

положительная волна (рисунок 5), у которой глубина увеличивается, что в природных условиях приведет к затоплению окружающей территории и дополнительным локальным разрушениям в водоворотной зоне.

Разработанная методика лабораторных исследований, проведенный эксперимент и полученные результаты позволяют оценить гидравлические показатели (скорости и глубины) движущегося потока от времени развития прорана. Полученные экспериментальные данные будут использованы для сопоставления с результатами теоретических расчетов для оценки возможностей и достоверности выбранного метода численного моделирования.

УДК 628.112

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ С ЦЕЛЬЮ ОБЕЗЖЕЛЕЗИВАНИЯ ВОДЫ

Максимчук М.А., Устюжанина В.С.

Научный руководитель ст. преподаватель А.Н. Кондратович,

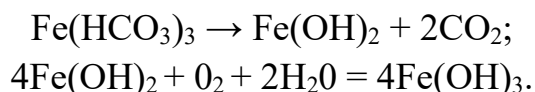
для водоснабжения объектов хозяйствования и населения в РБ активно используется вода из подземных источников, для этих целей пробурено около 40тыс скважин, в коммунальном хозяйстве используется 2750 скважин и со средним дебитом от 40 до 50 м³/ч. С начала эксплуатации любой скважины начинается процесс кольматации фильтра скважины и призабойной зоны, т.е. уменьшения их пропускной способности.

Наиболее часто на практике приходится сталкиваться с различными видами химического кольматажа в прифильтровых зонах скважин, который может интенсифицироваться биологической деятельностью бактерий. Основной причиной этого являются железо-, сульфат- и марганцевые бактерии, которые в нескольких видах присутствуют во всех водоносных породах и подземных водах и в результате жизнедеятельности осаждают железо, марганец и выделяют сероводород из подземных вод.

Опыт эксплуатации водозаборных скважин показывает, что их производительность и дренирующая способность существенно снижаются во времени вследствие зарастания фильтров и прифильтровых зон скважин(ПЗС) различными химическими соединениями. Эти соединения образуются в результате нарушения химического равновесия в пласте, связанного с действием в нем гидродинамического возмущения. В результате нарушения химического равновесия в прифильтровой зоне за счет понижения давления, происходит десорбция свободной углекислоты из подземных вод. При этом

интенсифицируется гидролиз бикарбоната железа, в результате чего Fe^{2+} окисляется до Fe^{3+} с образованием гидроксида трехвалентного железа $Fe(OH)_3$, основного коагулирующего соединения.

В Беларуси наиболее распространенными коагулирующими отложениями являются железистые осадки, которые выделяются при заборе подземных вод, содержащих закисное железо. Переход железа из закисного в окисное и выпадение в осадок происходит при наличии в воде растворенного кислорода. Этому также способствует выделение CO_2 и повышение рН воды вследствие нарушения углекислотного равновесия:



Гидрат оксида железа, имеющий студнеобразный вид, откладывается на поверхности фильтров и в поровом пространстве прифильтровых зон пласта. Интенсивность выпадения железистых осадков возрастает при неравномерной откачке воды из скважины, использовании эрлифта или инжектора, способствующих насыщению воды кислородом воздуха. Особенно активно происходит зарастание фильтров такими осадками при обнажении водопримных отверстий и непосредственном контакте их с атмосферой. Железосодержащие осадки отличаются характерным желто-коричневым цветом, пачкают руки. Наличие их в подземных водах можно выявить визуально по осадкам на водоподъемных трубах и насосах.

К настоящему времени разработаны и в разной степени применяются на практике различные методы очистки призабойной зоны скважин от коагулирующих отложений и восстановления их производительности скважин. Наиболее эффективными по степени очистки и длительности сохранения эффекта являются реагентные и комбинированные методы воздействия.

Но вследствие сложности их проведения и строгих требований к технике безопасности при выполнении технологических регламентов, эти методы применяются в весьма ограниченных масштабах. Более простыми в применении являются импульсные методы воздействия на фильтр и прифильтровую зону, к которым относятся электрогидроударный, пневмовзрыв и газоимпульсное воздействие на основе взрыва водорода, или других газов.

Использование импульсных методов регенерации обеспечивает достаточно полное механическое разрушение коагулирующих осадков и их частичный вынос. Однако неудаленные частицы разрушенных образований являются катализатором процесса коагуляции (в частности за счет

способности гидроокислов железа адсорбировать различные элементы). Поэтому процесс «старения» водозаборных скважин, обработанных гидроимпульсными способами, протекает значительно интенсивнее, чем у новых водозаборных сооружений или восстановленных реагентными методами.

С целью повышения степени очистки призабойной зоны от разрушенных кольматирующих отложений авторами была разработана и успешно апробирована на нескольких скважинах технология комбинированного воздействия на ПЗС с использованием взрыва водородно-кислородной смеси с последующим виброволновым воздействием с одновременной прокачкой скважины насосом ЭЦВ. Такое последовательное воздействие на ПЗС приводит не только к повышению удельного дебита скважины, но и к значительному уменьшению (ниже допустимых норм – 0,3 мг/л) содержания железа в пробах воды. Такие эффекты наблюдаются на скважинах с содержанием железа в пробах воды с небольшим превышением допустимых пределов-0,4-0,5мг/л. Эффект сохраняется в течение 3–4 месяцев, с постепенным повышением содержания железа. Это объясняется тем, что призабойная зона таких скважин, относительно неглубоких, 45–50 м, пробуренных на четвертичные отложения, активно насыщается кислородом и служит аккумулятором для железистых отложений. При прохождении воды через такую зону происходит процесс обезжелезивания и выпадения окислившегося железа в ПЗС.

В таблицах приведены результаты анализов воды из артезианских скважин до и после проведения восстановительных работ на скважинах.

Таблица 1 – Характеристики проб воды до обработки скважины

Дата и время начала исследований: 28/04/2021 12:05
Дата и время окончания исследований: 30/04/2021 10:10

Номер пробы	Место отбора проб
2071	Скважина №2/2002
2072	Скважина №4/98

Ингредиенты	Единицы измерения	Допустимая норма	Результаты исследований	
			Проба 2071	Проба 2072
1	2	3	4	5
1. Запах при 20 ⁰ С	балл	не >2,0000	2	2
2. Запах при 60 ⁰ С	балл	не >2,0000	2	2
3. Цветность	градус	не >20,0000	6	7

4. Мутность	мг/дм ³	не >1,5000	1,81	1,78
8. Железо общее	мг/дм ³	не >0,3000	0,42	0,43

Условия проведения испытаний температура (в⁰С) 19,0-19,0, относительная влажность (в %) 51-51, атмосферное давление (кПа) 97,7-97,7.

Номер пробы	Место отбора проб
2536	Скважина №2/2002
2537	Скважина №4/98

Таблица 2 – Характеристики проб воды после обработки скважины

Ингредиенты	Единицы измерения	Допустимая норма	Результаты исследований	
			Проба 2536	Проба 2537
1	2	3	4	5
1. Запах при 20 ⁰ С	балл	не >2,0000	0	0
2. Запах при 60 ⁰ С	балл	не >2,0000	0	0
3. Цветность	градус	не >20,0000	2	2
4. Мутность	мг/дм ³	не >1,5000	0,72	0,79
5. Железо общее	мг/дм ³	не >0,3000	0,14	0,15

Результаты анализов проб воды, взятых из скважин до обработки и после, показывают, что содержание общего железа уменьшилось в 3 и 2.9 раза, а мутность в 2,5 и 2,3 раза, т.е., достигли показателей в 2 раза ниже допустимых норм.

Таким образом можно сделать выводы, что использование комбинированных способов воздействия на призабойную зону скважин, где сперва проводится обработка с использованием импульсных методов с целью максимального разрушения отвердевших отложений, с последующей виброволновой обработкой низкочастотными импульсами и одновременной откачкой эрлифтом, или насосом, позволяет очистить призабойную зону скважин на значительную глубину от накопившихся в ней еще не отвердевших отложений солей железа и других химических элементов.