

Очистка природной воды для питьевых целей в период чрезвычайных ситуаций:

электрохимическое коагулирование и контактное фильтрование

С.А. Бреус¹, А.Ю. Скрябин², Олейник Р.А.³

¹Государственное унитарное предприятие Ростовской области
«Управление развития систем водоснабжения»

²Акционерное общество «Ростовводоканал»

³Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт ФГБОУ ВО Донской ГАУ

Аннотация: Рассмотрены процессы электрохимической коагуляции и контактного фильтрования для осветления, обесцвечивания и обеззараживания воды реки Дон. Проведены опыты для сравнения электрохимической коагуляции с реагентной обработкой воды различными реагентами в условиях контактного фильтрования. Определено изменение мутности, цветности воды в зависимости от дозы реагента и изменение общего микробного числа.

Ключевые слова: Чрезвычайные ситуации, водоснабжение, коагуляция, осветление, обесцвечивание, фильтрование, эффект очистки.

Одним из альтернативных вариантов обеспечения питьевой водой населения в период чрезвычайных ситуаций, является организация раздаточного пункта при помощи мобильных водоочистных станций [1,2]. Для обустройства и развертывания водоочистных установок необходимо произвести выбор водоисточника, согласно ГОСТ В 22.1.004-83. В этом документе прописано, что при отсутствии подземных вод, водоснабжение организовывается из поверхностных источников (реки, озера, водохранилища, пруды) при условии очистки воды, обеспечивающей выполнение требований действующих санитарных норм и прави.

Очистка поверхностных вод требует специальных реагентов для её осветления и обесцвечивания [3]. Чтобы понять, как интенсифицировать осветление и обесцвечивание природной воды рассмотрим принципиальную схему возможных взаимных переходов в дисперсных системах (рис. 1) [4].

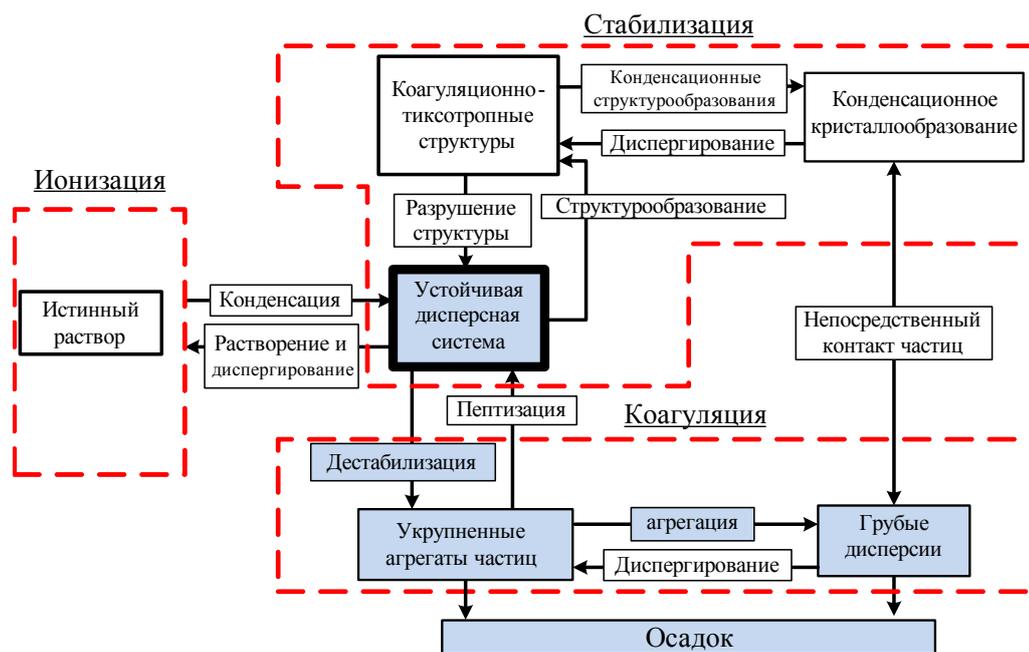


Рис. 1 – Принципиальная схема возможных взаимных переходов в дисперсных системах

Согласно этой схеме, примеси воды можно условно разделить на три псевдо обособленные группы, между которыми существует материальное равновесие. Это истинные растворы, твердая фаза в осадке и коллоиды.

Переход из одной группы в другую возможен при создании специальных условий, воздействий, как в отдельности, так и совместных (химических, физико-химических, биологических). Однако в природной воде объединяющим элементом такой системы является наличие устойчивой дисперсной системы.

Потеря устойчивости дисперсной - гетерогенной системы возможно в трех случаях (выделены в пунктир - рамках):

- сближение коллоидных частиц и их слипание (укрупнение) – коагуляция;
- разрушение агрегатных образований путем перехода золя в гель;
- получение истинного раствора при растворении в нем примесей вводимых реагентов, диспергирование – ионизация.

Согласно, представленной схемы видно, что коагуляция является эффективным способом осветления и обесцвечивания природных вод, приводящая к образованию укрупнения частиц в агрегаты.

Известно [5,6,9,10] образование коагулирующего вещества в обрабатываемой воде, при электрохимическом растворении железного или алюминиевого анодов. При этом образуются гидроксиды соответствующих металлов, которые обладают высокой сорбционной способностью к высокодисперсным и особенно коллоидным частицам примесей природных вод. Этот способ позволяет отказаться от громоздкого реагентного хозяйства, что важно для мобильных, быстро запускаемых систем водоподготовки.

Следующим технологическим этапом очистки воды после коагуляции – фильтрование воды. В случае электрохимического растворения анода, который можно установить в непосредственной близости от поверхности фильтрующего слоя, может быть реализован процесс контактной коагуляции [7].

Проведенные исследования [5], показали, что скорость контактной коагуляции намного больше, объемной коагуляции. Это достигается тем, что вероятность притяжения малых частиц примесей воды крупными зернами зернистого фильтрационного слоя больше, чем при сближении и столкновении мелких частиц между собой в свободном объеме.

Загрузка в контактных фильтрах может состоять из двух слоев по мере уменьшения размера фракций сверху вниз. Верхний, более крупнозернистый слой устраивается из более легких материалов, нижние, более мелкозернистые слои – из более тяжелых материалов [5].

Таким образом, в одном пространстве сооружения может быть реализовано электрохимическая коагуляция (далее ЭХК) и контактное фильтрование, которые обеспечивают осветление, обесцвечивание и

частичное обеззараживание воды [5,7].

Опыты проводили на пилотной установке (рис. 2) с использованием воды из реки Дон. Общая высота установки 2,4 м, а площадь внутреннего сечения – 0,02295 м². Установка состояла из фильтровальной колонки (12) выполненной из ПВХ и органического стекла. В качестве верхнего фильтрующего слоя использовали ОДМ-2Ф (8), крупностью зерен 2,3 – 3,5 мм и высотой 700 мм [8]. Нижним приняты кварцевый песок (7) с крупностью зерен 0,7 – 1,5 мм и высотой также 700 мм. Для получения гидроксида алюминия в верхнюю часть фильтровальной колонки был встроен электрохимический коагулятор (14). Его выполнили из 10 алюминиевых электродов (марка АД 1). Размеры двух боковых пластин 145мм×185мм×6мм, остальные – по 145мм×145мм×6мм. Расстояние между электродами – 3 мм. На электрохимический коагулятор от блока-генератора подавали напряжение переменной полярности (7–20) В. Плотность тока варьировали от 1 до 4 мА/см².

Для сравнения ЭХК с реагентной обработкой воды в условиях контактного фильтрования были проведены опыты с использованием ряда коагулянтов: сернокислый алюминий (далее СА) Аква-Аурат™30 и СКИФ™180. Подачу реагентов осуществляли при помощи насоса дозатора (2) из бака для раствора (1) по трубопроводу (3). Дозу реагентов варьировали от 5 до 11 мг/дм³ по Al₂O₃.

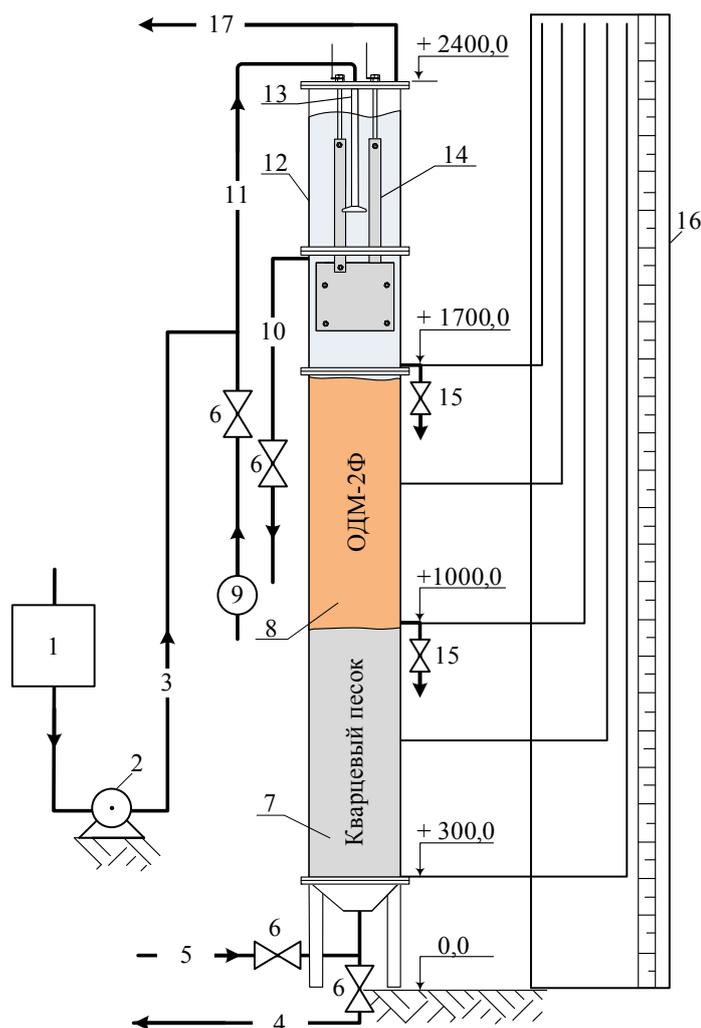


Рис.2 – Схема установки для исследования электрохимической коагуляции и контактного фильтрования: 1 – бак для раствора реагентов; 2 – насос-дозатор; 3 – подача реагентов; 4 – отвод фильтрата; 5 – подача воды на промывку; 6 – запорно-регулирующая арматура; 7 – нижний слой (кварцевый песок); 8 – верхний слой (ОДМ-2Ф); 9 – водяной счетчик; 10 – отвод промывной воды; 11 – подача воды в установку; 12 – фильтровальная колонка; 13 – рассеивающая лейка; 14 – электрохимический коагулятор; 15 – пробоотборник; 16 – пьезометр; 17 – газоотвод.

На рис.3 и 4 представлены зависимости мутности и цветности фильтрованной от различных доз коагулянтов.

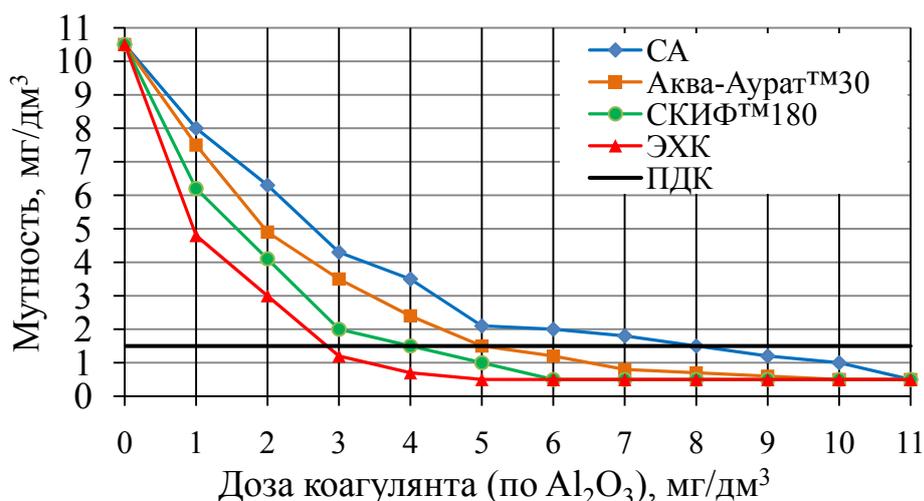


Рис. 3– Изменение мутности воды при ее коагуляционной обработке в зависимости от дозы реагента и природы коагулянта

Из рис. 3 видно, что эффект снижения мутности донской воды при ее контактной коагуляции с использованием СКИФ™180 и ЭХК составляет более 90 – 95 % при дозах 3 – 4 mg/dm^3 . В то время, как для АКВА-АУРАТ™30 и СА эффект осветления (80 – 85 %) при дозе соответственно 5 и 9 mg/dm^3 .

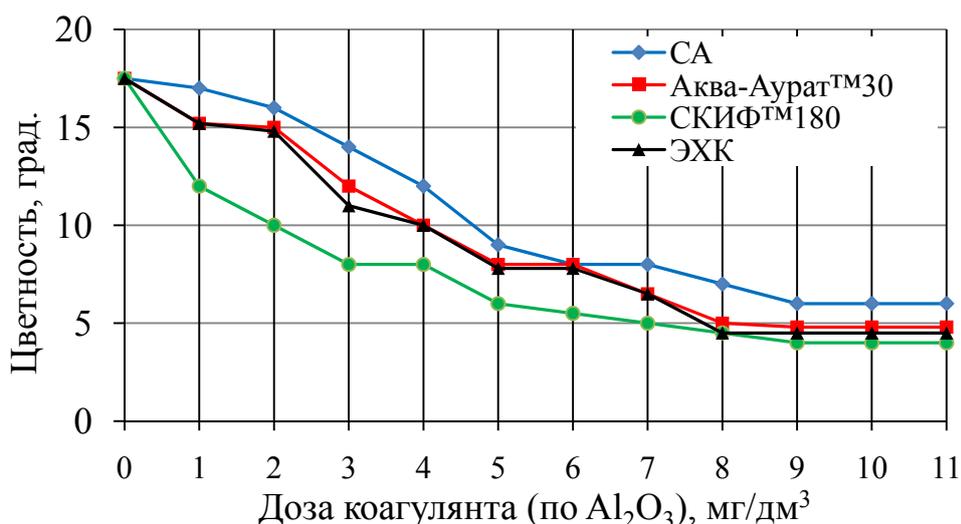


Рис. 4 – Изменение цветности воды при ее коагуляционной обработке в зависимости от дозы реагента и природы коагулянта

Из сравнения приведенных на рис. 4, зависимостей видно, что на снижение цветности фильтрата влияет доза и природа коагулянта. Наилучшим коагулянтом оказался СКИФ™180 при дозе 5 мг/дм³ с эффектом обесцвечивания – 65,7%. ЭХК и АКВА-АУРАТ™30 при этих же значениях по Al₂O₃– 55 %.

Известно [6] о возможности обеззараживания воды при ЭК. Этот процесс протекает при более низких дозах коагулянта, чем при использовании классических коагулянтов.

Сущность обеззараживания воды при ЭХК природных вод можно объяснить следующим образом. При переходе ионов алюминия Al³⁺ с анода в воду он подвергается реакции гидролиза с образованием соединения – гидроокиси алюминия, обладающей достаточно высокими сорбционными свойствами. Так, свежесформированная гидроокись алюминия активно сорбирует на своей поверхности не только коллоидные и высокодисперсные частицы примесей воды, но и бактерии, вирусы [5,6].

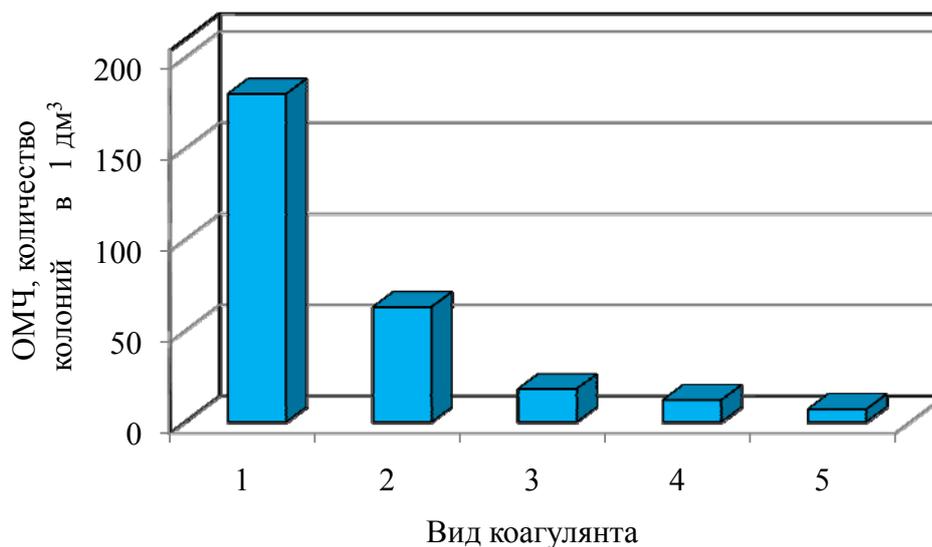


Рис.5 – Изменение ОМЧ при контактном коагулировании с различными коагулянтами: 1 – исходный показатель ОМЧ в донской воде; 2 – СА; 3 – АКВА-АУРАТ™ 30; 4 – СКИФ™180; 5 – ЭХК

На рис. 5 приведена динамика изменений ОМЧ при контактном коагулировании с различными коагулянтами. Наилучший эффект был получен при ЭХК – 7 кол./дм³. После обработки СКИФ™180 наблюдали снижение ОМЧ в 15 раз, АКВА-АУРАТ™30 (10 раз) и СА (2,9 раза).

На основании полученных данных была рассчитана эффективность обработки воды из реки Дон при контактном фильтровании различными коагулянтами (таблица).

Таблица

Эффективность обработки воды при контактном фильтровании

Исследуемые показатели воды	Эффективность очистки, %			
	СА	АКВА-АУРАТ™ 30	СКИФ™ 180	ЭХК
Мутность	88,57	87,15	88,10	90,95
Цветность	62,86	54,29	60,00	40,00
ОМЧ	65,00	90,00	93,33	96,11

Результаты проведенных исследований показали высокую эффективность использования совместных процессов электрохимической коагуляции и контактного фильтрования для очистки природной воды (на примере реки Дон) в условиях ЧС.

Литература

1. Бреус С.А., Скрябин А.Ю., Фесенко Л.Н. Разработка технологии очистки природной воды для питьевых целей на период чрезвычайных ситуаций: производство активного хлора электролизом воды// Инженерный вестник Дона, 2016, №2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3655.

2. Способы и средства инженерного обеспечения ликвидации чрезвычайных ситуаций// Книга 1// под общей редакцией Шойгу С.К.// М.: 1998 с.393.



3. Линеви́ч С. Н., Гетманцев С. В. // Коагуляционный метод водообработки. Теоретические основы и практическое использование. – М.: Наука, 2007. – С. 230.

4. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии (Поверхностные явления и дисперсные системы): учебник для вузов. – М.: Химия, 1982. – С.400.

5. С.Н. Линеви́ч, С.А. Бреус Эффективный способ осветления и обесцвечивания природных вод электродистабиллизационно-контактной коагуляцией // Новые достижения в областях водоснабжения, водоотведения, гидравлики и охраны водных ресурсов// Международная конференция ПГУПС, посвященная памяти проф. В.С. Дикаревского. - СПб.: 2011. - С. 39–42.

6. Яковлев С.В., Краснобородько И.К., Рогов В.М. //Технология электрохимической очистки воды// Стройиздат//Ленинград – 1987, с. – 312.

7. Пат. 2464235 Россия, CO2F1/463, CO2F1/28, B01D24/00 Установка очистки природных и сточных вод/ Линеви́ч С.Н., Бреус С.А. - :№ 2010147124/05; Заявл.: 18.11.2010; Опубл.: 20.10.2012.

8. Игнатенко С.И., Бреус С.А., Скрыбин А.Ю., Богданов С.С., Тер-Матисова К.С. Обоснование эффективности использования природного фильтрующего материала ОДМ-2Ф в водоподготовке // Инженерный вестник Дона, 2016, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3682.

9. M.Y.A. Mollah, P. Morkovksy, J.A.G. Gomes, M. Kesmez, J. Parga, D.L. Cocke, Fundamentals present and future perspectives of electrocoagulation, J. Hazard. Mater. B114 (2001) pp. 199-210.

10. M.B. Sasson, W. Calmano, A. Adin, Iron-oxidation processes in an electroflocculation (electrocoagulation) cell, J. Hazard. Mater. 171 (2009) pp. 704-709.



References

1. Breus S.A., Skryabin A.Yu., Fesenko L.N. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №2 URL: ivdon.ru/magazine/archive/n2y2016/3655.
2. Sposoby i sredstva inzhenernogo obespecheniya likvidatsii chrezvychaynykh situatsiy Kniga 1 pod obshchey redaktsiey Shoygu S.K. [Methods and means of the engineering security for liquidation of extraordinary situations Book 1 edited by Shoygu S.K.] Moscow, 1998. 393 p.
3. Linevich S.N., Getmantsev S.V. Koagulyatsionnyy metod vodoobrabotki. Teoreticheskie osnovy i prakticheskoe ispol'zovanie [Coagulation method of water treatment. Theoretical bases and practical using] Moscow: Nauka, 2007. 230 p.
4. Frolov Yu. G. Kurs kolloidnoy khimii (Poverkhnostnye yavleniya i dispersnye sistemy) uchebnik dlya vuzov [The class of Colloid Chemistry (Surface phenomena and disperse systems) the textbook for universities] Moscow: Khimiya, 1982. 400 p.
5. S.N. Linevich, S.A. Breus Mezhdunarodnaya konferentsiya PGUPS, posvyashchennaya pamyati prof. V.S. Dikarevskogo. St. Petersburg 2011, pp.39-42.
6. Yakovlev S.V., Krasnoborod'ko I.K., Rogov V.M. Tekhnologiya elektrokhimicheskoy oчитki vody [The technology of electrochemical water purification] Leningrad: Stroyizdat, 1987. 312 p.
7. Pat. 2464235 Russia, CO2F1/463, CO2F1/28, B01D24/00 The setting for natural and draining waters purification/ Linevich S.N., Breus S.A. №2010147124/05; Stated, 18.11.2010; Published: 20.10.2012.
8. Ignatenko S.I., Breus S.A., Skryabin A.Yu., Bogdanov S.S., Ter-Matiosova K.S. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2016, №3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2016/3682.



9. M.Y.A. Mollah, P. Morkovksy, J.A.G. Gomes, M. Kesmez, J. Parga, D.L. Cocke, Fundamentals present and future perspectives of electrocoagulation, J. Hazard. Mater. B114 (2001) pp. 199-210.

10. M.B. Sasson, W. Calmano, A. Adin, Iron-oxidation processes in an electroflocculation (electrocoagulation) cell, J. Hazard. Mater. 171 (2009) pp. 704-709.