

Очистка воды от ионов железа осажденными мембранами с сорбционным слоем природного минерала опоки

Н.О. Сиволобова, А.Ю. Черкасов, Н.В. Грачева, В.Ф. Желтобрюхов

Волгоградский государственный технический университет

Аннотация: В работе представлены результаты очистки воды от ионов железа с использованием мембран, содержащих сорбционный слой природного минерала – опоки. Оценены свойства осажденных мембран с селективным слоем из опоки и органического полимерного связующего, позволяющего улучшить их эксплуатационные характеристики. Применение осажденных мембран с опокой позволит обеспечить получение воды из подземных источников, соответствующей требованиям питьевого водоснабжения.

Ключевые слова: Подземные воды, очистка воды, обезжелезивание, мембрана, осажденная мембрана, сорбционные методы, опока, полиакриламид.

В подземных водах Волгоградской области превышена концентрация ионов железа (от 10,5 мг/л до 43 мг/л), и марганца [1]. На сегодня для получения воды питьевого качества используют различные методы удаления железа. Часто применяются методы, основанные на фильтрации через модифицированную загрузку, а также используется технология очистки, включающая аэрацию и фильтрацию через песчаную загрузку. К их недостаткам относятся истирания, не длительное времени работы каталитического слоя, низкая эффективность очистки к концу цикла фильтрования, большое количество воды, необходимое для регенерации фильтра [2].

Сорбция является простым и эффективным способом, для удаления из подземных вод катионов железа и марганца. Особое внимание уделяется сорбционным системам, где в роли сорбентов используют природные материалы: минералы различного происхождения и структуры [3]. Наличие местных эффективных природных сорбентов позволяет расширить возможности реализации адсорбционных технологических процессов для систем локальной очистки подземных вод [4].

Опока – является природным дисперсным кремнезёмом, широкого спектра применения, характеризующийся прочностью при высокой пористости, непромокаемостью в воде, устойчив к кислотам и щелочи [5]. Комплексные сорбционные свойства этого материала позволяют применять его для очистки подземных вод от тяжелых металлов.

Опоки зарекомендовали себя в качестве сорбентов при очистке природных и промывных вод [6,7]. Это обусловлено их пористым строением с преобладанием микро- и мезопор. Они образованы частицами кремнезёма, массовое содержание которого колеблется от 75 до 92% в зависимости от месторождения. Плотность составляет от 1100 до 1600 кг/м³, пористость около 55 %. Опоки в основном состоят из глинистых минералов, но при этом отличаются легкостью, шероховатой поверхностью раковистого и плоскораковистого излома [8].

Одним из перспективных направлений в организации высокотехнологичных процессов получения воды питьевого качества — это использование мембранных процессов.

Мембраны с осаждённым слоем загрузки относятся к перспективным методом для очистки вод с высоким содержанием железа. Особенность таких мембран высокая проницаемость и ее долгое снижение.

Внедрение технологии осаждённых мембран расширяет область применения мембранных методов, и дает возможность получить воду питьевого качества. Мембранные установки очистки отличаются низкой энергоемкостью и компактностью, что обеспечивает экономическую эффективность и экологическую безопасность [9].

Известны исследования по успешной разработке композитной осажденной мембраны для очистки подземных вод с повышенными концентрациями железа с использованием в качестве мембранообразующих компонентов бентонитовой глины и органических связующих [10].

Целью данной работы являлось получения осажденных мембран, содержащих сорбционный слой опоки. Задачей работы было оценить сорбционную активность опоки к ионам железа и получить осажденные мембраны, позволяющие проводить качественную очистку воды, при хороших технических характеристиках мембран – получение равномерного, прочного слоя не склонного к растрескиванию и обеспечение оптимальных значений проницаемости.

Осажденные мембраны получали нанесением сорбционного слоя на поверхность микрофилтра, путем пропускания через него раствора, содержащего мембранообразующие компоненты. Осажденные мембраны были исследованы на эффективность и проницаемость при очистке железосодержащих растворов.

Объектом исследования являлись опоки Астраханского месторождения.

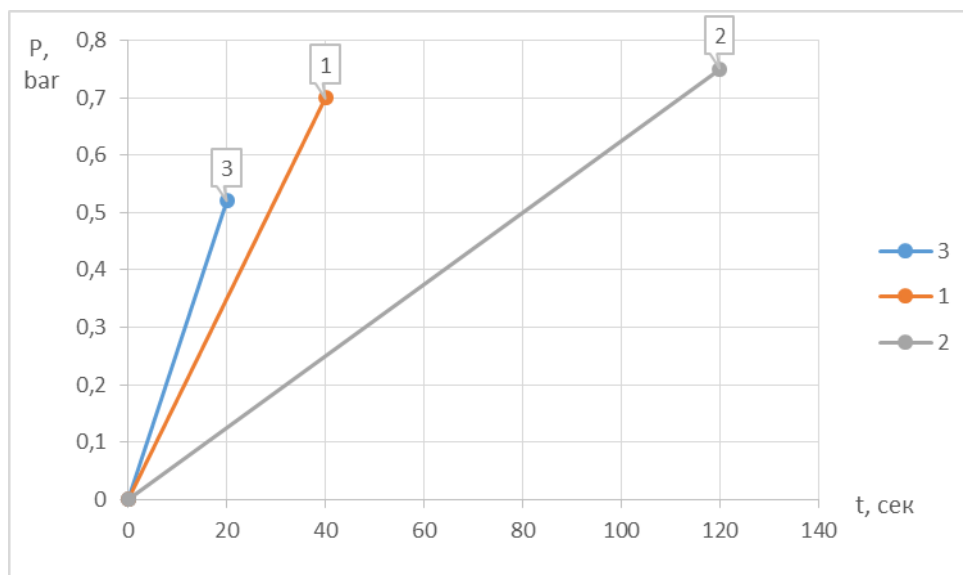
В качестве подложки применялись мембраны типа МФАС – X-1– микропористый пленочный материал, изготовленный на основе смеси ацетатов целлюлозы с размером пор 0,9 мкм и общей пористостью 80 – 85%.

Для нанесения опоки на мембрану использовался рабочий раствор (без осадка) концентрацией 68,8 мг на 100 мл дистиллированной воды.

Подготовлены три осаждённые мембраны. Под №1 раствор опоки в наитивной форме. Под №2 раствор опоки с добавлением полиакриламида (ПАА). Под №3 Образец сравнения сорбционной активности мембран. Раствор кремневой кислоты в концентрации 2,5 г на 100 мл дистиллированной воды. Кремниевая кислота характеризуется высокими показателями извлечения катионов из водных растворов.

В качестве модельной среды, соответствующей максимальной концентрации ионов железа в природных источниках использовался раствор сульфата железа (215 мг/л) с концентрацией железа в воде 43мг/л.

Полученные осажденные мембраны были исследованы на эффективность и проницаемость при очистке растворов двухвалентного железа ($pH = 7,5$)

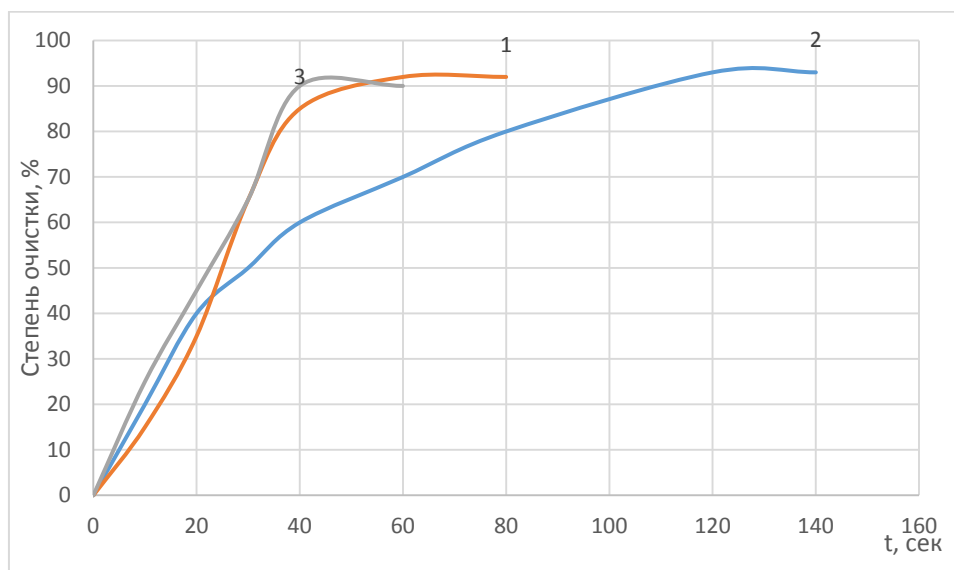


1 – мембрана с осаждённой опокой; 2 – мембрана с осаждённой опокой и ПАА;
3 – мембрана с осаждённой кремневой кислотой

Рис. 1 График проницаемости мембран

По графику 1 видно, что наибольшей проницаемостью обладают мембраны с кремневой кислотой и опокой. Мембрана с опокой и ПАА наименьшей, но в сравнении с первым образцом лучше сохраняет осаждённый слой, за счет связующего компонента ПАА.

Концентрация железа в воде при очистке воды уменьшилась с 43 мг/л до 3,4 мг/л – мембрана с осажденной опокой; 3,1 мг/л – мембрана с осажденной опокой и ПАА; 4,1 мг/л – мембрана с осажденной кремневой кислотой.



1 – мембрана с осажденной опокой; 2 – мембрана с осажденной опокой и ПАА; 3 – мембрана с осажденной кремневой кислотой

Рис 2. График зависимости концентрации от времени

По графику видно, что мембраны с опокой, так же хорошо удаляют ионы железа из воды как кремневая кислота. При этом достигается степень очистки от 91 до 93%. Это означает, что опока является подходящим сорбентом для обезжелезивания воды.

Таким образом, проведенные исследования выявили следующее.

1. Природная порода опока может быть использована в качестве сорбционного слоя мембраны для удаления ионов железа. В сравнение с кремневой кислотой (удаляет ионы железа с 43 мг/л до 4,1 мг/л) природный сорбент опока удаляет ионы железа с 43 мг/л до 3,1 мг/л.

2. Наиболее долговечной является осажденная мембрана с опокой и добавлением полиакриламида. На мембране без добавления ПАА появляются трещины и осажденный слой опоки через некоторый промежуток времени отстает от мембраны.

3. Применение осажденных мембран с опокой позволит очищать железосодержащие воды с исходной концентрацией 43 мг/л до 3 мг/л, и обеспечить получение воды из подземных источников, соответствующей требованиям.

Литература

1. Лобачева Г.К., Смотровая О.Г., Гучанова И.Ж., Филипова А.И., Колодницкая Н.В., Сметанин В.И. Состояние поверхностных и подземных вод Волгоградской области и способы их защиты от загрязнения // *NBI-technologies*. 2012. №6. С. 101-108.
2. Bergstrom J. Seasonal variation and distribution of dissolved iron in an aquifer // *Nordic Hydrology*. 1974. №5. pp. 72-76.
3. Ghiorse, W. C. Biology of Iron-and-Manganese-Depositing Bacteria // *Annual Review Microbiology*. 1984. №38. pp. 515-550.
4. Бузаева М.В. Известия Самарского научного института РАН. – Самара. – 2005. – Т.2. – С. 256.
5. Падалкин Н.В., Евшин П.Н. Модифицированные сорбенты на основе опоки для очистки вод // *Труды Кольского научного центра РАН*. 2019. №4. С. 262-269.
6. Кондрашова А.В. Физико-химические свойства дисперсного кремнезёма-опоки // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология*. 2012. С. 37-40.
7. Москвичева А.В., Трегубов А.Ю., Сахарова А.А., Москвичева Е.В., Пухов М.В. Сорбционная очистка воды подземных источников // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета*. 2018. №51. С. 70-75.
8. Чигаев И. Г. Обезжелезивание природных подземных вод Алтайского края с применением мембранных методов: дис. ... канд. техн. наук: 25.00.27 . Барнаул, 2015. 127 с.
9. Чигаев, И. Г. Пат. № 2104760 RU, МПК6, В01D69/14, Способ изготовления фильтрующего элемента для глубокой очистки коллоидных систем от дисперсной фазы.



10. Москвичева Е.В., Доскина Э.П. Сахарова А.А., Москвичева А.В., Катеринин К.В., Батманов В.П., Белоусова Ю.Б. Использование природного минерала для очистки промывных вод // Вестник Волгоградского гос. архит. - строит. ун-та. 2017. №47. С. 249-260.
11. Абдулин И.Ш. Композиционные мембраны // Вестник Казанского технологического университета. 2012. №4. С. 67-74.

References

1. Lobacheva G.K., Smotrova O.G., Guchanova I.ZH., Filipova A.I., Kolodnitskaya N.V., Smetanin V.I. NBI-technologies. 2012. №6. pp. 101-108.
 2. Bergstrom J. Nordic Hydrology. 1974. №5. pp. 72-76.
 3. Ghiorse, W. C. Biology of Iron-and-Manganese-Depositing Bacteria Annual Review Microbiology. 1984. №38. pp. 515-550.
 4. Buzayeva M.V. Izvestiya Samarskogo nauchnogo instituta RAN. Samara. 2005. T.2. p. 256.
 5. Padalkin N.V., Yevshin P.N. Trudy Kol'sko gonauchnogo tsentra RAN. 2019. №4. pp. 262-269.
 6. Kondrashova A.V. Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya Khimiya. Biologiya. Ekologiya. 2012. pp. 37-40.
 7. Moskvicheva A.V., Tregubov A.YU., Sakharova A.A., Moskvicheva E.V., Pukhov M.V. Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2018. №51. pp. 70-75.
 8. Chigayev I. G. Obezzhelezivaniye prirodnykh podzemnykh vod Altayskogo kraya s primeneniym membrannykh metodov [Removal of iron from natural underground waters of the Altai territory using membrane methods]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 25.00.27. Barnaul, 2015. 127 p.
 9. Chigayev, I. G. Pat. № 2104760 RU, МПК6, В01D69/14, Sposob izgotovleniya fil'tryushchego elementa dlya glubokoy ochistki kolloidnykh system ot
-



dispersnoy fazy [Method for manufacturing a filter element for deep cleaning of colloidal systems from the dispersed phase].

10. Moskvicheva E.V., Doskina E.P., Sakharova A.A., Moskvicheva A.V., Katerinin K.V., Batmanov V.P., Belousova YU.B. Vestnik Volgogradskogo gos. arkhит.-stroit. un-ta. Ser. Stroitel'stvo i arkhitektura. 2017. №47. pp. 249-260.

11. Abdulin I.SH. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2012. №4. pp. 67-74.