные зависимости

характеризуют изменение ОВП в статических условиях и позволяют по уровню ОВП определить концентрацию активного хлора в обрабатываемой воде с достаточной точностью.

Для разработки системы автоматического управления производительностью электроли-

зера необходимо провести дополнительные исследования влияния концентрации активного хлора на ОВП в динамических условиях (в проточном режиме) с учетом изменения минерализации и температуры обрабатываемой воды.

Список литературы

1. Антропов, Л.И. Теоретическая электрохимия / Л.И. Антропов. - М.: Высшая школа; Издание 3-е, перераб. и доп., 1975. - 560 с.
2. Байрамов, В. М. Основы электрохимии / В.М. Байрамов. - М.: Академия, 2005. - 240 с.
3. Якименко Л.М., Модылевская И.Д., Ткачек З.А. Электролиз воды. - М.: Химия, 1970.
4. Шульц М.М., Писаревский А. М., Полозова И. П. Окислительный потенциал. Теория и практика. — Л.: Химия. 1984.
5. Шульц М.М., Белюстин А.А. Писаревский А.М., Никольский Б.П. Стекланный электрод, чувствительный к изменению окислительного потенциала. // ДАН СССР. 1964. Т. 154. № 2. С. 404—406.
6. Открытые искусственные бассейны для плавания. Фельдман-Бабак Т.П. 1960.
7. Индивидуальный бассейн. Справочное пособие. Капплер Х.П. 1993.
8. Плавательные бассейны. Водоснабжение и водоотведение. Кедров В.С., Кедров Ю.В., Чухин В.А. 2002.
9. Пчельников И.В. Совершенствование технологии производства обеззараживающего реагента – гипохлорита натрия электролизом морской воды (на примере Черного моря): дис. канд. тех. наук: 05.23.04. - Новочеркасск, 2014. - 155 с.
10. Кудрявцев С.В. Совершенствование технологических параметров установок получения электролитического гипохлорита натрия для обеззараживания воды: дис. канд. техн. наук. - Новочеркасск, 2009. - 161с.
11. Медриш Г.Л., Тейшева А.А., Басин Д.Л. Обеззараживание природных и сточных вод с использованием электролиза. - Москва Стройиздат 1982. - 81с.
12. Исследования влияния длительности электролиза жидкой среды и последующей релаксации на рН и ОВП католита и анолита. Подольская Т.В., Якубов В.В. В сборнике: Стратегические ориентиры инновационного развития АПК в современных экономических условиях материалы международной научно-практической конференции: в 5 частях. 2016. С. 63-68.
13. Санитарная обработка плавательных бассейнов электрохимически активированными водно-солевыми растворами. Черкасова О.А. Вестник Витебского государственного медицинского университета. 2007. Т. 6. № 3. С. 93-101.
14. Разработка электрохимических устройств для повышения эффективности процесса очистки воды в бассейнах. Завьялова А.А. автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Московский энергетический институт. Москва, 2007.
15. Практикум по прикладной электрохимии под ред. Варыпаева В.Н., Кудрявцева В.Н. Л.:Химия 1990.

© Л. Н. Фесенко, И. В. Пчельников, А. С. Териков,
А. С. Пчельникова, Нгуен Тхи Туан Зьеп

Ссылка для цитирования:

Фесенко Л. Н., Пчельников И. В., Териков А. С., Пчельникова А. С., Нгуен Тхи Туан Зьеп Исследование влияния концентрации активного хлора на окислительно-восстановительный потенциал воды // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2019. № 3 (29). С. 29–33.

УДК 628.358 (043): 66.067

МЕТОДИКА РАСЧЕТА И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ РАДИАЛЬНО-ВОСХОДЯЩЕГО ФИЛЬТРОВАНИЯ В РЕЖИМАХ «ИЗНУТРИ – НАРУЖУ» И «СНАРУЖИ – ВНУТРИ»

Н. С. Серпокрялов, С. З. Тажиева

Донской государственный технический университет

Астраханский государственный архитектурно-строительный университет

Представлена методика расчета радиально-восходящего фильтра для рыбоводных предприятий. На основе методики расчета создана программа, которая осуществляет реализацию математических моделей различных радиальных фильтров, производит расчеты и анализ по ряду определений необходимого их количества, наружного и внутреннего диаметров, количества и ширины зон, диаметров трубопроводов подвода и отвода исходных, очищенных и промывных вод, воздуха, размеры лотков и т.д.

Ключевые слова: радиальный фильтр, сточные воды, цеолит, сорбция.

THE METHOD OF CALCULATION AND TECHNIQUE AND ECONOMIC PERFORMANCE IN THE RADIAL-UPWARD FILTERING MODES "INSIDE – OUT" AND "OUTSIDE – INSIDE"

N. S. Serpokrylov, S. Z. Tazhieva

Don State Technical University

Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering

The method of calculation of the radial-ascending filter for fish-breeding enterprises is presented. On the basis of the calculation method, a program has been created that implements mathematical models of various radial filters, performs calculations and analysis on a number of definitions of their required number, outer and inner diameters, number and width of zones, diameters of supply and discharge pipelines of initial, purified and wash water, air, tray sizes, etc.

Keywords: radial filter, waste water, zeolite, sorption.

Расчет радиальных фильтров по обработке вод рыбоводных прудов имеет ряд особенностей, которые определяют иной методологиче-

ский подход. Принципиальным в нем является не удаление взвешенных веществ, как в большинстве случаев, а минимально возможное их