

УДК 628.1

А. Н. КВАРТЕНКО

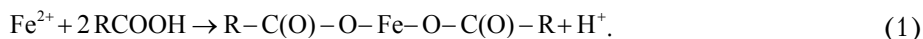
Национальный университет водного хозяйства и природопользования

ТЕХНОЛОГИЯ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ АГРЕССИВНЫХ ПОДЗЕМНЫХ ВОД С НИЗКИМ ЩЕЛОЧНЫМ РЕЗЕРВОМ, СОДЕРЖАЩИХ АММИАК И ЖЕЛЕЗООРГАНИЧЕСКИЕ КОМПЛЕКСЫ

Показано, что в современных условиях подземные воды представляют собой сложную многокомпонентную систему, для кондиционирования которых предлагается последовательно использовать комплекс биофизико-химических методов, позволяющих активизировать процессы водоочистки, достигая синергетического эффекта. Приведенные результаты теоретических, лабораторных и производственных исследований очистки многокомпонентных железосодержащих агрессивных подземных вод с низким щелочным резервом. Выполнена теоретическая обработка химизма процесса их подщелачивания. Определены оптимальные параметры бикарбонатной щелочности подземных вод для развития железобактерий. По результатам исследований предложена технология, позволяющая корректировать ряд физико-химических параметров системы, необходимых для интенсификации процессов биологического окисления, коагуляции, фильтрации, стабилизации.

многокомпонентные воды, комплексно органические соединения, железо и марганцо окисляющие бактерии, окисление аммиака, комплексная технология обезжелезивания, корректировки физико-химического состава воды, корректировки бикарбонатной щелочности воды, биореактор, стабилизация фильтрата

Проведя анализ защищенности подземных водоносных горизонтов на территории Украины, можно констатировать, что более чем 60 % водоносных горизонтов территории Украины относятся к категориям незащищенных и условно защищенных [1]. Физико-химический качественный состав таких вод формируется как за счет геохимических процессов взаимодействия воды с водовмещающими породами, так и под воздействием антропогенных факторов. К типичным представителям первой группы относятся различные формы железа, марганца, бора, брома, фтора, а также растворенные газы – диоксида углерода, сероводорода, радона. В подземных водах, имеющих подпитку из лесных озер и болот, металлы могут находиться в составе прочных комплексов с гуминовыми кислотами (Fe-ГК, Mn-ГК) и фульвокислотами (Fe-ФК, Mn-ФК):



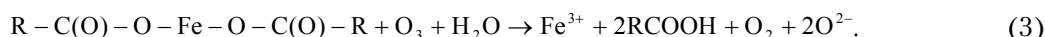
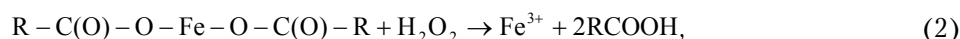
При использовании обычных технологических схем обезжелезивания – упрощенная (глубокая) аэрация – фильтрование, находящиеся в воде ионы железа могут окисляться до Fe^{3+} , однако процессу гидролиза во многом мешают фульвокислоты (ФК), образующие с Fe^{3+} стабильную систему Fe-ФК, что делает данные методы обезжелезивания малоэффективными. Интенсивность гидролиза железа в присутствии ФК зависит от количественного соотношения ФК/ Fe^{3+} и pH среды. С повышением pH системы ФК способны удерживать все меньшие концентрации Fe^{3+} вследствие усиленной конкуренции со стороны группы OH^- . Однако в подземных водах с высокой буферностью системы использование известного реагентного метода обезжелезивания: аэрация – подщелачивание (с использованием раствора CaCO_3) также не является эффективным, вследствие перерасхода щелочного реагента и повышения жесткости обрабатываемой воды, а также необходимостью ввода в технологическую схему блока отстойников.

При хлорировании таких вод гумусовые вещества, образующие легколетучие хлорорганические производные и обладающие мутагенной активностью, весьма сложно поддаются окислению и удалению на традиционных водоочистных сооружениях. Такие воды характеризуются, как правило, низкими значениями pH (5,5...6,8), редокс потенциала (до 100 мВ), бикарбонатной щелочности

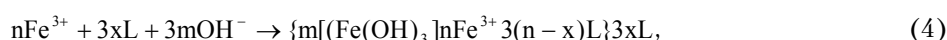
© А. Н. Квартенко, 2013

(0,9...3,0 мг экв/л), повышенной цветностью (более 30 град) и высокой перманганатной окисляемостью (5–50 мг/л). Ко второй группе следует отнести ингредиенты антропогенного загрязнения от промышленных предприятий, сельского хозяйства, коммунального сектора. Наиболее яркими представителями данной группы в подземных водах являются: азот аммонийные соединения, аммиак, фенол, пестициды и летучие органические вещества высоких классов опасности. Таким образом складывается ситуация, при которой действующие станции обезжелезивания, работающие в технологических режимах: упрощенная (глубокая) аэрация – фильтрование, подщелачивание – аэрация – отстаивание – фильтрование зачастую не могут добиться необходимого качества фильтрата.

Современные технологии очистки вод такого физико-химического состава используют для разрушения фульватных и гуминовых комплексов сильные окислители (O^3 , H_2O_2 , $KMnO_4$, $HOCl$, Cl_2):



В результате чего образуются весьма стабильные гетерогенные коллоидные взвешенные системы с большим отрицательным поверхностным зарядом:



которые удаётся дестабилизировать лишь с использованием ионогенных электролитов [11, 12]. Использование сильных окислителей, как и повышенных доз коагулянтов, приводит к удорожанию системы водоочистки. Кроме того, подземные воды названного региона весьма агрессивны по отношению к металлу и бетону (таблица) и требуют стабилизационной обработки.

Таблица – Характеристика параметров качества подземных вод некоторых водозаборов Северо-Западных областей Украины

Наименование водозабора	Параметры качества воды						Индекс	
	рН, ед	Щелочность, Мг-экв/л	Перманганатная окисляемость, мгО/л	Аммиак, мг/л	H_2S мг/л	Железо, мг/л	Ланжелье	Ризнера
	<i>Ровенская область</i>							
с. Балашовка	6,4–6,5	1,4–1,6	до 5	до 2,0	до 2*	4,8–8,5	–1,67	10
п. г.т. Рокитно	6	0,9–1,4	7	1,7–2,5(4)*	до 4	15–24	–2,4	10,8
г. Костополь	7,1	1,76	до 9	не опр.	не опр.	5	–1,08	9,26
с. Старое-Село	7 (5,8)*	1–2,7 (4,5)*	5,8–7,0 (11)*	1,5–3,0	до 3	2,5–3,4 (11)	–0,29	7,67
п. г. т. Заречное	7,1	1,55–2,00	3,8–6,4	2,5	не опр.	7,8–9,0	–0,52	8,14
г. Березно	7,4	2,4–2,85	до 5,0	до 0,5	до 1	0,9–2,45	–0,44	8,28
<i>Вольнская область</i>								
г. Каменец-Каширский	7,45	3,5	2,4	1,8	не опр.	1,5–1,8	–0,29	8,23
<i>Хмельницкая область</i>								
г. Славута	7,1	4,0–4,5	2,4–4,0	до 0,5	не опр.	1,5–2,5	–0,29	7,93

*Примечание: Возможны некоторые изменения параметров качества подземных вод как по годам, так и по сезонам.

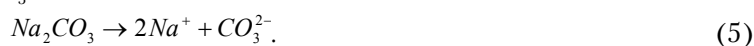
Таким образом, в настоящее время на большинстве водозаборов очистку подземных вод следует рассматривать не столько как процесс обезжелезивания (деманганизации), а как комплекс процессов, позволяющих удалять из природных вод ряд ингредиентов как природного, так и антропогенного происхождения, тесно взаимосвязанных между собой.

Проблемам очистки подземных вод посвящены работы таких ученых, как Г. Ю. Асса, М. Г. Журбы, Ж. М. Говоровой, Г. И. Николадзе, О. Я. Олейника, В. О. Орлова, Н. А. Сафонова, К. А. Мамонтова, П. Д. Хоружего, В. О. Терновцева и др.

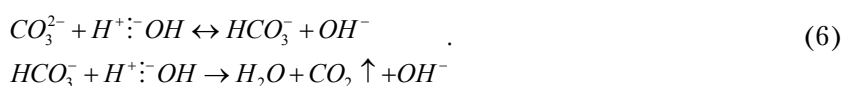
Изучив работы отечественных и зарубежных ученых [2–8], изменения качества воды на действующих водозаборах ряда областей Украины [10, 11] и эффективность работы действующих станций обезжелезивания, нами была поставлена задача модернизации существующих и внедрения новых энерго- и ресурсосберегающих технологий комплексной очистки подземных вод сложного физико-химического состава.

В качестве одного из решений данной задачи нами предложен комплексный биофизико-химический метод очистки подземных вод с учетом присутствия в них тех или иных компонентов как природного, так и антропогенного происхождения. Метод базируется на последовательно выстроенных в технологическую цепочку процессах таким образом, чтобы предшествующие процессы, не ингибировали, а активировали последующие, добиваясь тем самым синергетического эффекта в очистке. Основой для разработки предлагаемой технологии послужили теоретические выкладки [9] и экспериментальные исследования [10, 11], проведенные на водах подземного горизонта п. г. т. Рокитно, п. г. т. Заречное и с. Балашовка Ровенской области (таблица). Работа была разделена на несколько этапов. На первом этапе были рассмотрены несколько возможных вариантов прохождения химических реакций в зависимости от типа применяемого щелочного реагента и точки его ввода [9]. Выполненные теоретические проработки химизма процесса подщелачивания слабокислых железосодержащих вод с низким щелочным резервом позволили остановиться на оптимальном, с нашей точки зрения, процессе: **подщелачивание** → **аэрация** → **биоокисление** → **обработка коагулянтom** → **фильтрация**. Использование в данной схеме кальцинированной соды в качестве подщелачивающего реагента позволяет отказаться от блока разделения фаз и рассматривать протекание комплекса химических реакций по следующему механизму: диссоциация соединений $Fe(HCO_3)_2$; Na_2CO_3 с последующим их гидролизом, вывод продуктов гидролиза из зоны реакции с последующим окислением соединений $Fe(OH)_2$ кислородом воздуха:

1 этап: диссоциация соединений Na_2CO_3 :



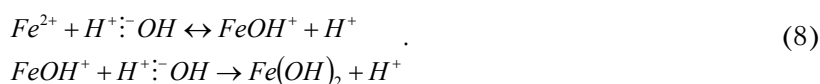
2 этап: гидролиз Na_2CO_3 по аниону:



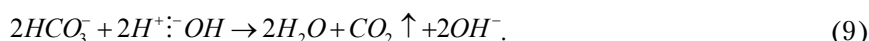
3 этап: диссоциация кислой соли $Fe(HCO_3)_2$:



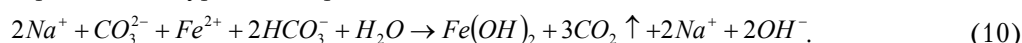
4 этап: гидролиз гидрокарбоната железа (II) по катиону:



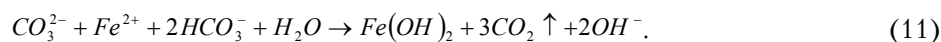
гидролиз гидрокарбоната железа (II) по аниону:



Полное молекулярно-ионное уравнение реакции:



Сокращенное молекулярно-ионное уравнение реакции:



Поскольку в результате гидролиза в воде одновременно присутствуют ионы H^+ и OH^- , параллельно происходит процесс образования малодиссоциированного вещества – воды: $2H^+ + 2OH^- \rightarrow 2H_2O$, что выводит продукты гидролиза из зоны реакции и способствует более полному протеканию процесса образования $Fe(OH)_2$ с его последующим окислением кислородом воздуха:



Таким образом обеспечивается непрерывность прохождения химических реакций гидролиза с последующим окислением продуктов реакции и как следствие достигается интенсификация процесса реагентного обезжелезивания природных вод без кардинальных капитальных затрат в существующих технологических процессах.

На втором проведены исследования в бактериологической лаборатории Ровенской СЭС на предмет выявления оптимальных значений щелочности обрабатываемой воды для развития колоний железобактерий (рис. 1), что дает нам возможность корректировать значение бикарбонатной щелочности перед модулем биореактора путем ввода расчетных доз раствора кальцинированной соды.

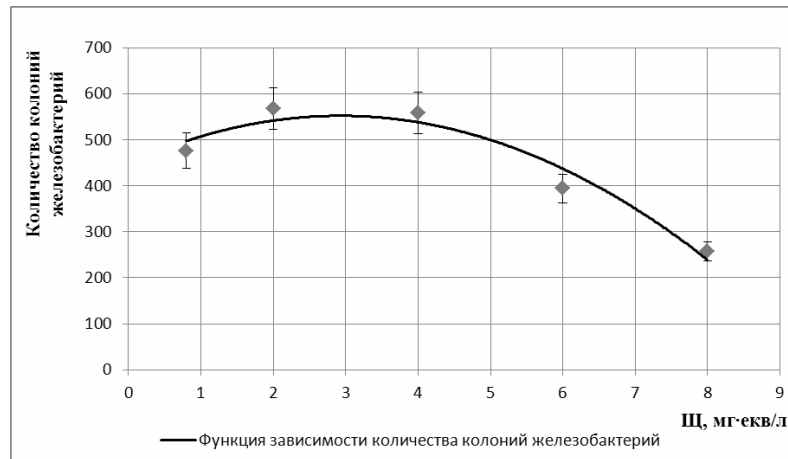


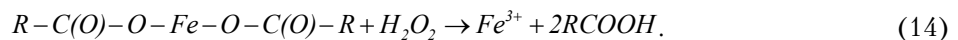
Рисунок 1 – Зависимость количества колоний железобактерий от величины бикарбонатной щелочности среды.

Известно, что в результате процессов жизнедеятельности железобактерий одним из продуктов метаболизма является пероксид водорода, накапливающийся на поверхности капсул.

В нейтральной или слабощелочной среде окисление Fe^{2+} до Fe^{3+} происходит в результате непосредственного взаимодействия с пероксидом водорода следующим образом:



Этот процесс протекает в капсулах, чехлах, слизистых выделениях, на поверхности клеточной стенки. Кроме того, выделение пероксида водорода микроорганизмами способствует более эффективному разрушению органических соединений:



При этом наработанный железобактериями природный коагулянт в форме $Fe(OH)_3$ выступает в дальнейшем в качестве центров коагуляции при последующем введении искусственного коагулянта извне.

На третьем этапе проведены натурные исследования на действующей станции обезжелезивания в п. г. т. Рокитно с целью сравнения эффективности работы существующей и предлагаемой схем (рис. 2). В состав действующей станции обезжелезивания на сегодняшний день входят пять напорных фильтров первой ступени, два напорных фильтра второй ступени, блок аэрации в составе компрессора – бака ресивера. Сжатый воздух вводится непосредственно в трубопровод перед фильтрами первой ступени. Параметры качества воды представлены в таблице. Результаты одного из характерных фильтроциклов приведены на рисунке 2.

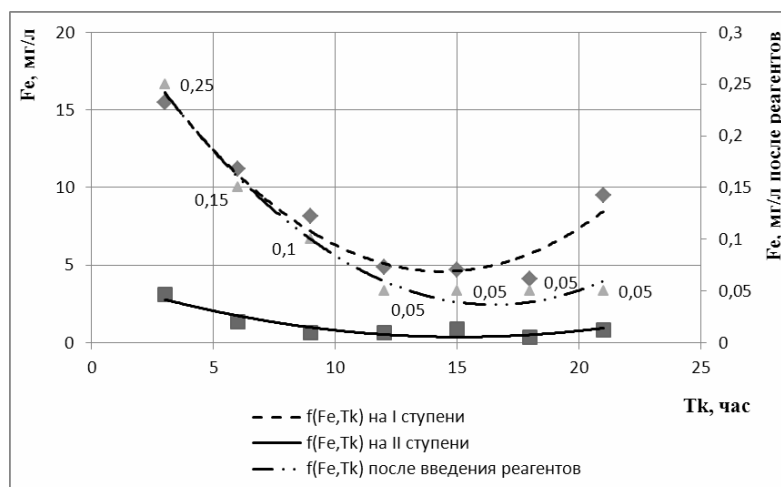


Рисунок 2 – Результаты характерного фильтроцикла на станции обезжелезивания воды п. г. т. Рокитно.

Как видно из приведенных результатов, продолжительность фильтроцикла в среднем составляет 18–22 часа, проскок двухвалентного железа в фильтрат составляет 0,68–2,50 мг/л. Такая проблема поясняется наличием в подземных водах, имеющих подпитку из болот, высокомолекулярных органических соединений (ВМС), в основу которых входят железогуминовые комплексы (Fe-ГК) – агрегативно устойчивые по аналогии с истинными растворами. Процессы нарушения их устойчивости связаны с переходом от полного растворения ВМС к ограниченному растворению или полному разделению фаз. Изменение растворимости ВМС достигается введением электролита (рис. 2), в результате чего происходит превращение гомогенной системы раствора в гетерогенную с последующим процессом раздела фаз. На рис. 3 приведены параметры изменения рН системы во время фильтроцикла. Из которого следует, что предварительное введение щелочного реагента перед биореактором необходимо еще и по причине резкого падения рН системы в результате удаления значительного количества бикарбонатного железа и замедления согласно [12] роста железобактерий, а также невозможности проведения процесса коагуляции.

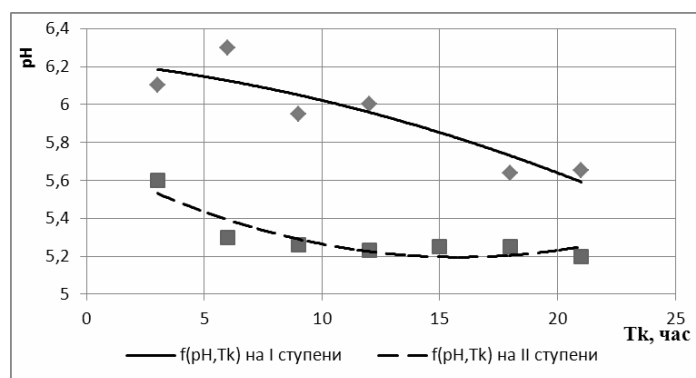


Рисунок 3 – Изменения состояния рН системы на протяжении фильтроцикла.

Таким образом, введение перед блоком биореактора раствора кальцинированной соды одновременно нейтрализует часть агрессивного диоксида углерода, корректирует бикарбонатную щелочность в область активизации окислительных процессов железобактерий окисляющих как легко окисляемую органику (рис. 4), аммиак (рис. 5), так и железогуминовые комплексы, повышает щелочной резерв системы, необходимый для последующего ввода раствора коагулянта.

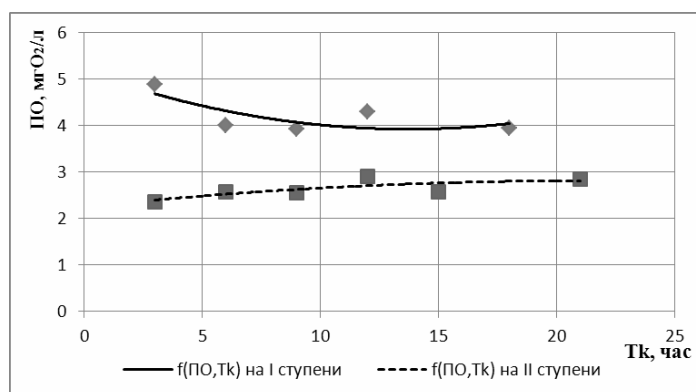


Рисунок 4 – Изменение значений перманганатной окисляемости на протяжении фильтроцикла.

На четвертом этапе выполнены проекты реконструкции действующей станции обезжелезивания п. г. т. Рокитно, а также проект станции обезжелезивания для школы колледжума с. Балашовка успешно внедренный согласно предложенной технологии [14]. Новизна технологий защищена патентами Украины [15, 16].

Блок-схема кондиционирования многокомпонентных подземных вод с изменениями их фазово-дисперсного состояния представлена на рис. 6. Технологический процесс включает: предварительную обработку исходной воды раствором соды → аэрацию → блок биореактора → ввод раствора коагулянта → блок фильтров → блок обеззараживания → блок стабилизации фильтрата.

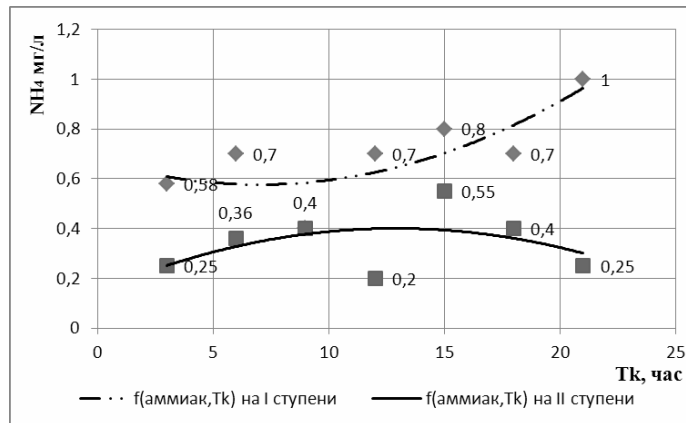


Рисунок 5 – Изменение концентрации аммиака на протяжении фильтрационного цикла.



Рисунок 6 – Блок-схема кондиционирования многокомпонентных подземных вод с изменениями фазово-дисперсного состояния рассматриваемых систем внутри технологического процесса.

ВЫВОДЫ

Предлагаемая технология позволяет проводить корректировку ряда физико-химических параметров системы, необходимых для интенсификации процессов биологического окисления, коагуляции, фильтрации, стабилизации фильтрата. К основным корректируемым параметрам следует отнести: pH – Eh системы, щелочность, агрессивный и равновесный диоксид углерода, растворенный кислород, содержание ионов кальция. Кроме того, предлагаемая технология позволяет значительно (до 30–40 %) снизить дозы коагулянтов за счет протекания биофлокуляционных процессов посредством наработки железобактериями природного коагулянта, а также снижать концентрации как легко окисляемых органических веществ, так и аммиака. Эффективность процесса коагуляции подготавливается заранее корректированием бикарбонатной щелочности и pH обрабатываемой воды на стадии очистки перед биореактором путем ввода расчетных доз щелочного реагента – соды и сжатого воздуха. Причем данная корректировка бикарбонатной щелочности и pH позволяет активизировать процессы жизнедеятельности железобактерий. Дальнейшее разделение фаз происходит на осветлительном фильтре с последующей коррекцией стабильности фильтрата, причем продолжительность фильтрационного цикла при использовании данной технологии увеличивается минимум в два раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2003 році [Текст] / М. Гіроль, С. Проценко, А. Гіроль та ін. – Рівне : НУВГП, 2005. – 450 с.
2. Золотова, Е. Ф. Очистка воды от железа, марганца, фтора и сероводорода [Текст] / Е. Ф. Золотова, Г. Ю. Асс. – М. : Стройиздат, 1975. – 176 с.
3. Сафонов, Н. А. Самопромывающиеся водоочистные установки [Текст] : Научное издание / Н. А. Сафонов, А. Н. Квартенко, А. Н. Сафонов. – Ровно : РГТУ, 2000. – 155 с.
4. Знезалізнєння підземних вод для питних цілей [Текст] : Наукове видання / В. О. Орлов, А. Н. Квартенко, С. Ю. Мартинов, Ю. І. Гордієнко. – Рівне : УДУВГП, 2003. – 155 с.
5. Очищення природної води на піно полістирольних фільтрах [Текст] : Наукове видання / В. О. Орлов, С. Ю. Мартинов, А. М. Орлова [та ін.] ; за загальною редакцією В. О. Орлова. – Рівне : НУВГП, 2012. – 171 с. – ISBN 978-966-327-214-6.

6. Николадзе, Г. И. Улучшение качества подземных вод [Текст] / Г. И. Николадзе. – М. : Стройиздат, 1987. – 240 с.
7. Журба, М. Г. Водоснабжение [Текст]. Том 2. Улучшение качества воды : Учебник для вузов / М. Г. Журба, Ж. М. Говорова. – М. : Изд-во АСВ, 2008. – 544 с. – ISBN 978-5-93093-542-4.
8. Классификаторы технологий очистки природных вод [Текст] / М. Г. Журба, А. П. Нечаев, Г. И. Ивлева, Ж. М. Говорова. – М. : ГПИ «Союзводоканалпроект», 2000. – 118 с.
9. Квартенко, А. Н. Теоретические основы механизмов химических реакций в технологических схемах обезжелезивания слабокислых, низкощелочных природных вод с использованием щелочных реагентов [Текст] / А. Н. Квартенко, И. Б. Грюк // Материали за IX Международна научна практична конференция «Бъдещите изследвания – 2013» (София, 17–25 февруари 2013). – София : «Бял ГРАД-БГ» ООД, 2013. – Т. 30. – С. 27–31.
10. Журба, М. Г. Биохимическое обезжелезивание и деманганация подземных вод [Текст] / М. Г. Журба, Ж. М. Говорова, А. Н. Квартенко // Водоснабжение и санитарная техника. – 2006. – № 9. – С. 17–23.
11. Квартенко, А. Н. Характеристика подземных вод Северо-Западных областей Украины и технологические схемы их кондиционирования [Текст] / А. Н. Квартенко // Проблемы водопостачання, водовідведення та гідраліки : Науково-технічний збірник. – К. : КНУБА, 2011. – Випуск 16. – С. 32–40.
12. Кондиционирование подземных вод многокомпонентного физико-химического состава [Текст] / М. Г. Журба, О. Б. Говоров, Ж. М. Говорова, А. Н. Квартенко // Водоочистка. Водоподготовка. Водоснабжение. – М. : ООО Вертикаль, 2012. – № 4(52). – С. 18–26. – ISSN 2072-2710.
13. Журба, М. Г. К обоснованию технологий деманганации подземных вод [Текст] / М. Г. Журба, Ж. М. Говорова, А. Н. Квартенко // Водоснабжение и санитарная техника. – М. : ООО «Издательство ВСТ», 2013. – № 6. – С. 5–13. – ISSN 0321-4044.
14. Квартенко, А. Н. Модернизированные технологии комплексного кондиционирования подземных вод [Текст] / А. Н. Квартенко, Ж. М. Говорова // Вестник МГСУ : Научно-технический журнал. – М. : Издательство МИСИ-МГСУ, 2013. – № 5. – С. 118–126. – ISSN 2304-6600.
15. Пат. № 79151 Україна, МПК C02F 1/64, C02F 1/66. Спосіб очищення слабо кислих підземних вод з низьким лужним резервом [Текст] / Квартенко О. М. ; заявник та патентовласник Квартенко О. М. – № u201212591 ; заявл. 05.11.2012 ; опубл. 10.04.2013, Бюл. № 7/2013. – 3 с. : ил.
16. Пат. № 80341 Україна, МПК C02F 1/64, C02F 3/00, C02F 7/00 Спосіб очищення підземних вод від сполук заліза [Текст] / Квартенко О. М. ; заявник та патентовласник Квартенко О. М. – № u201213456 ; заявл. 26.11.2012 ; опубл. 27.05.2013, Бюл. № 10/2013. – 3 с. : ил.

Получено 04.10.2013

О. М. КВАРТЕНКО

ТЕХНОЛОГІЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ АГРЕСИВНИХ ПІДЗЕМНИХ ВОД З НИЗЬКИМ ЛУЖНИМ РЕЗЕРВОМ, ЯКІ МІСТЯТЬ АМІАК ТА ЗАЛІЗООРГАНІЧНІ КОМПЛЕКСИ

Національний університет водного господарства та природокористування

Наведені результати теоретичних, лабораторних та виробничих досліджень очищення багатокомпонентних залізовмісних агресивних підземних вод з низьким лужним резервом. Виконано теоретичне опрацювання хімізму процесу їх підлужування. Визначені оптимальні параметри бікарбонатної лужності підземних вод для розвитку залізобактерій. Розглянута концепція ендогенного окислення залізоорганічних, легкоокислювальної органіки, аміаку продуктами внутрішньоклітинного метаболізму активованих феро- і марганцеокислювальних бактерій в технічних системах спільно з адресним введенням реагентів. Розглянута технологія дозволяє зменшити на 30–40 % витрати реагентів порівняно із існуючими реагентними схемами за рахунок активізації біофлоколяційних процесів в засипці біореактора.

багатокомпонентні води, комплексно органічні сполуки, залізо- та марганцеокислювальні бактерії, окислення аміаку, комплексна технологія знезалізнення, коригування фізико-хімічного складу води, коригування бікарбонатної лужності води, біореактор, стабілізація фільтрату

ALEXANDER KVARTENKO

TECHNOLOGY CONDITIONING AGGRESSIVE GROUNDWATER LOW BASE RESERVE CONTAINING AMMONIA AND ORGANIC COMPLEXES OF IRON
National University of Water Management and Nature

In this paper, by analyzing the quality of the ground water of the North-Western region of Ukraine, it is proposed to consider a number of retrofit technologies for their complex purification. The author argue

that the underground water is a multi-component system. Proposed by the author of water treatment technology is a complex biological, physical and chemical methods allowing to achieve a synergistic effect. The results of theoretical, laboratory and industrial research intensive treatment of multicomponent iron aggressive groundwater with low alkaline reserve. Theoretical study of the chemistry of the process alkalization. The optimal parameters of bicarbonate alkalinity groundwater for development of iron bacterias. According to the research the technology that allows the adjustment of some physico-chemical parameters of the system needed to intensify the processes of biological oxidation, coagulation, filtration, stabilization.

multicomponent water, complex organic compounds, iron and marhantseokyslyuyuchi bacteria, ammonia oxidation, complex technology iron removal, adjustment of physical and chemical composition of water, adjusting bicarbonate alkalinity water, bioreactor, stabilized filtrate

Квартенко Александр Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри водопостачання, водовідведення та бурової справи Національного університету водного господарства та природокористування. Наукові інтереси: комплексне очищення підземних вод складного фізико-хімічного складу від сполук заліза, марганцю, залізогумінових комплексів, аміаку, стабілізаційної обробки води; розробка блочно-модульних водоочисних установок, обладнаних системами гідро-автоматичної промивки; дослідження у сфері АОР технологій (Advanced Oxidation Processes) для очищення природних вод від антропогенних інгредієнтів.

Квартенко Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры водоснабжения, водоотведения и бурового дела Национального университета водного хозяйства и природопользования. Научные интересы: комплексная очистка подземных вод сложного физико-химического состава от соединений железа, марганца, железогуминовых комплексов, аммиака, стабилизационной обработки воды; разработка блочно-модульных самопромывающихся установок очистки подземных вод; исследование в области АОР технологий (Advanced Oxidation Processes) для очистки природных вод от антропогенных ингредиентов.

Kvartenko Alexander – PhD (Eng.), Associated Professor, Department of Water-Supply, Overflow-Pipe and Boring Business, National University of Water Management and Nature National University of Water Management and Nature. Scientific interests: complex purification of groundwater complex physical and chemical structure of the compounds of iron, manganese, organic complexes of iron, ammonia, water stabilization processing; development of modular self-washed ground water treatment plants; research on the AOP technology (Advanced Oxidation Processes) for natural water from man-made ingredients.