

---

## ИЗ ОПЫТА РАБОТЫ

---

М.А. Гасанов, А.М. Гашимов, В.А. Алиев, К.Б. Гурбанов

### АДСОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ПОДЗЕМНЫХ ВОД ОТ ЖЕЛЕЗА И МАРГАНЦА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОЗДЕЙСТВИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ РАЗРЯДОВ

*Институт Физики НАН Азербайджана,  
пр. Г. Джавида 33, г. Баку, Аз.1143, Азербайджан*

В последние годы в мировой практике ужесточены требования к содержанию железа и марганца в питьевой воде.

Подземные воды обычно содержат несколько десятков химических элементов и соединений. Однако чаще всего препятствует использованию подземных вод в целях питьевого и промышленного водоснабжения наличие в ней повышенного содержания ионов железа, марганца, фтора, а также сероводорода. По рекомендации Всемирной организации здравоохранения и требованиям ГОСТа 2874-82 «Вода питьевая» концентрация железа и марганца в воде питьевого качества не должна превышать значений 0,3 и 0,1 мг/л соответственно [1]. Подземные воды, как правило, содержат железо от 1 до 5 мг/л, но встречаются источники подземной воды с содержанием железа до 20 мг/л [2]. В подземной воде, лишенной кислорода, железо обычно находится в форме раствора бикарбоната железа, частично гидролизованного.

Существующие методы обезжелезивания подземных вод обсуждены в работах [3–7], где показано, что в процессе удаления железа из воды основное внимание уделялось действительно важным вопросам окисления двухвалентного железа кислородом воздуха в процессе аэрации воды.

К. Холле [6], выполнивший на артезианских скважинах полупроизводственные эксперименты по обезжелезиванию воды без предварительного окисления двухвалентного железа, пришел к выводу, что с уменьшением значений рН процесс обезжелезивания на фильтрах улучшается.

Повышенное содержание в воде марганца отрицательно сказывается на здоровье человека [2].

Марганец в природных водах существует в виде различных соединений. В подземных водах марганец находится преимущественно в форме бикарбоната двухвалентного марганца  $Mn(HCO_3)_2$ , хорошо растворимого в воде. Концентрация марганца в подземных водах колеблется обычно от 0,5 до 2–3 мг/л. В отличие от железа, двухвалентный марганец, содержащийся в подземных водах, чрезвычайно медленно окисляется кислородом воздуха до малорастворимых соединений трех- и четырехвалентного марганца при рН = 8. Лишь после повышения рН до 9,5 можно добиться заметного увеличения скорости окисления  $Mn(II) \rightarrow Mn(III)$ . Хлор при рН = 7 практически не окисляет  $Mn(II)$  [5]. Скорость окисления двухвалентного марганца в воде в значительной степени зависит от уровня рН воды. При рН  $\leq 8$  окисления  $Mn^{3+}$  практически не происходит. Достаточно быстрое окисление  $Mn^{2+}$  происходит при рН  $> 9,5$ . Таким образом, удаление марганца из воды представляет собой более сложную задачу по сравнению с удалением железа.

Способы обработки воды включают хорошо известные процессы, такие, как коагуляция, флокуляция, отстаивание, обработка воды перманганатом калия, удаление марганца аэрацией с подщелачиванием, фильтрование воды через марганцевый песок или марганцевый катионит, окисление озоном, хлором или двуокисью хлора, фильтрование, и показана перспективность применения в качестве фильтрующих материалов природных и модифицированных адсорбентов [7–10].

Из анализа научно-технической литературы по очистке подземных вод можно заключить:

– при рН  $< 8,5$  без катализатора окисления двухвалентного марганца практически не происходит;

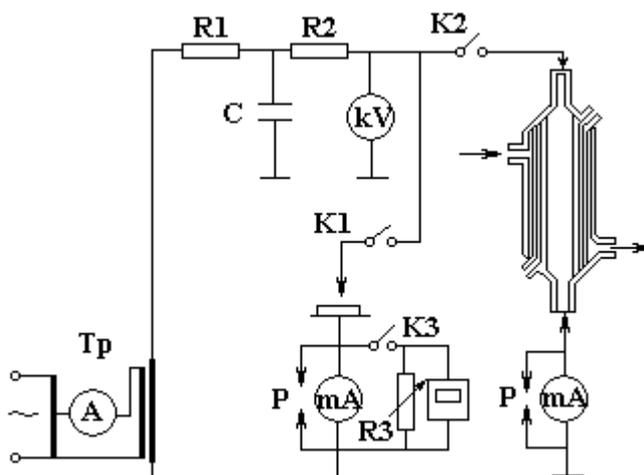
- при  $pH < 8$  обезжелезивание на фильтрах улучшается;
- для очистки подземных вод от железа и марганца требуется 8–12 часов;
- озон и двуокись хлора являются сильными и эффективными окислителями, однако их использование осуществляется с применением сложной технологической схемы и поэтому в практике водоподготовки для очистки воды от марганца и железа не нашло применения. Из применяемых на практике методов очистки воды адсорбционные методы с использованием твердых адсорбентов обладают некоторыми преимуществами.

Адсорбционные процессы очистки воды широко используются в химической промышленности и других отраслях техники. Перспективность адсорбционного метода, потребности практики требуют изучения возможностей дальнейшей интенсификации адсорбционных процессов, создания средств управления ими в ходе проведения технологических операций. Одним из таких средств управления является воздействие на протекание адсорбционного процесса электрических разрядов. Эффективность воздействия электрического разряда на адсорбционные процессы определяется не только возможностью управления, но и другими преимуществами, которыми обладает электрический разряд: возможностью прямого вмешательства в протекание адсорбционного процесса, малой энергоемкостью, экономичностью, технологичностью [11–17].

В представленной работе применялся адсорбционный способ одновременной очистки подземных вод от железа и марганца с использованием воздействия электрических разрядов.

Адсорбентом служил природный цеолит–клиноптилолит марки  $(Na_2K_2)_{10}Al_2O_3 \cdot 10SiO_2$  Товузского месторождения (Азербайджан). Природные цеолиты представляют собой сравнительно дешевые и доступные микропористые тела, которые находят все возрастающее применение на практике. Клиноптилолит находит широкое применение для очистки природных вод взамен кварцевого песка [6] и обладает более развитой поверхностью, межзерновой пористостью и важной способностью к катионному обмену [11]. В экспериментах клиноптилолит предварительно подвергался термообработке с вакуумированием при температуре  $T = 800^\circ C$  в течение 5 часов.

Принципиальная электрическая схема обработки материалов электрическим разрядом барьерного типа представлена на рисунке.



Принципиальная электрическая схема обработки материалов в электрическом разряде барьерного типа

Основным узлом установки является адсорбер с адсорбентом, через который пропускалась очищаемая фракция воды.

Предварительная разрядная электрообработка адсорбентов проводилась в следующих режимах: величина приложенного напряжения 17 кВ, средний ток 80 мкА. Результаты очистки подземных вод от железа и марганца природным клиноптилолитом после предварительной обработки приведены в таблице. Образцы № 1 представляют исходную воду, № 2 – воду, очищенную с использованием клиноптилолита, образцы № 3 – воду, очищенную с использованием клиноптилолита, предварительно подвергнутого воздействию электрическим разрядом барьерного вида.

Из таблицы видно, что клиноптилолит, подвергнутый предварительной электроразрядной обработке, позволяет получить устойчивый эффект полной и единовременной деманганации и обезжелезивания.

Таким образом, результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что представляется возможность методами адсорбции снизить количество железа и марганца в подземной воде до значений, нормированных ГОСТом.

*Результаты химического анализа проб подземной воды*

| № п/п | Показатель                                | Единица измерения | ГОСТ 2874-82 | Состав |       |       |
|-------|---|-------------------|--------------|--------|-------|-------|
|       |   |                   |              | № 1    | № 2   | № 3   |
| 1     | Температура                               | °С                |              | 0      | 0     | 0     |
| 2     | Запах при 20°С                            | бал               | 0            | 0      | 0     | 0     |
| 3     | Запах при 60°С                            | бал               | 2            | 0      | 0     | 0     |
| 4     | Привкус                                   | бал               | 2            | 0      | 0     | 0     |
| 5     | Цветность                                 | градус            | 20 (35)      | 2,40   | 2,40  | 2,40  |
| 6     | Взвешенные частицы                        | мг/л              | 1,5 (2,0)    | 2,95   | 2,25  | 1,90  |
| 7     | рН  | –                 | 6–9          | 7,55   | 7,30  | 7,05  |
| 8     | Соли аммония (N–NH <sub>4</sub> )         | мг/л              | 2,0          | 1,24   | 1,19  | 1,05  |
| 9     | Гидрокарбонат (НСО <sub>3</sub> )         |                   | –            | 183    | 109,3 | 64,1  |
| 10    | Железо (Fe)                               | “_”               | 0,3 (1)      | 0,83   | 0,33  | 0,05  |
| 11    | Кальций (Са)                              | “_”               |              | 69,1   | 67,1  | 65,1  |
| 12    | Магний (Mg)                               | “_”               |              | 28,6   | 26,1  | 24,7  |
| 13    | Марганец (Mn)                             | “_”               | 0,1(0,5)     | 1,2    | 0,8   | 0,1   |
| 14    | Минерализация (Σи)                        | “_”               |              | 666,9  | 623,8 | 596,6 |
| 15    | Натрий+калий (Na+K)                       | “_”               | 200 (Na)     | 92,1   | 86    | 84,3  |
| 16    | Нитраты (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )   | “_”               | 45           | 13,80  | 5,87  | 5,70  |
| 17    | Нитриты (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )   | “_”               | 3            | 0,013  | 0,003 | 0,001 |
| 18    | Жесткость                                 | мг·экв/л          | 7 (10)       | 5,8    | 5,6   | 5,4   |
| 19    | Жесткость карбонатная                     | ммол/л            |              | 3,0    | 1,8   | 1,05  |
| 20    | Сульфиды (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> ) | мг/л              | 500          | 290,6  | 267,1 | 221,0 |
| 21    | Сухой остаток                             | “_”               | 1000 (500)   | 574    | 568   | 564   |
| 22    | Хлориды (Cl <sup>-</sup> )                | “_”               | 350          | 591    | 591   | 591   |
| 23    | Электропроводимость                       | мкС/см            | 1500         | 572    | 566   | 563   |

Технология применения описанного метода для обезжелезивания и полной деманганации подземных вод разработана и проверена в реальных условиях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Information of Ground Water Associates // Water Works Assoc – 1984-76. № 11. P. 67–68, 92
2. Зарубин Г.П., Новиков Ю.В. Современные методы очистки и обеззараживания питьевой воды. М., 1976.
3. Николадзе Р.И. Обезжелезивание природных и оборотных вод. М., 1978.
4. Станковичус В.И. Обезжелезивание воды фильтрованием. Вильнюс, 1978.
5. Золотова Е.Ф., Асс Г.Ю. Очистка воды от железа, фтора, марганца и сероводорода. М., 1975.
6. Hallek Beitrag zur Filtration eisenhaltigen Grun-Wasser. Wasserwirtsch afz. Wasser technik. № 12. 1964.
7. Асс Г.Ю. Выбор обезжелезивания воды по величине окислительно-восстановительного потенциала // Водоснабжение и санитарная техника. № 10. 1969.
8. Клячко В.А., Апельцин И.Э. Очистка природных вод. М., 1971.
9. Апельцин И.Э., Золотова Е.Ф. Очистка воды от марганца обработкой перманганатом калия // Труды ВНИИ ВОД ГЕО. М., 1974.
10. Апельцин И.Э., Золотова Е.Ф., Макаренко З.И. Технология применения перманганата калия при очистке воды // Жилищное и коммунальное хозяйство. № 9. 1974.
11. Гашимов А.М., Гурбанов К.В., Гасанов М.А., Закиева И.Г. Применение новых электрофизических методов в процессах очистки промышленных сточных вод // Изв. НАН Азербайджана, сер. физ. мат. и техн. наук. Физика и Астрономия. № 3. 2004. С. 81–83.
12. Халилов Э.Н., Багиров Р.А. Природные цеолиты, их свойства, производство и применение. Баку-Берлин, 2002.
13. Ерматов С.Е. Радиационно-стимулированная адсорбция. Алма-Ата, 1973.

14. Джужварлы Ч.М., Дмитриев Е.В. и др. Образование заряженного состояния в силикагелях под воздействием электрических полей и разрядов // Электронная обработка материалов. № 4. 1991. С. 46–47.
15. Гасанов М.А. Влияние электрических полей и разрядов на процессы сорбции в системе «жидкость–адсорбент». Автореф. дис. канд. физ.мат. наук. Баку, 1992.
17. Hashimov A.M., Aliyev V.A., Mehdizadeh R.N., Hasanov M.A., Zakiyeva I.H. Clearing of industrial sewage with use of electric discharges effect. II International Conference: Technical & Physical Problems in Power Engineering, 6-8 September 2004, Tabriz, Iran, P. 461–462.
18. Гасанов М.А. Третичная очистка сточных вод при воздействии электрическим разрядом // Проблемы энергетики. № 3. Баку, 2004. С. 58–61.

Поступила 17.01.05

### Summary

In this paper the results of the investigation of the refining process of underground waters from iron and manganese with the use of electric-discharge action are given. It is shown that the application of the electric-discharge action of the barrier type essentially increases the efficiency of the adsorption refining of underground waters. The presented method is perspective technology of the refining of underground waters from iron and manganese.

Т.Д. Денисюк, А.Р. Ризун

## ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНАЯ ОЧИСТКА ТОЧНОГО ЛИТЬЯ

*Институт импульсных процессов и технологий НАН Украины,  
пр. Октябрьский, 43-А, г. Николаев, 54018, Украина*

Электроразрядная очистка (ЭРО) в активных средах широко внедрена в литейном производстве мелкого, среднего и крупногабаритного литья [1]. ЭРО точного тонкостенного (с толщиной стенки < 8 мм) литья применяется нешироко из-за того, что для производства таких заготовок используются литейные формы и стержни из высокопрочных материалов, прочность на сжатие которых достигает порядка 10 МПа и выше, и для их разрушения требуется энергия  $E \leq 5$  кДж, являющаяся критической для точных литых заготовок.

Экспериментально установлена (табл. 1, рис. 1) зависимость критических энергий ЭРО от толщины стенок точного литья из стальных, чугуновых и алюминиевых сплавов. Эта зависимость может служить ориентиром для расчета энергий ЭРО. Анализ полученных значений показывает, что использовать ЭРО для тонкостенного литья, полученного в оболочковых, керамических и других высокопрочных формах и стержнях, возможно только в том случае, если энергия импульсного нагружения при разрушении форм и стержней не превышает прочности самой отливки. Поэтому в большинстве случаев используются механические способы очистки точного литья, состоящие из большого объема ручного труда, и экологически вредные жидкости (кислоты и щелочи) для разупрочнения формовочных материалов.

Цель работы – изучение возможностей снижения прочности форм и стержней с использованием ЭРО в активных разрядных средах на основе поверхностно-активных веществ (ПАВ) и исключения вредных воздействий на материал отливки.

В качестве активной среды служил раствор адипиновой кислоты, относящейся к классу ПАВ-диспергаторов [2]. Показателем активности среды является величина, характеризующаяся отношением ее поверхностного натяжения к оптимальной концентрации в растворе ПАВ. Максимально возможная активность экспериментально установлена при 30% водном растворе адипиновой кислоты.