

Технические решения очистки подземных вод, содержащих сероводород

С.А. Марьяш, Т.И. Дровозова, Г.С. Дровозова
Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова
Донского государственного аграрного университета

Аннотация: В работе дана характеристика химического состава подземных вод Ростовской области. На основании санитарно-экологической оценки химического состава подземных вод из скважин, одного из районов юго-восточной части РО, являющихся источниками водоснабжения ст. Егорлыкской установлено, что концентрация сероводорода превышает ПДК примерно в 1000 раз. Анализ методов очистки воды от сероводорода, к основным из которых относятся: окисление молекулярным хлором, гипохлоритом натрия, пероксидом водорода, показал преимущество использования последнего. Предложена новая конструкция реактора, позволяющая без увеличения габаритных размеров сооружения увеличить время контакта обрабатываемой воды с окислителем пероксидом водорода, что позволяет максимально перевести растворенный сероводород в твердую фазу.

Ключевые слова: подземные воды; сероводород, очистка, пероксид водорода, химический реактор, экономическая эффективность.

Обеспечение сельских поселений качественной питьевой водой является одним из основных факторов устойчивого развития сельских территорий.

Сельские поселения Ростовской области испытывают большой дефицит в качественной питьевой воде, что негативно сказывается на здоровье и, как следствие, трудоспособности населения.

Источником питьевого водоснабжения большинства сельских районов являются подземные воды.

Совершенствование технических решений водоподготовки на действующих и строящихся очистных сооружениях определило необходимость изучения процессов очистки подземных вод от компонентов, содержание которых намного превышает предельно допустимые концентрации для питьевой воды.

Подземные воды Ростовской области представлены пятью артезианскими бассейнами. Характеристику артезианских бассейнов области

можно проводить, разбив их на две группы - северную и южную. В северную группу объединяются: Приволжско-Хоперский, Донецко-Донской и Восточно-Донецкий бассейны, в южную – Азово-Кубанский и Ергенинский (рис 1) [1].

Схема гидрогеологического районирования Ростовской области



Рисунок 1. – Схема гидрогеологического районирования Ростовской области

Анализ химического состава подземных вод артезианских бассейнов Ростовской области показал, что в центральной и северной части воды характеризуются относительно невысокой минерализацией (до 1,5 г/дм³).

Подземные воды южной и юго-восточной части Ростовской области, отличаются повышенным содержанием сероводорода и железа, а также характеризуются высокими значениями показателей: минерализация, общая жесткость и не соответствием требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Очистка подземных вод от выше указанных компонентов является *актуальной* и первостепенной задачей обеспечения сельского населения качественной питьевой водой.

Санитарно-экологическая оценка состояния подземных вод Ростовской области определила цели и задачи исследования.

Целью исследований являлось совершенствование технических решений очистки подземных вод юго-восточной части РО и доведения их до питьевого качества.

Для достижения поставленной цели был изучен химический состав подземных вод юго-восточной части РО на примере ст. Егорлыкская и проведена их санитарно-экологическая оценка, установлены основные компоненты загрязнители.

На основании санитарно-экологической оценки химического состава подземных вод из скважин, вода из которых попеременно поступает в резервуар, и самого резервуара, являющихся источниками водоснабжения ст. Егорлыкской установлено следующее. Основными компонентами, содержание которых не соответствует требованиям качества питьевой воды, являются: сероводород, железо общее, хлорид-ионы, ионы магния, аммония, а также показатели: минерализация, общая жесткость, цветность [2]. Причем концентрация сероводорода в исследуемых водах превышает ПДК примерно в 1000 раз (рис. 2).

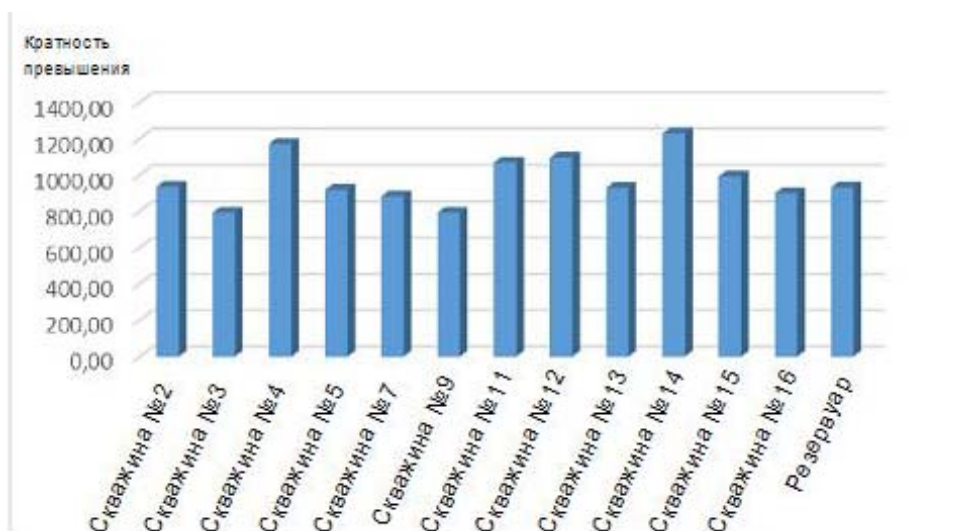


Рисунок 2 – Кратность превышения содержания сероводорода по сравнению с ПДК в исследуемых подземных водах

Поэтому очистка подземных вод от сероводорода является первостепенной задачей.

На втором этапе исследований был проведен анализ методов очистки воды от сероводорода, к основным из которых относятся: окисление H_2S молекулярным хлором, гипохлоритом натрия, пероксидом водорода [3-6].

В качестве недостатков использования хлорсодержащих окислителей необходимо отметить следующие.

При использовании сжиженного хлора возникнет необходимость в организации техногенно-опасного хлорного хозяйства и санитарно-защитной зоны, для которой на очистных сооружениях ст. Егорлыкской территории отсутствуют.

Для получения раствора ГХН на месте потребления (электролизом) необходимо предварительное приготовление раствора $NaCl$. Для этого предъявляются особые требования к воде, а именно, минимальная жесткость. Руководствуясь химическим составом подземных вод ст. Егорлыкской, нужно отметить, что они отличаются достаточно высоким показателем жесткости. Следовательно, необходимо декарбонизировать воду, что приведет к дополнительным расходам электроэнергии [7-9].

Кроме того, при использовании гипохлорита натрия продуктом окисления сероводорода являются хлорид-ионы. Количество образовавшихся хлорид-ионов эквивалентно количеству окисленного сероводорода. Так как анализ химического состава исследуемых подземных вод показал превышение содержания хлорид-ионов по сравнению с ПДК примерно в 1,9 раза, то даже не значительное их повышение, отрицательно скажется на минерализации воды.

На наш взгляд, эффективным методом удаления сероводорода из воды является окисление пероксидом водорода. Преимуществами использования

данного окислителя являются: отсутствие необходимости в сложном оборудовании для хранения и дозирования; относительно малая, по сравнению с хлором, коррозионная активность, отсутствие экологически опасных продуктов разложения [10].

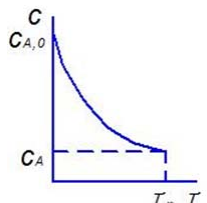
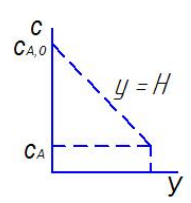
С целью определения необходимого времени контакта пероксида водорода с обрабатываемой водой изучена зависимость времени протекания реакции окисления сероводорода от концентрации H_2O_2 в пересчете на чистый пероксид водорода, на основании которой получено уравнение для расчета минимального времени контакта обрабатываемой воды с раствором пероксида водорода при различном содержании в ней сероводорода [11].

Важным условием эффективности процесса окисления сероводорода пероксидом водорода является конструкция сооружения (реактора) и его габаритные размеры.

С этой целью нами проведен сравнительный анализ существующих конструкций реакторов полного смешения периодического действия (каскадный) и идеального вытеснения (табл. 1) [12].

Таблица 1 – Сравнение различных типов реакторов

Тип реактора	Распределение концентраций	
	По времени	В пространстве реактора
Реактор полного смешения проточный (каскадный)		
Реактор идеального вытеснения		

Предлагаемый реактор		
----------------------	---	---

Анализ показал, что для достижения лучшего перемешивания в реакторах идеального вытеснения рекомендуется увеличивать скорость движения жидкости в реакторе. Поскольку время протекания химической реакции является константой, то увеличение скорости потока приводит к увеличению длины реактора, а, следовательно, к увеличению его габаритных размеров, что не всегда достижимо при установке оборудования в реальных условиях модернизации имеющихся очистных сооружений.

С целью совершенствования технических решений по очистке воды от сероводорода предлагается реакторная установка, представляющая собой бак (1) с выполненным в нем многоуровневым спиральным коридором (2), который позволит уменьшить габаритные размеры сооружения и увеличить время пребывания реакционной смеси в реакторном баке. Чтобы исключить нарушения протекания химической реакции окисления реакторный бак выполняется из инертных материалов. Объем реакторного бака рассчитывается, исходя из среднечасового расхода воды в сутки максимального водопотребления, скорости протекания окислительной реакции и соблюдения самотечного режима прохождения воды по станции. (рис. 3)

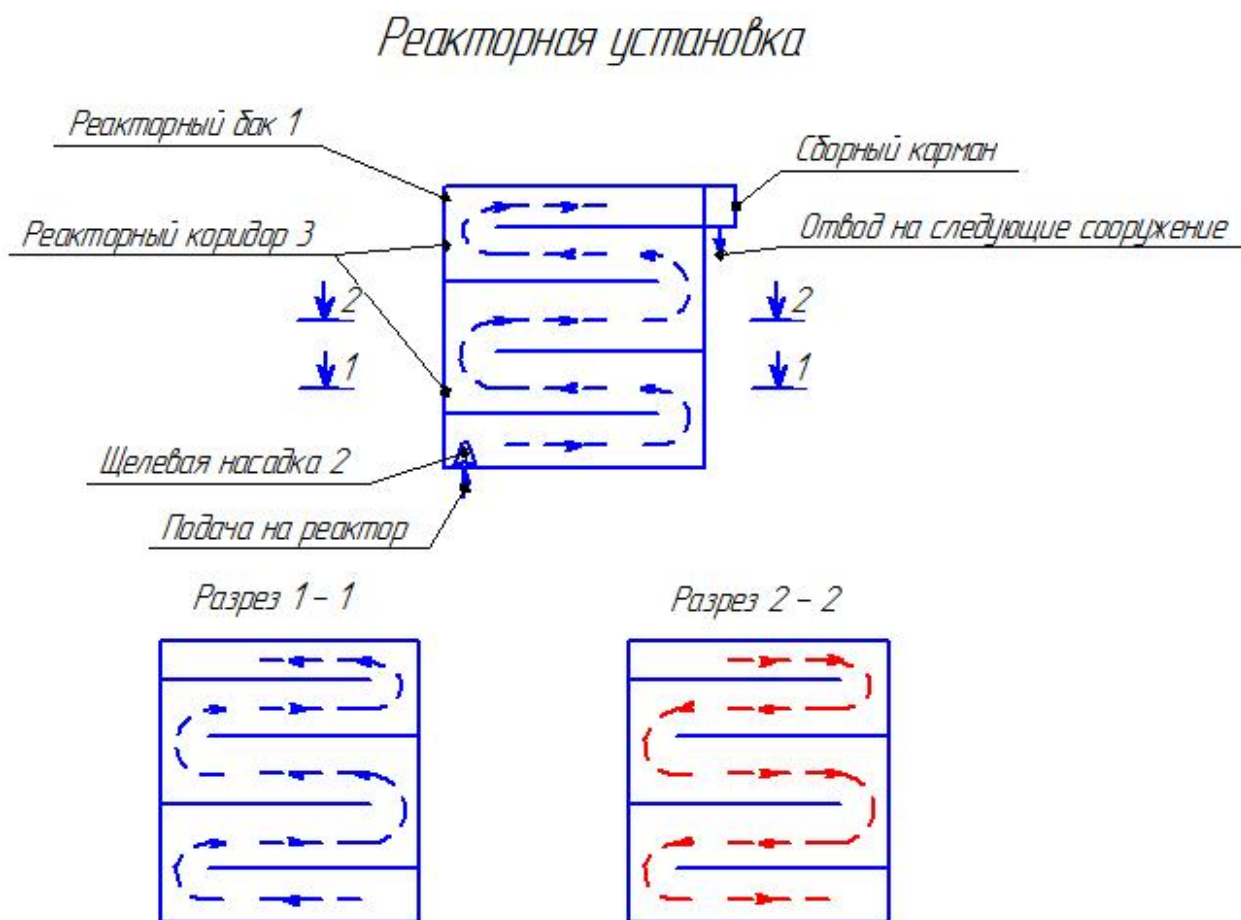


Рисунок 3 – Схема предлагаемого реактора

Предложенная конструкция реактора позволяет увеличить время контакта обрабатываемой воды с окислителем, не увеличивая габаритных размеров реактора. Для удаления избытка окислителя предусмотрены специальные элементы конструкции с нанесенным на них катализатором разложения.

Далее вода, с образовавшейся в ней коллоидной серой, собирается в сборный карман и отправляется на следующие сооружения.

Сравнительная оценка экономической эффективности существующих и предлагаемой конструкций реакторов представлена в табл. 2.

Таблица 2 – Оценка экономической эффективности работы сооружений

Типы реакторов	Общие экономические затраты. руб.	Себестоимость 1 м ³ очищенной воды, руб.
Каскадный	4061000	33,36
Реактор вытеснения	2561000	29,00
Рекомендуемый	861000	28,83

Экономическая оценка эксплуатационных расходов показала, что себестоимость очистки одного кубометра воды от сероводорода на предлагаемом сооружении снизится на 0,17 руб./м³ по сравнению с существующими аналогичными сооружениями.

С учетом производительности очистной станции ст. Егорлыкская предотвращенные затраты составят 496,4 тыс. руб./год.

Таким образом, предложенная конструкция реактора, позволит без увеличения габаритных размеров сооружения увеличить время контакта обрабатываемой воды с окислителем и максимально перевести растворенный сероводород в твердую фазу, которая удаляется в следующем блоке сооружений. Сравнение капитальных затрат показало, что при введении в эксплуатацию предлагаемого оборудования экономический эффект составит 66,4%.

Литература

1. Экологический атлас Ростовской области: Водные ресурсы Ростовской области / URL: ektor.ru
2. Разработка схем водоснабжения и водоотведения Егорлыкского сельского поселения Егорлыкского района Ростовской области / Проект схем водоснабжения и водоотведения. – Ростов на Дону: ГУП РО «УРСВ», 2013. – 101 с.

3. Дегазация. Удаление сероводорода из воды // Национальный центр водных технологий. – URL: ncwt.ru/ochistka_vody_i_vodopodgotovka/56/206/

4. Фесенко Л.Н. Научное обоснование, разработка технологий очистки и дальнейшего использования вод, содержащих йод, бром, сероводород: автореферат дис. ... доктора технических наук: 05.23.04 / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (Новочеркас. политехн. ин-т). М., 2004. 43 с.

5. Линевич, С. Н., Игнатенко С.И. Электрокинетическая характеристика коллоидной серы, образующийся при окислительной обработке сероводородных вод // Технические аспекты рационального использования курортных ресурсов: Межвуз. сб. – Новочеркасск, НПИ, 1982. – 140 с.

6. Линевич С.Н., Гетманцев С.В., Кудинов И.А. [и др.] Особенности коагуляционной обработки сероводородсодержащих вод на Ейском групповом водопроводе // Водоснабжение и сан. техника. – 2004. – № 9. – с. 21-24.

7. Chemical changes of organic compounds in chlorinated water : X. Formation of polychlorinated methylphenoxymethylphenols (predioxins) during chlorination of methylphenols in dilute aqueous solution / S. Onodera, K. Yamada, Y. Jamaji, Sh. Ishikura, S. Suzuki // Journal of Chromatography A. – 1986. – Vol. 354. – pp. 293–303.

8. DBPs formation and genotoxicity during chlorination of pyrimidines and purines bases / B. Zhang et al. // Chemical Engineering Journal. – 2017. – Vol. 307. - pp. 884-890.

9. Бреус С.А., Скрыбин 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/ru/magazine/archive/n2y2016/3655.

10. Денисов, В.В., Гутенев В.В., Москаленко А.П., Гутенева Е.В. Внедрение экологически безопасных технологий в питьевом водоснабжении // Экология и промышленность России. – 2001. – № 5. – С. 29 – 31.

11. Марьяш С.А., Дровозова Т.И. Очистка подземных вод, содержащих сероводород, пероксидом водорода // Инженерный Вестник Дона, 2017, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4444.

12. Смирнов, М. Н., Волжинский А.И. Химические реакторы в примерах и задачах. - Л.: Химия, 1986. – 224 с.

References

1. Ekologicheskij atlas Rostovskoy oblasti: Vodnye resursy Rostovskoy oblasti [The ecological Atlas of the Rostov region: the Water resources of the Rostov region]. URL: ektor.ru.

2. Proekt skhem vodosnabzheniya i vodootvedeniya. Rostov na Donu: GUP RO «URSV». 2013. 101 p.

3. Natsional'nyy tsentr vodnykh tekhnologiy [National center for water technologies]. URL: ncwt.ru/ochistka_vody_i_vodopodgotovka/56/206

4. Fesenko L.N. Nauchnoe obosnovanie, razrabotka tekhnologiy ochistki i dal'neishego ispol'zovaniya vod, soderzhashih iod, brom, serovodorod [Scientific substantiation, development of technologies of purification and further use of waters containing iodine, bromine, hydrogen sulfide]. Avtoreferat dis. ... doktora tekhnicheskikh nauk: 05.23.04. YUzh.-Ros. gos. tekhn. un-t (Novocherkas. politekhn. in-t). Moskva. 2004. 43 p.

5. Linevich S.N., Ignatenko S.I. Tekhnicheskie aspekty ratsional'nogo ispol'zovaniya kurortnykh resursov: Mezhevuz. sb. Novocherkassk, NPI, 1982. pp. 83-87.

6. Linevich S.N., Getmantsev S.V., Kudinov I.A. [i dr.] Vodosnabzhenie i san. tekhnika. 2004. № 9. pp. 21-24.



7. Chemical changes of organic compounds in chlorinated water: X. Formation of polychlorinated methylphenoxymethylphenols (predioxins) during chlorination of methylphenols in dilute aqueous solution. S. Onodera, K. Yamada, Y. Jamaji, Sh. Ishikura, S. Suzuki. *Journal of Chromatography A*. 1986. Vol. 354. pp. 293–303.
8. DBPs formation and genotoxicity during chlorination of pyrimidines and purines bases. B. Zhang et al. *Chemical Engineering Journal*. 2017. Vol. 307. pp. 884-890.
9. Breus S.A., Skryabin A.Yu., Fesenko L.N. *Inzhenernyj vestnik Dona (Rus)*, 2016, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2016/3655
10. Denisov V.V., Gutenev V.V., Moskalenko A.P., Guteneva E.V. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii*. 2001. № 5. pp. 29-31.
11. Mariach S.A., Drovovozova T.I. *Inzhenernyj vestnik Dona (Rus)*, 2017, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2017/4444.
12. Smirnov, M. N., Volzhinskiy A.I. *Himicheskie reaktory v primerakh i zadachakh [Chemical reactors in examples and tasks]*. L.: Himiya, 1986. 224 p.