

Статистический анализ продолжительности работы скважин и факторов, влияющих на их старение

Ивашечкин В. В., Шейко А. М.

Белорусский национальный технический университет

Целью статистического анализа работы скважин является выявления тех или иных факторов или закономерностей, включающих геологическое строение, конструкцию фильтра, гидрохимический состав подземных вод, режим эксплуатации, которые влияют с различной степенью интенсивности на продолжительность их работы.

Для оценки долговечности были проанализированы ликвидированные и действующие скважины 11 водозаборов г. Минска. Из 604 скважин, пробуренных с 1932 г до настоящего времени, 224 считаются полностью вышедшими из строя, остальные 380 скважин – действующими. Из 380 действующих, 337 скважин подвергались ремонту. Средний их возраст равняется 25,3 года, максимальный – 70 лет и минимальный – 6 лет. Остальные 43 скважины работают без ремонта. Средний их возраст 14,5 года, минимальный – 5 лет и максимальный – 42 года.

Скважины г. Минска каптируют воду из двух водоносных горизонтов: верхнего – днепровско-сожского водноледникового и нижнего – верхнепротерозойского (отложения валдайской серии). Эксплуатационные запасы подземных вод днепровско-сожского водно-ледникового водоносного горизонта более чем в 6 раз превышают запасы верхнепротерозойского горизонта. Поэтому на 11-ти водозаборах только 6% скважин каптируют воду из верхнепротерозойского водоносного горизонта.

По материалам УП «Минскводоканал» было проанализировано распределение по относительным частотам 224 полностью вышедших из строя скважин, пробуренных в 1932 – 1995 гг. Наиболее близкой к истине оказалась модель распределения гамма функции. Это позволяет предполагать наличие единого закона гамма распределения долговечности скважин, что дает возможность делать прогноз их долговечности. При этом установлено, что основное число вышедших из строя скважин имеет глубину менее 100 м и долговечность их не превышает 20 лет,

максимальное значение удельного дебита составляет $40 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}$, среднее $18 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}$ и минимальное $1 \text{ м}^3/\text{ч}\cdot\text{м}$.

Согласно проанализированным данным, основными причинами выхода из строя скважин являются кольматация и пескование фильтров. В результате пескования наблюдался износ насосного оборудования.

При анализе зависимости первоначального удельного дебита и продолжительности работы ликвидированных скважин, наблюдается общая тенденция увеличения долговечности при высоком первоначальном удельном дебите.

Для изучения взаимосвязи долговечности скважин и наиболее широко применяемых типов фильтров были проанализированы полностью вышедшие из строя скважины и скважины, продолжающие работать после ремонта.

Результаты анализа показывают, что наибольшую долговечность имеют скважины, оборудованные сетчатыми, проволочными с гравийной обсыпкой и каркасно-стержневыми с гравийной обсыпкой фильтрами. Наблюдаемые ряды долговечности имеют в основном гамма и логнормальный законы распределения с наиболее вероятностными долговечностями соответственно (20-30) лет для сетчатых фильтров, (20-25) лет для фильтров проволочных с гравийной обсыпкой и каркасно-стержневых с гравийной обсыпкой.

Несмотря на полученную относительно высокую долговечность сетчатых фильтров, следует иметь в виду, что эти фильтры из – за малых отверстий сетчатого полотна могут работать долгое время без пескования, но с низкими удельными дебитами. Уменьшение производительности сетчатых фильтров также объясняется и тем, что они имеют большие входные сопротивления, быстро разрушаются под влиянием электрохимической коррозии и под действием агрессивных вод. Таким образом, применение сетчатых фильтров повышает себестоимость добываемой воды и снижает эффективность использования водоносного горизонта.

Химический состав подземных вод также влияет на долговечность скважин. Склонность воды выделять осадок карбоната кальция или растворять его определяется индексом насыщения, предложенным Ланжелье (J) и показателем Ризнера (Ri). Уста-

новлено, что при $R_i < 7,0$ воды всегда склонны к выделению кольматирующих образований.

Состав подземных вод исследовался по данным химических анализов, выполняемых в УП «Минскводоканал», по 317 скважин 11-ти водозаборов г. Минска. Химический состав подземных вод гидрокарбонатный кальциево-магниевый, минерализация изменяется от 104 до 749 мг/л.

Индекс насыщения J в изучаемой воде находится в пределах $-0,65 \div +0,39$, показатель Ризнера колеблется от 7,12 до 8,76. При таких значениях индекса насыщения и показателя Ризнера воды способны кольматировать фильтры и прифильтровые зоны скважин главным образом соединениями железа и в меньшей степени солями жесткости. Это подтверждается исследованиями состава кольматирующих отложений.

Значение рН исследуемой воды находится в пределах 7,15 – 8,4. При таких значениях рН закисное железо мигрирует в ионной форме. Но трехвалентное железо будет в форме коллоида или преимущественно даже в виде суспензии, поскольку коагуляция коллоидальной гидроокиси железа в зависимости от солевого состава воды происходит при $pH = 6 - 7$. Процесс кольматации фильтров соединениями железа будет идти только в окислительной обстановке при наличии в водах кислорода, необходимого для перевода иона железа в трехвалентную форму.

Содержание сульфатов в подземных водах изменяется в пределах от 0,11 до 98 мг/л. Это указывает на то, что воды по отношению к сульфатам является слабоагрессивной (< 300 мг/л). Содержание в воде сульфатов предполагает выделения осадка на фильтрах в виде малорастворимого сульфата кальция $CaSO_4$, а также при наличии сульфатредуцирующих бактерий еще и образование сульфидов железа.

Процессы химического кольматажа, происходящие в прифильтровых зонах скважин, интенсифицируются деятельностью железо-, марганцевых и сульфатредуцирующих бактерий. Для развития этих бактерий необходимо чтобы величина рН находилась в пределах 5,4 – 7,2, содержание железа Fe^{2+} должно находится в пределах 1,6 – 12,0 мг/л. Подземная вода должна содержать углекислоту.