

Р. А. Станкевич

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСФИЛЬТРОВЫХ СКВАЖИН
В ПЕСКАХ НА АРТЕЗИАНСКИХ ВОДОЗАБОРАХ БЕЛОРУССИИ**

В условиях быстрого роста промышленности и сельского хозяйства, улучшения коммунальных условий в городских и сельских населенных пунктах постоянно возрастает потребность в пресных подземных водах как источнике водоснабжения. На территории Белоруссии для этих целей наряду с эксплуатацией четвертичных водоносных горизонтов широко используются воды палеоген-неогеновых, верхнемеловых, верхнеюрских, верхне- и среднедевонских, верхнепротерозойских отложений. Для водоснабжения и гидрогеологических исследований на территории БССР ежегодно бурится 1800—2000 скважин, вскрывающих напорные водоносные горизонты.

При проектировании и сооружении скважин необходимо прежде всего решить вопрос о наиболее рациональной конструкции водоприемной части, которая должна обеспечивать высокую производительность и долговечность эксплуатации. Абсолютное большинство пробуренных на территории республики скважин получает воду из горизонтов, сложенных различными по составу песками, и оборудовано различными фильтрами — сетчатыми, проволочными, каркасно-стержневыми, щелевыми, гравийными с разными каркасами и т. д.

Общей особенностью фильтров является то, что любой из них представляет собой препятствие как для выноса породы, так и для движения воды. Чем мельче и однороднее пески, тем более плотные требуются фильтры. Препятствуя выносу песка, фильтры одновременно интенсивно кольматируются, затрудняют разглинизацию прифильтровой зоны после вращательного бурения с глинистым раствором, создают большие гидравлические сопротивления. Совокупность этих факторов приводит к дополнительному снижению динамического уровня воды в створе скважины в процессе опытной откачки или эксплуатации и, как следствие, к уменьшению удельного дебита скважины. В таком случае при неудовлетворении потребности объекта возникает необходимость в бурении дополнительных скважин, что значительно увеличивает стоимость работ по водоснабжению.

Скважины с фильтрами в песчаных водоносных горизонтах имеют ограниченный срок службы. При выходе из строя они требуют ремонта или полной замены, на что затрачиваются дополнительно большие средства. Причины недолговечности таких скважин связаны с выходом из строя фильтра, что вызывается коррозией и разрушением металлической сетки, проволоки и каркаса, химической и механической кольматацией фильтра. Способствующим фактором в этом направлении является повышенное содержание железа в воде, которым характеризуются, как правило, подземные воды Белоруссии. Соединения железа, отлагаясь на фильтре, закупоривают его проходные отверстия, создавая добавочные сопротивления движению воды и снижая производительность скважин до минимума.

Несмотря на имеющиеся недостатки, фильтры являются основным

конструктивным элементом скважины, универсально пригодным для применения в различных гидрогеологических условиях. Наряду с дальнейшим совершенствованием конструкций фильтров и технологии обработки прифильтровой зоны, в настоящее время находят все более широкое применение принципиально отличающиеся способы вскрытия и эксплуатации водоносного пласта. К последним относится бесфильтровый забор воды из песков различного гранулометрического состава в определенных гидрогеологических условиях.

Наибольшие затруднения обычно связаны с эксплуатацией водоносных горизонтов, представленных мелко- и тонкозернистыми песками. В ряде районов Белоруссии в таких случаях могут успешно применяться бесфильтровые скважины, которые устраиваются в напорных песчаных водоносных горизонтах, прикрытых относительно прочной и устойчивой кровлей. Водоприемником в них служит разработанная в самой верхней части песчаного пласта полость, имеющая чаще всего форму воронки, через откосы которой вода поступает из пласта в скважину (рис. 1). Устойчивость водоприемной полости обеспечивается естественными углами фильтрующих откосов, крепостью пород кровли и значительной величиной поддерживаемого ее гидростатического напора.

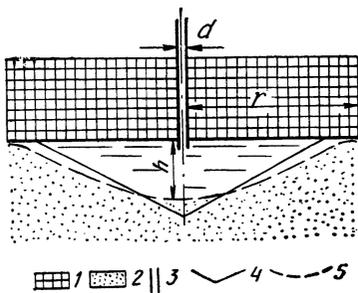


Рис. 1. Соотношение размеров водоприемной части бесфильтровой скважины:

1 — мел; 2 — песок; 3 — обсадные трубы; 4 — первоначальная воронка; 5 — выположенная полость; d — диаметр обсадных труб (0,1–0,2 м); r — радиус полости (3–4 м); h — глубина полости (1,5–2,0 м).

воронки глубиной 1 м и радиусом основания 2 м (при угле откоса 26°), равная $14,04 \text{ м}^2$, равна по площади $22,4 \text{ пог. м}$ фильтра диаметром 0,2 м или $11,2 \text{ пог. м}$ при диаметре 0,4 м. Если же глубину воронки увеличить до 2 м при угле откоса 26° и радиусе основания 4 м, то ее фильтрующая площадь составит $56,2 \text{ м}^2$, что соответствует площади фильтра диаметром 0,2 м длиной $89,5 \text{ пог. м}$ или диаметром 0,4 м длиной $44,7 \text{ пог. м}$. Бесфильтровые скважины с подобным устройством водоприемной части могут использоваться в песках любого гранулометрического состава, но наиболее эффективны они для мелко- и тонкозернистых, глинистых песков. Именно для последних увеличение размеров водоприемной части играет существенную роль в повышении дебита скважины, чего не позволяют достигнуть применяемые фильтры. Отсюда становится понятным, почему удельные дебиты бесфильтровых скважин, пробуренных на некоторых водозаборах Белоруссии, в 4–8 раз больше, чем у скважин с фильтрами.

Гидрогеологическая изученность территории Белоруссии позволяет выделить районы, имеющие благоприятные условия для оборудования бесфильтровых скважин в песках (рис. 2). Подходящими для этого являются два широко распространенных водоносных горизонта: сеноманский горизонт верхнего мела и старооскольско-швентойский горизонты среднего и верхнего девона.

Первый эксплуатируется в западной части БССР в Брестской и Гродненской областях и на юго-востоке — в Могилевской и Гомельской областях. Кровлей его является выдержанная по площади и достаточно плотная в нижней части мергельно-меловая толща.

Второй является источником водоснабжения в северо-восточной части республики — в Могилевской и Витебской областях. Переслаивающиеся с песками прослой плотных алевролитов и глин мощностью более 10 м могут служить устойчивой кровлей для водоприемных воронок.

В центральной части республики, в области наиболее высокого положения Белорусского кристаллического массива, указанные водоносные горизонты не развиты. На крайнем северо-востоке территории второй из них уходит под толщу верхнедевонских известняков и доломитов, представляющих здесь основной по водообильности водоносный горизонт, в связи с чем эксплуатировать нижний песчаный горизонт там нецелесообразно.

Первые три бесфильтровые скважины, забирающие воду из мелкозернистых девонских песков, известны на территории Белоруссии (Могилев). Они были пробурены в 1939 г., причем скважины № 1 и № 2 (табл. 1) к 1940 г. были оборудованы фильтрами, а скважина № 3 на водозаборе «Днепровском» эксплуатировалась как бесфильтровая. В последующем только на водозаборах Бреста применялась такая конструкция скважин: здесь с 1950 по 1967 г. буровыми организациями было сооружено 11 бесфильтровых скважин в сеноманских песках. На водоза-



Рис. 2. Районы возможного применения бесфильтровых скважин в песках на территории Белоруссии:

1 — в сеноманском горизонте; 2 — в старооскольском и швентойском горизонтах.

Таблица 1

Район расположения	Номер скважины	Год сооружения	Дебит, м ³ /ч	Понижение, м	Удельный дебит, м ³ /ч
Могилев	1	1939	108	7,0	15,4
»	2	1939	80	7,7	10,4
»	3	1939	120	14,0	8,6
Брест	307	1950	100	5,0	20,0
»	303	1953	142	7,0	20,7
»	223	1954	120	11,5	10,4
»	304	1957	110	6,0	18,3
»	308	1958	120	6,5	18,5
»	535	1959	100	3,5	28,6
»	538	1960	80	11,0	7,3
»	1022	1960	120	8,2	14,6
»	11595	1965	100	5,0	20,0
»	18242	1966	80	4,5	17,8
»	13782	1967	80	9,0	8,9
Гродно	111	1970	200	13,37	14,95
»	112	1970	127	10,78	11,80
«	113	1970	124	10,42	11,90
»	115	1970	90	8,42	10,78
»	116	1970	89,5	14,31	6,21
»	118	1970	115	11,44	10,28
Рогачев	2	1971	99,3	10,20	9,73

борах в других районах БССР подобные скважины не были распространены.

В поисково-разведочных целях при изыскании новых водозаборов бесфильтровые скважины в Белоруссии начали применяться с 1966 г. в районе Полоцка, затем в районах Бреста, Гродно, Жлобина, Рогачева, Могилева. В дальнейшем намечено еще более широкое их внедрение.

В табл. 1 приведены результаты опытных откачек из эксплуатационных и разведочно-эксплуатационных бесфильтровых скважин, пробуренных на водозаборах (Могилев, Брест) и участках детальной разведки (Гродно, Рогачев). В табл. 2 сведены результаты опытных откачек из бесфильтровых разведочных гидрогеологических скважин с трубами малого диаметра (108—146 мм). Как видно, бесфильтровые скважины обладают высокими дебитами.

Таблица 2

Район расположения	Количество скважин	Год сооружения	Дебит, м ³ /ч	Понижение, м	Удельный дебит, м ³ /ч
Полоцк	2	1966	101—103	8,65—8,4	11,7—12,3
Брест	6	1967	37,8—45,1	4,4—6,5	6,0—8,5
Гродно	3	1968, 1970	78,8—86,0	9,1—16,5	8,7—5,2
Жлобин	3	1970	52,2—67,0	7,1—9,9	5,9—8,4

Для сравнения можно привести фактические характеристики по скважинам с фильтрами на те же горизонты: например, по эксплуатационным скважинам в Гродно удельные дебиты находятся в пределах 0,4—3,4 м³/ч, по разведочным скважинам с проволочными фильтрами в районе Бреста удельные дебиты составляют 0,5—2,4 м³/ч.

В целом на территории Белоруссии к началу 1971 г. насчитывалось не более 40 бесфильтровых скважин, причем часть из них находилась в стадии бурения и опробования. Это чрезвычайно малая доля по сравнению с более чем 30 тыс. скважин на воду, пробуренных в республике. Тем не менее перспективы для более широкого применения бесфильтровых скважин, обладающих многими положительными качествами, привлекают внимание специалистов.

Многолетняя эксплуатация бесфильтровых скважин на водозаборах Бреста подтверждает надежность их работы. В отличие от других конструкций скважин, эксплуатирующих сеноманский водоносный горизонт с повышенным содержанием железа, кольматирующего обычные фильтры, бесфильтровые скважины устойчиво сохраняют свой дебит во времени.

В ряде других районов страны бесфильтровые скважины в песках успешно эксплуатируются многие годы. Известно, что на водозаборах Пензы и Курска они служили более 30—40 лет. В настоящее время они получают большое распространение в Днепровском, Сурско-Хоперском артезианских бассейнах и в других районах. В целом по стране к 1971 г. было оборудовано более 1,5 тыс. таких скважин, из них только в Пензенской и Волгоградской областях более 800 скважин.

В отечественной литературе на протяжении уже более 30 лет освещаются различные проблемы по бесфильтровым скважинам. Исследовался вопрос о внедрении этих скважин в буровую практику для водоснабжения [1, 2, 3, 4]. Предлагались рекомендации по их расчету [5, 6, 7]. Кроме того, изучались вопросы притока воды к скважинам, вскрываю-

щим пласт забоем [8, 9, 10, 11], устройства и использования эксплуатационных бесфильтровых скважин для водоснабжения в ряде районов СССР, варианты расчета их элементов.

Актуальность рассматриваемого вопроса вызвана теми достоинствами, которыми отличаются бесфильтровые конструкции скважин. Основные их преимущества состоят в том, что они имеют большие дебиты, не требуют ремонта, срок их службы увеличивается во много раз и практически определяется износом обсадных труб, они не снижают дебит во времени, при бурении не требуют затрат на изготовление и установку фильтра, а также на операции по разглинзации при роторном бурении. Кроме того, упрощается технология сооружения скважин, уменьшаются эксплуатационные расходы ввиду меньших глубин динамических уровней и т. д.

Успешное применение бесфильтровых скважин возможно при методически правильном их проектировании, сооружении и эксплуатации. Наиболее важные рекомендации сводятся к следующему.

Точная глубина залегания кровли песков определяется по керну и каротажу. Обсадные трубы опускаются до кровли. Заглубление обсадных труб в песок не должно превышать 0,5 м, иначе создается излишне глубокая воронка, ведущая к неустойчивости кровли (нормальная глубина воронки составляет 1,5—2,0 м). В случае неясности положения контакта можно переходную зону перекрыть перфорированной трубой, которая не препятствует созданию воронки на своем месте. Затрубное пространство цементируется, чтобы по нему не переносился сверху в воронку обломочный материал.

Образование водоприемной полости производится вначале промывкой водой через буровой снаряд с подключением эрлифта, затем интенсивной откачкой эрлифтом. Откачка начинается с малых понижений уровня, чтобы при малой воронке песок не затягивался в ствол скважины и не образовывал пробки.

Дебит опытной откачки должен по возможности на 20—40% превышать эксплуатационный, чтобы сформировались устойчивые откосы. В этом случае будет меньшая вероятность пескования при эксплуатации. Необходимо соблюдать равномерный режим эксплуатации и избегать гидравлических ударов, чтобы не нарушать устойчивости фильтрующих откосов.

Литература

1. Г. В. Богомолов. Бесфильтровые скважины в песчаных грунтах и элементы их расчета. «Водоснабжение и сантехника», 1938, № 4.
2. Г. П. Маньковский, Н. В. Ереснов, Н. А. Плотников. Водоснабжение предприятий и населенных мест. Ч. 1. М.—Л., 1938.
3. М. А. Лавриненко. Бесфильтровые скважины внедрить в буровую практику. «Водоснабжение и сантехника», 1938, № 4.
4. И. П. Орлов. К вопросу устройства и эксплуатации бесфильтровых артезианских колодцев. «Гидротехника и мелиорация», 1950, № 6.
5. В. С. Оводов. Сельскохозяйственное водоснабжение и обводнение. М., 1960.
6. М. Е. Альтовский. Определение дебита бесфильтровых скважин. «Советская геология», 1945, № 8.
7. И. Ф. Володько. Водозаборы и особенности поисков подземных вод в различных гидрогеологических условиях. М., 1963.
8. Ф. Форхгеймер. Гидравлика. М.—Л., 1935.
9. В. Н. Щелкачев, Б. Б. Лапук. Подземная гидравлика. М., 1949.
10. Н. К. Гирицкий. Определение коэффициента фильтрации по данным откачек при неустановившемся дебите и понижениях. М., 1950.
11. С. К. Абрамов, В. Д. Бабушкин. Методы расчета притока воды к буровым скважинам. М., 1955.