

УДК 622.233:551.49

А. А. Кожевников, Р. Е. Дычковский, доктора технических наук,
А. К. Судаков, канд. техн. наук

Государственный ВУЗ «Национальный горный университет», г. Днепрпетровск, Украина

РЕЗУЛЬТАТЫ СТЕНДОВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ КРИОГЕННО-ГРАВИЙНОГО ФИЛЬТРА ПО СТВОЛУ БУРОВОЙ СКВАЖИНЫ НА ГЛУБИНУ ЕГО СПУСКА

Приведены результаты стендовых исследований параметров технологии транспортировки экспериментального образца криогенно-гравийного фильтра на модели буровой скважины.

Ключевые слова: гидрогеологическая скважина, криогенная технология, гравийный фильтр, минераловязущее вещество.

Актуальность и состояние проблемы

В буровых скважинах различного назначения на воду, нефть, газ и при подземном выщелачивании движение флюидов осуществляют в прямом (из скважины), обратном (в скважину) и реверсивном направлениях (скважины подземных хранилищ газа). На весь период действия скважины ее стенки в пределах продуктивного пласта должны быть устойчивыми. Это достигается установкой в скважине фильтра, предназначенного для предохранения ее стенок от обрушения и очистки флюидов от твердых примесей, поступающих на дневную поверхность.

В зависимости от крупности частиц горной породы продуктивного пласта применяют конструкции фильтров от наиболее простых – трубчатых с перфорацией или каркасно-стержневых до наиболее сложных – гравийных. Гравийные фильтры применяют в скважинах, с продуктивным пластом песков, причем в случае песков среднезернистых рекомендуется применять фильтр с однослойной гравийной обсыпкой, в случае мелкозернистых – многослойный (двух-, трехслойный).

Различают гравийные фильтры двух конструкций и технологий изготовления. Первый вариант гравийного фильтра создают на дневной поверхности и в готовом виде опускают в скважину. При втором варианте в скважину после спуска каркаса фильтровой колонны доставляют рыхлый гравийный материал. Обе конструкции и технологии имеют определенные преимущества и недостатки. К существенным недостаткам этих технологий относится сложность и высокая стоимость выполнения технологических операций.

Эта проблема актуальна при организации хозяйственно-питьевого водоснабжения, не только в Украине, но и во всех других странах мира. Никогда прежде проблема питьевой воды не стояла перед человечеством так остро, как в последние годы. В ознаменование официального признания значения водных проблем Генеральная Ассамблея ООН провозгласила 2005–2015 г. международным десятилетием «Вода для жизни».

Проблема питьевой воды в мире все более обостряется. Это связано с тем, что все без исключения пресные источники в той или иной степени загрязнены продуктами жизнедеятельности человека.

Решение этой проблемы одно – бурение гидрогеологических скважин. В настоящее время более 60% скважин для добычи воды создаются в водоносных горизонтах, представленных рыхлыми отложениями.

Решению этой важной актуальной научной проблемы, состоящему в научном обосновании параметров эффективной технологии создания гравийных фильтров для буровых

скважин с водоприемной частью из тонкозернистых песков, имеющей важное практическое значение, и посвящено настоящее исследование.

Целью настоящей статьи – рассмотрение результатов экспериментальных стендовых исследования влияния параметров технологии транспортировки криогенно-гравийного фильтра (КГФ) по стволу скважины на глубину его спуска.

Изложение основного материала

Методика стендовых исследований описана в [1].

В процессе стендовых исследований технологии транспортировки криогенно-гравийного элемента (КГЭ) фильтра по стволу буровой скважины моделировали наиболее сложные условия спуска КГФ, для которых характерны:

- низкая скорость транспортировки КГФ по стволу скважины;
- использование укороченных надфильтровых труб с проведением СПО «на вынос».

Стендовые исследования осуществляли на модели скважины, выполненной из прозрачных труб (внутренним диаметром 200 мм) для визуализации эксперимента. Моделировали транспортировку КГФ по стволу скважины следующим образом:

- спуск КГФ в неподвижной жидкости скважины моделировали обтеканием неподвижного фильтра, установленного в модели скважины, водой, которую подавали насосом снизу вверх;

- отсутствие движения КГФ в реальной скважине при наращивании бурильных труб моделировали паузой в подаче воды насосом на стенде;

- скорость спуска КГФ в скважине моделировали скоростью движения воды, подаваемой насосом, т. е. подачей насоса;

- время спуска КГФ на длину свечи моделировали временем подачи воды насосом;

- время наращивания бурильных труб моделировалось временем паузы в подаче насоса.

Стендовые исследования проводили при подаче насоса 88, 180 и 360 л/мин.

Наружный диаметр по сетке стального сетчатого каркаса фильтра – 114 мм, диаметр трубы – 108 мм. Наружный диаметр КГЭ – 186 мм, внутренний – 115 мм. Длина КГЭ – 200 мм. Длину КГС моделировали нагружением КГЭ дополнительными стальными грузами, что обеспечивало эквивалентную длину КГС 1, 2 и 3 м. Температуре воды – 5 и 17 °С.

Осуществили две серии опытов: с открытым и закрытым башмаком отстойника фильтра.

Результаты стендовых исследований экспериментальных образцов КГЭ фильтра приведены в табл. 1.

В качестве критерия оценки достижения максимальной глубины транспортировки КГФ по стволу скважины приняли момент разрушения КГЭ с образованием зияющих пустот. Максимальную глубину определяли с учетом количества циклов подачи и пауз в работе насоса.

В результате стендовых исследований технологии транспортировки КГФ в водоприемную часть буровой скважины установили:

- при контакте двухкомпонентного экспериментального образца КГЭ фильтра с промывочной жидкостью он быстро разрушение. Максимальная длина его спуска – 3 м;

- для изготовления КГЭ фильтра в качестве вяжущего вещества водного раствора органического полимера возможно применение пищевого желатина марки П-11. Это означает, что разрабатываемую и исследуемую технологию оборудования буровых скважин КГФ можно применять для создания фильтров в наиболее сложных геолого-гидрогеологических условиях, когда порода водоносного горизонта представлена тонкозернистыми песками;

Таблица 1. Результаты стендовых исследований технологии транспортировки КГФ

Насос		Время		Скорость спуска КГФ, м/с	Массовая концентрация желатина, С _ж , %	Масса дополнительного груза, кг	Эквивалентная длина КГС, м	Средняя глубина транспортировки КГЭ по стволу скважины			
тип насоса	подача, л/мин.	паузы подачи насоса (время наращивания)	подачи насоса (время спуска КГФ), с					с открытым башмаком при t _в = 17 °С	с закрытым башмаком при t _в = 17 °С	с открытым башмаком при t _в = 5 °С	с закрытым башмаком при t _в = 5 °С
НБ-5	88	120	40	0,05	2	24	1	10,8	10,8	21,6	17,3
						54	2	8,6	4,3	15,1	15,1
						84	3	4,3	4,3	8,6	10,8
					3,5	24	1	19,4	19,4	17,3	19,4
						54	2	13,0	15,1	15,1	13,0
						84	3	8,6	8,6	13,0	13,0
					5	24	1	17,3	30,2	60,5	64,8
						54	2	8,6	21,6	36,7	56,2
						84	3	6,5	10,8	17,3	19,4
					10	24	1	86,4	103,7	110,2	127,4
						54	2	15,1	23,8	56,2	86,4
						84	3	10,8	13,0	19,4	28,1
НБ-5	180	120	20	0,11	2	24	1	8,8	11,0	13,2	15,4
						54	2	4,4	4,4	11,0	15,4
						84	3	4,4	4,4	8,8	11,0
					3,5	24	1	15,4	17,6	22,0	28,6
						54	2	11,0	11,0	17,6	22,0
						84	3	8,8	8,8	11,0	24,2
					5	24	1	15,4	33,0	59,4	77,0
						54	2	8,8	15,4	33,0	44,0
						84	3	6,6	11,0	17,6	26,4
					10	24	1	121,0	154,0	160,6	167,2
						54	2	81,4	110,0	94,6	125,4
						84	3	11,0	13,2	24,2	33,0
НБ-5 + + НБ-32	360	120	10	0,22	2	24	1	6,6	6,6	15,4	17,6
						54	2	6,6	4,4	11,0	13,2
						84	3	4,4	4,4	8,8	8,8
					3,5	24	1	22,0	24,2	35,2	37,4
						54	2	13,2	13,2	30,8	28,6
						84	3	11,0	8,8	15,4	15,4
					5	24	1	19,8	17,6	72,6	92,4
						54	2	13,2	15,4	41,8	55,0
						84	3	8,8	11,0	24,2	33,0
					10	24	1	138,6	176,0	200,2	231,0
						54	2	22,0	33,0	118,8	149,6
						84	3	13,2	13,2	28,6	37,4

- длина спуска зависит от условий теплообмена: концентрации вяжущего; массы КГС; скорости спуска КГФ по стволу скважины; температуры жидкости в скважине; состояния башмака фильтровой колонны (рис. 1, 2).

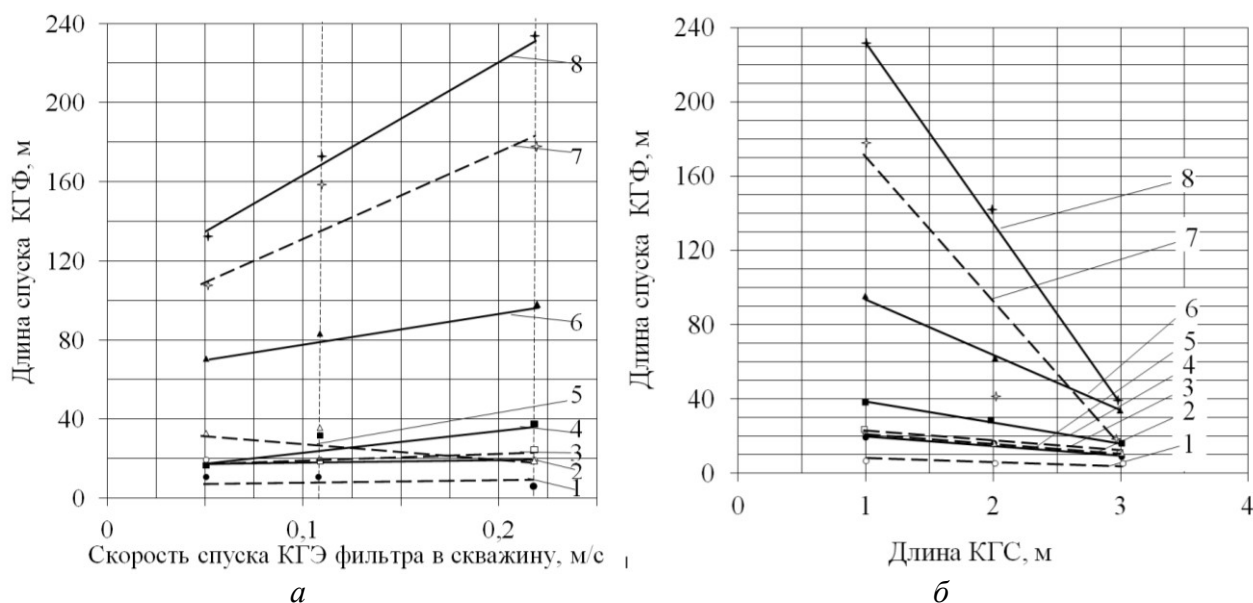


Рис. 1. Зависимости максимальной длины спуска КГФ%: а – от скорости транспортировки одно метровых КГЭ фильтра; б – с закрытым башмаком от длины КГС при $U_{КГФ}=0,22$ м/с: 1 – при массовая концентрация желатина 2% и $t_{в} = 17^{\circ}\text{C}$; 2 – 2%, $t_{в} = 5^{\circ}\text{C}$; 3 – 3,5%, $t_{в} = 17^{\circ}\text{C}$; 4 – 3,5%, $t_{в} = 5^{\circ}\text{C}$; 5 – 5%, $t_{в} = 17^{\circ}\text{C}$; 6 – 5%, $t_{в} = 5^{\circ}\text{C}$; 7 – 10%, $t_{в} = 17^{\circ}\text{C}$; 8 – 10%, $t_{в} = 5^{\circ}\text{C}$

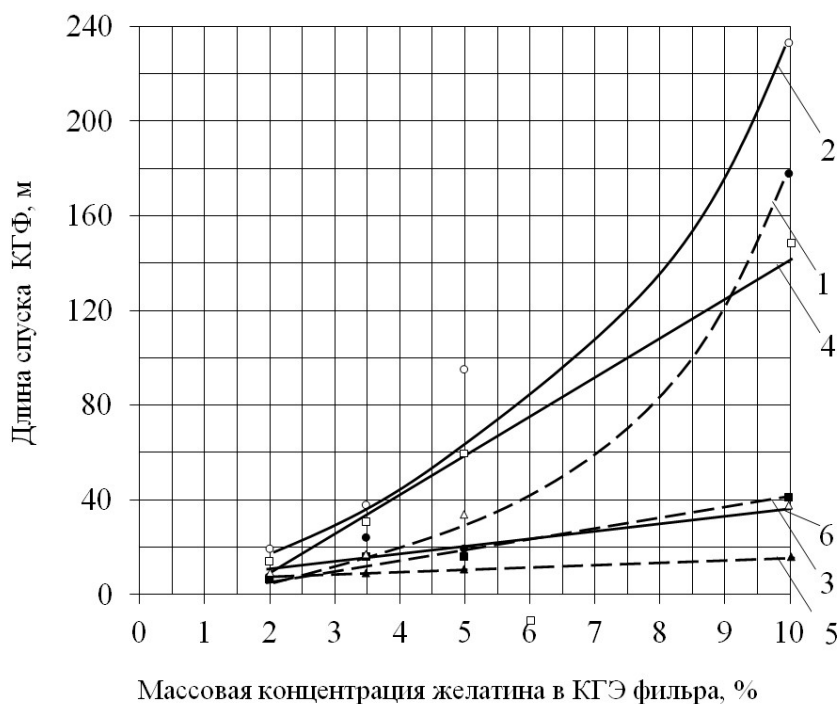


Рис. 3. Зависимость максимальной длины спуска КГФ с закрытым башмаком от концентрации минераловязущего вещества в КГЭ фильтра при $U_{КГФ}=0,22$ м/с: 1 – 1 м КГС при $t_{в} = 17^{\circ}\text{C}$; 2 – 1 м КГС при $t_{в} = 5^{\circ}\text{C}$; 3 – 2 м КГС при $t_{в} = 17^{\circ}\text{C}$; 4 – 2 м КГС при $t_{в} = 5^{\circ}\text{C}$; 5 – 3 м КГС при $t_{в} = 17^{\circ}\text{C}$; 6 – 3 м КГС при $t_{в} = 5^{\circ}\text{C}$

- длина спуска прямо пропорциональна скорости спуска КГФ по стволу скважины;
- с повышением скорости спуска КГФ по стволу скважины КГЭ с массовой концентрацией желатина 2–5% в большинстве случаев не приводит к увеличению длины оборудования буровой скважины. Увеличение длины характерно для КГЭ с массовой концентрацией желатина более 5%;
- на максимальную длину спуска КГФ существенное влияние оказывает температура скважинной жидкости. Так при сохранении параметров транспортировки КГФ по стволу скважины, возможно, увеличить ее максимальную длину оборудования в среднем в 2–3 раза;
- рекомендуемая максимальная длина оборудования водоприемной части буровой скважины КГФ, транспортируемой на колонне с закрытым башмаком в холодной скважинной воде, при скорости транспортировки по стволу скважины 0,22 м/с приведена в табл. 2:

Таблица 2. Рекомендуемые длины транспортировки КГФ в зависимости от длины КГС при $t_b = 5-17\text{ }^\circ\text{C}$

Массовая концентрация желатина в КГЭ, %	Длина КГС, м		
	1 м	2 м	3 м
2	до 20	до 15	до 10
3,5	20–35	15–30	10–25
5	35–90	30–55	25–30
10	90–230	55–150	30–40

Выводы

В результате стендовых исследований технологии транспортировки КГФ в водоприемную часть буровой скважины установлено, что для изготовления КГЭ в качестве вяжущего вещества водного раствора органического полимера, которым возможно применение желатин марки П-11 фильтра.

Разработанную технологию оборудования буровых скважин КГФ можно применять для создания фильтров в наиболее сложных геолого-гидрогеологических условиях с длиной транспортировки по стволу со скважинной жидкостью до 230 м.

Наведено результати стендових досліджень параметрів технології транспортування експериментального зразка криогенно-гравійного фільтра на моделі бурової свердловини.

Ключові слова: гідрогеологічна свердловина, криогенна технологія, гравійний фільтр, мінералов'язуча речовина.

The results of stand researches of parameters of technology of delivery of experimental standard of cryogenic-gravel filter are resulted on the model of drillhole.

Key words: hydrogeological well, cryogenic technology, gravel filter, mineral-astringent material.

Литература

Результати стендових досліджень технології доставки експериментального зразка криогенно-гравійного фільтра / А.О. Кожевников, А.К. Судаков, О.Ф. Камишацький та ін. // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: Сб. науч. тр. – Вып. 14. – К.: ИСМ им. В.М. Бакуля НАН Украины, 2012. – С. 209–214.

Поступила 23.06.14