

А.А. Кожевников, Б.Т. Ратов, А.К. Судаков, О.Н. Мостинец

## ОПЫТ ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СКВАЖИНЫ КРИОГЕННО-ГРАВИЙНЫМ ФИЛЬТРОМ

*Представлены результаты производственных испытаний технологии оборудования гидрогеологической скважины криогенно-гравийным фильтром. Определена экономическая эффективность испытанной технологии.*

---

### ДОСВІД ОБЛАДНАННЯ ГІДРОГЕОЛОГІЧНОЇ СВЕРДЛОВИНИ КРИОГЕННО-ГРАВІЙНИМ ФІЛЬТРОМ

*Наведено результати виробничих випробувань технології обладнання гідрогеологічної свердловини криогенно-гравійним фільтром. Визначено економічну ефективність випробуваної технології.*

---

### EXPERIENCE OF EQUIPMENT OF HYDROGEOLOGICAL WELL OF CRYOGENIC-GRAVEL FILTER

*The results of production tests of hydrogeological well equipping technology of cryogenic-gravel filter are presented. Economic efficiency of the tested technology is determined.*

---

#### ВВЕДЕНИЕ

На кафедре техники разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета на протяжении ряда лет проводятся работы по разработке технологии создания криогенно-гравийных элементов (КГЭ) фильтров и технологии оборудования водоприемной части гидрогеологической скважины криогенно-гравийными фильтрами (КГФ) [1, 2].

На заключительном этапе разработки технологий сотрудниками кафедры и ООО ПГГ «Днепрогидрострой» в период с 10 по 15 декабря 2012 года были проведены производственные испытания технологии оборудования гидрогеологической скважины криогенно-гравийным фильтром на участке с. Мусиевка Криворожского района Днепропетровской области.

*Целью статьи* является рассмотрение результатов производственных испытаний,

в задачи которых входило определение работоспособности технологии оборудования водоприемной части гидрогеологической скважины криогенно-гравийным фильтром и экономической эффективности выполнения работ по предлагаемой технологии.

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектом производственных испытаний являлись процессы изготовления КГФ, транспортирования КГФ по стволу скважины, оборудования водоприемной части гидрогеологической скважины.

В геоструктурном отношении участок находится в пределах Украинского кристаллического массива.

В геологическом строении участка участвуют докембрийские кристаллические породы, перекрытые корой выветривания и

отложениями палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем.

В целом, участок характеризуется неблагоприятными условиями формирования пресной подземных вод. Отбираемая вода часто минерализована, водоносные горизонты, особенно четвертичных отложений, испытывают техногенное влияние; значительные площади засоления связаны с фильтрацией соленых вод из накопителей шахтных и карьерных вод.

Целевым водоносным горизонтом для бурения эксплуатационных скважин является водоносный горизонт в докембрийских породах. Глубина залегания кровли водоносного горизонта 80 м, мощность водосодержащих песков 15 м (рис. 1).

Предполагаемый дебит скважины 1,1 – 7,2 м<sup>3</sup>/ч. Минерализация воды 1,1 – 1,5 г/дм<sup>3</sup>,

жесткость 11 – 15 ммоль/дм<sup>3</sup>. Водоносный горизонт защищен от проникновения поверхностных загрязнителей.

Бурение осуществлялось установкой УРБ-3А3.

Промывочная жидкость – нормальный глинистый раствор.

Конструкция скважины одноступенчатая. Интервал 0,0 – 50,0 м пробурен долотом 295,3 мм и перекрыт обсадной колонной диаметром 219 мм. Колонна зацементирована с выходом раствора на дневную поверхность.

Интервал 50,0 – 97,0 м пробурен долотом 190,5 мм и обсажен «впотай» фильтровой колонной диаметром 110 мм.

Сборка и спуск фильтровой колонны осуществлялся с положения «на вынос». Ее компоновка приведена в табл. 1.

КОМПОНОВКА ФИЛЬТРОВОЙ КОЛОННЫ

Таблица 1

Отстойник фильтровой колонны:	
наружный диаметр, м	0,110
длина, м	2,0
Рабочая часть фильтровой колонны:	
наружный диаметр, м	0,112
длина, м	7,0
Надфильтровая часть фильтровой колонны:	
наружный диаметр, м	0,110
длина, м	45,0

Нижняя часть отстойника фильтровой колонны оборудована обратным клапаном.

Рабочая часть фильтровой колонны имела круглую перфорацию. Водоприемная поверхность фильтровой колонны выполнена из полимерной сетки квадратного плетения сечением 1 мм. Наружный диаметр рабочей части фильтровой колонны – 112 мм. Внутренний диаметр КГЭ фильтра 118 мм, наружный – 180 мм.

Для данных геолого-технических условий производственных испытаний приняты: суммарная длина КГЭ фильтра – 10,0 м, длина КГЭ фильтра – 0,5 м.

Для изготовления КГЭ фильтра использовался неоднородный, плохо окатанный

гравий карьера «Просьяное».

Между отстойником и рабочей частью фильтровой колонны, а также в стык труб рабочей части фильтровой колонны установлены опоры криогенно-гравийных элементов фильтра, которые имели наружный диаметр 180 мм.

Длина фильтровой колонны составила 54 м.

Верх фильтровой колонны находится выше башмака обсадной колонны на 7 м. Межколонное пространство герметизировано деревянным сальником.

Сооружение скважин осуществлялось в зимний период. Среднесуточная температура воздуха –2 °С.

## Геологический разрез и конструкция скважины

Место нахождения скважины – с. Мусиевка Криворожского района  
Днепропетровской области

Глубина скважины – 97 м.

Масштаб	Номер горизонта	Геологический возраст породы	Краткое описание литологического состава пород	Конструкция скважины с указанием глубины установки башмака обсадных труб	Глубина залегания, м		Мощность горизонта, м	Опытные работы	Статический уровень, м	Разбурка и оборудование скважины		Категория пород		
					от	до				Диаметр, мм бурения обсадки	Глубина бурения, м			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
5								Промывка и желонирование, опытные откочки		295,3 219,0				
10														
15														
20														
25														
30	1	Q	Суглинки		0,0	32,0	32,0							II
35	2	Q <sub>1</sub> -N <sub>2</sub>	Глина краснубурая		32,0	38,0	6,0							III
40	3	N <sub>2</sub>	Глина серая, плотная		38,0	43,0	5,0							III
45	4		Глина бентонитоподобная		43,0	46,0	3,0							III
50	5		Известняк		46,0	52,0	6,0						50,0	IV
55	6	N <sub>1</sub> S <sub>2</sub>	Глина известняковая		52,0	56,0	4,0				▼ 55,2			IV
60	7		Известняк		56,0	60,0	4,0							IV
65	8	N <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	Песок		60,0	66,0	6,0					II		
70														
75	9		Глина буроугольная		66,0	78,0	12,0					III		
80	10		Бурый уголь		78,0	80,0	2,0					IV		
85										190,5 110,0				
90														
95	11	Pg <sub>2</sub> bc	Песок		80,0	95,0	15,0					II		
	12		Каолин		95,0	97,0	2,0				97,0	IV		

Рис. 1. Геологический разрез и конструкция скважины на участке с. Мусиевка Криворожского района Днепропетровской области

Доставка гравия с базы предприятия осуществлялась буровой установкой УРБ-3АЗ.

Работы по изготовлению КГЭ выполнялись перед бурением скважины на участке ведения работ. Омоноличивание КГЭ фильтра проходило при температуре  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  в морозильном ларе на протяжении 24 часов (рис. 2).



Рис. 2. Омоноличивание КГЭ фильтров в морозильном ларе

Для изготовления КГЭ фильтра затрачено 230 кг гравия, 65 л водного раствора желатина и израсходовано 2,5 кг желатина марки П-11.

В результате изготовления получено криогенно-гравийный элемент фильтра массой 14,0 кг, массовая концентрация в водном растворе желатина – 3,5% и толщина гравийной обсыпки КГЭ фильтра – 30,0 мм.

После вскрытия водоносного горизонта на всю мощность осуществлялось: замер температуры пластовой воды; извлечение КГЭ из форм; подготовка фильтровой колонны; сборка КГФ (рис. 3), извлечение бурильной колонны из скважины.

Температура скважинной жидкости составила  $+7\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

С помощью муфты на бурильной колонне осуществлена транспортировка криогенно-гравийного фильтра по стволу скважины (рис. 4) с посадкой его в ее водоприемную часть.

При транспортировке осложнений не наблюдалось. Башмак фильтровой колон-

ны установлен на глубине 97 м.

Фильтровая колонна герметизирована сальником с последующей промывкой скважины технической водой в течение 3 часов.



Рис. 3. Сборка криогенно-гравийного фильтра



Рис. 4. Спуск КГФ в скважину

При испытании технологий изготовления и оборудования криогенно-гравийным фильтром гидрогеологической скважины вели хронометраж времени выполнения технологических операций. В результате были установлены затраты времени на:

- извлечение КГЭ из форм – 30 мин;
- сборку КГФ – 30 мин;
- спуск 12 м свечи в скважину – 25 с;
- наращивание фильтровой колонны – 7 мин;
- наращивание бурильной колонны – 1,5 мин;

– транспортировку КГФ по стволу скважины с посадкой в ее водоприемную часть – 60 мин.

В заключительный период сооружения скважины была осуществлена пробная откачка пластовых вод. В ее начальный период наблюдалось незначительное пескование скважин, но по прошествии 1 ч вода полностью осветлялась, а еще через 3 ч пескование прекратилось.

Во время пробных откачек определялись дебиты и уровни жидкости в скважине. В результате установлено, что дебит скважины составил – 7,0 м<sup>3</sup>/ч; статический уровень – 55,2 м; динамический – 65,5 м; понижение – 10,3 м; удельный дебит – 0,68 м<sup>3</sup>/м·ч.

В качестве базы сравнения при анализе экономической эффективности технологий выбрана технология создания гравийных

фильтров в скважине, при которой гравий засыпается через устье и доставляется в водоприемную часть по межколонному пространству скважины.

При определении экономической эффективности технологии оборудования гидрогеологической скважины КГФ, пробуренной на участке с. Мусиевка Криворожского района Днепропетровской области, одинаковые затраты не учитываются.

Экономический эффект от внедрения новой технологии рассчитывается исходя из

$$\Delta = C^{\bar{b}} - C^n,$$

где  $C^{\bar{b}}$  и  $C^n$  – себестоимость оборудования гравийными фильтрами, соответственно базовым и предлагаемым методом, тыс. грн (табл. 2).

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ  
ОБОРУДОВАНИЯ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН КГФ

Таблица 2

Базовая технология			Предлагаемая технология, участок работ		
показатель	продолжительность операций, ст.см.	стоимость, тыс. грн	показатель	продолжительность операций, ст.см.	стоимость, тыс. грн
–	–	–	$C_{п.к.}^n$	0,25	0,75
–	–	–	$C_{э.н.}^n$		0,044
–	–	–	$C_{эс}^n$		0,14
$C_{п.в.}^{\bar{b}}$	2,00	6,00	$C_{п.в.}^n$	0,50	1,50
$C_{\bar{в}}^{\bar{b}}$		0,70	$C_{\bar{в}}^n$		0,10
$C_{в.в.}^{\bar{б}}$		0,60	$C_{в.в.}^n$		0,10
$C_{\bar{з}}^{\bar{б}}$		0,27	$C_{\bar{з}}^n$		0,021
$C_{\bar{з.мп.}}^{\bar{б}}$	0,25	0,75	–	–	–
$C_{о.о.}^{\bar{б}}$	1,50	4,50	$C_{о.о.}^n$	0,63	1,89
Всего $C^{\bar{б}}$	3,75	12,82	Всего $C^n$	1,38	4,545

Примечание: «–» затраты отсутствуют.

В табл. 2:  $C_{п.в.}^{\bar{б}}$ ,  $C_{п.в.}^n$  – стоимость стан-ко-смены промывки скважины водой, удаления глинистой корки, образования ка-

верны, тыс. грн;  $C_{\bar{в}}^{\bar{б}}$ ,  $C_{\bar{в}}^n$  – стоимость во-ды, необходимой для замещения раствора, промывки скважины, создания каверны,

тыс. грн;  $C_{в.в.}^{\bar{}}$ ,  $C_{в.в.}^n$  – стоимость вывоза отработанной воды, тыс. грн;  $C_2^{\bar{}}$ ,  $C_2^n$  – стоимость гравия, тыс. грн;  $C_{о.о.}^{\bar{}}$ ,  $C_{о.о.}^n$  – стоимость станко-смены опытных откачек, тыс. грн;  $C_{2.мр.}^{\bar{}}$  – стоимость станко-смены при засыпке гравия через устье и транспортировании по стволу скважины, тыс. грн;  $C_{н.к.}^n$  – стоимость станко-смены изготовления КГЭ, тыс. грн;  $C_{э.н.}^n$  – стоимость энергоносителей для изготовления КГЭ, тыс. грн.  $C_{э.н.}^n = C_{э.э} + C_n$ , где  $C_{э.э}$  – стоимость электроэнергии, израсходованной ларем мощностью 0,5 кВт/ч за 24 часа омоноличивания КГЭ, тыс. грн;  $C_n$  – стоимость пропана, израсходованного для нагрева воды, тыс. грн;  $C_{ж}^n$  – стоимость желатина, израсходованного для приготовления КГЭ, тыс. грн.

Стоимость материалов и энергоносителей приняты на период выполнения работ. Стоимость 8-часовой станко-смены  $C_{ст.-см.} = 3$  тыс. грн.

В результате оценки экономической эффективности установлено, что экономический эффект от применения технологии оборудования водоприемной части гидрогеологической скважины КГФ составил 6485 грн. Это достигнуто за счет снижения времени транспортировки гравия к водоносному горизонту на 0,25 ст.-см, времени промывки на 1 ст.-см, времени пробных откачек на 0,87 ст.-см, а также экономии топлива (90 л) за счет снижения потребления и утилизации технической воды расходуемой для промывки и образования ка-

верны в водоносном горизонте буровой скважины в 5 – 6 раз.

## ВЫВОДЫ

В результате проведения производственных испытаний на участке с. Муsieвка Криворожского района Днепропетровской области установлено, что:

1. Разработанная технология изготовления КГЭ фильтра позволяет ее применять в условиях буровой.

2. Технология транспортирования КГФ по стволу скважины с применением стандартного оборудования и инструмента не усложняет процесс оборудования водоприемной части гидрогеологической скважины гравийным фильтром, а упрощает его.

3. Технология изготовления КГЭ фильтра позволяет уменьшить расход гравийного материала, улучшить процесс изготовления гравийного фильтра.

4. Испытанная технология оборудования водоприемной части гидрогеологической скважины КГФ позволяет сократить непроизводительные затраты времени в 2,4 раза или на 1,87 ст.-см.

5. Экономический эффект от применения технологии оборудования водоприемной части гидрогеологической скважины криогенно-гравийным фильтром составил 6485 грн.

6. Разработанные технологии изготовления криогенно-гравийного фильтра и транспортирования криогенно-гравийного фильтра по стволу скважины могут применяться при сооружении гидрогеологических скважин.



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Пат. 88726 Україна, МПК E21B 43/08. Гравійний фільтр / А.О. Кожевников, А.К. Судаков, О.А. Пащенко, О.Ф. Камишацький, В.І. Тітов, О.А. Лексиков, В.П. Донцов.; заявник і патентовласник Національний гірничий університет. – №a200803913; заявл. 28.03.08; опубл. 10.11.09, Бюл. №21.

2. Кожевников А.А. Технология оборудования криогенно-гравийными фильтрами водоприемной части буровой скважины / А.А. Кожевников, А.К. Судаков, С.В. Гошовский // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления и применения: сб. науч. тр. – 2009. – Вып. 12. – С. 62 – 66.

## ОБ АВТОРАХ

Кожевников Анатолий Александрович – д.т.н., профессор кафедры техники разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета.

Ратов Боранбай Товбасарович – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой технологии и техники бурения скважин Казахского национального технического университета им. К.И. Сатпаева

Судаков Андрей Константинович – д.т.н., доцент кафедры техники разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета.

Мостинец Олег Норбертович – директор ООО Промыленно-геологическая группа «Днеприддрострой».

