

УДК 622.233: 551.49

**А.А. Кожевников**<sup>1</sup>, докт. техн. наук, **А.К. Судаков**<sup>1</sup>, канд. техн. наук,  
**А. А. Гриняк**<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный горный университет, г. Днепропетровск, Украина

<sup>2</sup>ВАТ „ПівнічУкрГеологія”, г. Белая Церков, Украина

### **ГРАВИЙНЫЕ ФИЛЬТРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭФФЕКТА ДВУХФАЗНОГО ИНВЕРСНОГО ПЕРЕХОДА АГРЕГАТНОГО СОСТОЯНИЯ ВЯЖУЩЕГО ВЕЩЕСТВА**

*The analysis of technologies of equipment of drillholes gravelers is in-process conducted, and also pre-conditions are considered for creation of untraditional technology of equipment of waterreceiving part of drillholes by gravelers, made with the use of effect of diphasic inversion transition of the aggregate state of astringent matter.*

#### **Актуальность и состояние проблемы**

В мегаполисах Украины в связи со сложной экологической ситуацией, обусловленной химическим и радиационным загрязнением как поверхностных, так и подземных питьевых вод, сложилась критическая экологическая обстановка, приводящая к ухудшению состояния здоровья населения. На большей части территории Украины вода поставляется населению из водозаборов. В виду изношенности их оборудования получаемая вода не соответствует санитарным нормам и правилам. Кроме того, во многих регионах проявляется проблема создания гидрогеологических скважин, как для питьевого, так и технического водоснабжения. В этой связи в Киевском, Днепропетровском, Запорожском, Одесском, Херсонском, Николаевском и других регионах Украины наблюдается значительный дефицит питьевых подземных вод.

В южных регионах Украины частично или полностью привозную питьевую воду используют около 300 населенных пунктов, из них:

в Одесской области (преимущественно на юго-западе) – 80;

в Николаевской области (на севере и в центральной части) – 180;

в Херсонской области (на севере) – 70.

Указанную проблему можно решить путем бурения гидрогеологических скважин, предназначенных для питьевого и технического водоснабжения населенных пунктов. На сегодняшний день в Украине накоплен некоторый опыт бюветного водоснабжения населения городов питьевой водой. В Киеве и Одессе пробурено и оборудовано более 170 гидрогеологических скважин.

Качество сооружаемой скважины и ее эксплуатационные характеристики определяются комплексом технологических работ, выполненных на заключительном этапе ее строительства, включая вскрытие водоносного горизонта, декольматацию, оборудование фильтром и освоение.

Особую сложность представляют вопросы, связанные со вскрытием и оборудованием гравийными фильтрами водоприемной части скважины, которые представлены средне-, мелко-, тонкозернистыми, а также пылеватыми песками.

Особую сложность представляют вопросы, связанные со вскрытием и оборудованием гравийными фильтрами водопримной части скважины, которые представлены средне-, мелко-, тонкозернистыми, а также пылеватыми песками.

В процессе эксплуатации подземных вод используют два основных вида гравийных фильтров: опускные, которые собирают на поверхности земли с последующим установлением их в скважине в готовом виде и создаваемые непосредственно в скважине с помощью гравия, который засыпают или закачивают в скважину по межколонному пространству.

При бурении скважин малых и средних глубин (до 100 м) успешно применяются гравийные фильтры с рыхлой обсыпкой, которая создается путем засыпания гравия между труб.

При бурении более глубоких скважин с малым конечным диаметром, а также при вскрытии напорных водоносных горизонтов, самоизливающихся на поверхность земли, создание гравийных фильтров становится затруднительным, а в некоторых случаях невозможным.

Кроме того, технологии их создания имеют следующие недостатки:

- производство рыхлых обсыпок требует определенных технических навыков и соответствующей квалификации буровых мастеров, которые часто нарушают требования нормативных документов;
- значительные временные расходы на транспортировку гравийного материала с дневной поверхности в зону водоносного горизонта;
- качественное формирование гравийной обсыпки требует сложного поверхностного и забойного оборудования и инструмента, что приводит к повышению стоимости работ;
- расслоение гравийного материала, как по высоте, так и по диаметру создаваемой гравийной обсыпки;
- зависание гравийного материала на пути транспортировки с образованием пробок, что требует дополнительного времени на его ликвидацию;
- образование зияющих пустот в гравийной обсыпке в зоне водоносного горизонта, что влечет за собой пескование скважины.

Вследствие этих недостатков среди технологий оборудования скважин гравийными фильтрами как отечественных, так и зарубежных появилось направление по созданию фильтров на дневной поверхности с последующей их транспортировкой по стволу скважины и оборудованию ими водоносных горизонтов.

К ним относятся кожуховые и блочные фильтры, применение которых также имеет существенные недостатки. Кожуховые фильтры имеют повышенное гидравлическое сопротивление. В процессе эксплуатации вследствие электрохимической реакции кожуховые фильтры склонны к быстрому зарастанию. При спуске они деформируются, что приводит к образованию неравномерного по толщине гравийного слоя, а иногда формированию открытых каналов и пустот.

У фильтров блочного типа гравийная обсыпка связана с различными вяжущими веществами. Такие блоки надевают на опорные перфорированные каркасы и опускают в скважину в готовом виде.

До недавнего времени в качестве вяжущих веществ применяются следующие материалы: клей БФ-2 и БФ-4, бакелитовый лак марки А, битум, цемент, резиновый клей, жидкое стекло. В последнее время, как за рубежом, так и в Украине применение гравийные фильтры блочного типа как отечественного, так и зарубежного производства, в которых вяжущим веществом взяты синтетические материалы на основе эпоксидных смол.

В.М. Гаврилко [1] сформулировал требования, которым должны отвечать гравийные фильтры блочного типа. А именно:

поскольку блоки, которые надевают на каркас фильтровой колонны, неплотно прилегают

к плоскости трубы и, следовательно, воспринимают горное и фильтрационное давление, они должны сохранять необходимую прочность или она должна снижаться в такой мере, чтобы остаточная прочность была достаточной в течение срока службы сооружения, который зависит от целевого назначения скважины;

- вяжущие вещества должны быть стойкими к коррозии и эрозии, которые неминуемо возникают при фильтрации воды различного химического состава;
- фильтры блочного типа должны иметь достаточные размеры пор и обладать эффективной пористостью, обеспечивающей необходимый прилив воды к скважине;
- используемые в гравийных фильтрах вяжущие вещества не должны содержать химических компонентов, вредных для здоровья человека.

В настоящее время гравийные фильтры блочной конструкции не отвечают перечисленным требованиям.

Блочные фильтры нежелательно подвергать ударным нагрузкам, приводящим к разрушению структуры блоков. При изготовлении гравийных блоков должно применяться такое количество вяжущих веществ, при которых происходит соединение только зерен гравия в агрегатное состояние при сохранении необходимой пористости. На практике блочные фильтры имеют меньшую проницаемость и большие гидравлические сопротивления по сравнению с рыхлой обсыпкой, которая состоит из зерен того же механического состава. Введение вяжущих веществ приводит к снижению эффективной пористости и уменьшению размеров самих пор, образуемых в теле блока, вследствие либо полного перекрытия ряда фильтрационных каналов клеем, либо их сужения. Кроме того, в блочных фильтрах в качестве вяжущего материала используют клеи, не отвечающие требованиям санитарных норм и правил для скважин питьевого водоснабжения.

В этой связи тематика выполняемых работ на кафедре техники разведки месторождений полезных ископаемых Национального горного университета, на наш взгляд, актуальна как для теории, так и практики бурения гидрогеологических и геотехнологических скважин не только в Украине, но и во всех других странах.

Для решения этой проблемы необходимо найти новые технологии создания гравийных фильтров на дневной поверхности, основанных на других физических процессах и вяжущих материалах. Такими технологическими процессами могут быть методы, основанные на использовании эффекта двухфазного инверсного перехода агрегатного состояния минераловязящего вещества.

Цель работы проанализировать современное состояние фильтростроения и предпосылки для создания технологии оборудования водоносных горизонтов гидрогеологических скважин питьевого и хозяйственного водоснабжения, а также для оборудования геотехнологических скважин гравийными фильтрами, изготовленных с применением эффекта двухфазного инверсного перехода агрегатного состояния минераловязящего вещества.

В основу работы положена идея создания технологии изготовления элемента гравийного фильтра блочной конструкции с соединением гравийного материала в монолит с помощью минераловязящего вещества на водной основе по криогенной технологии с последующей установкой его в скважине и переходом гравийного материала из монолитного состояния в рыхлое в связи с приобретением минераловязящим веществом под воздействием плюсовых температур пластовых вод реологических свойств воды [2].

В зимних условиях блоки цементируются водой способом замораживания [1].

В этой связи цель работ, выполняемых на кафедре ТРПКК НГУ, заключается в научном обосновании параметров конструкции криогенно-гравийного фильтра (КГФ), технологии его изготовления и технологии оборудования гидрогеологических скважин в интервале водоносного горизонта, представленных среднезернистыми, мелкозернистыми, тонкозернистыми и пылеватыми песками.

Для реализации предложенной технологии необходимо выполнить следующие технологические операции: изготовить на дневной поверхности КГФ блочной конструкции, собрать его в условиях буровой, доставить по стволу скважины в водоносный горизонт и привести в рабочее состояние.

Изготовление КГФ на дневной поверхности состоит в создании замкнутой водонепроницаемой системы цилиндрически полых блоков, в поровом пространстве которых равномерно распределен минераловяжущий материал (рис. 1). Блоки КГФ формируются в водонепроницаемой емкости, которая повторяет контуры и внешние радиальные размеры КГФ, наружного диаметра каркаса фильтровой колонны и диаметра водоприемной части скважины. При этом возможно формирование вокруг каркаса фильтра гравийного слоя высокого качества с заданными параметрами при постоянном визуальном контроле. Исключается возможность проявления таких осложнений, как расслоение гравия, образование открытых каналов и пустот.

Сборка фильтра осуществляется на устье скважины в воздушной среде путем соединения заранее омоноличенных блоков КГФ с фильтровой колонной (рис. 1, б). Время сборки на дневной поверхности блочного фильтра  $t_{сб}$  – 20-30 мин.

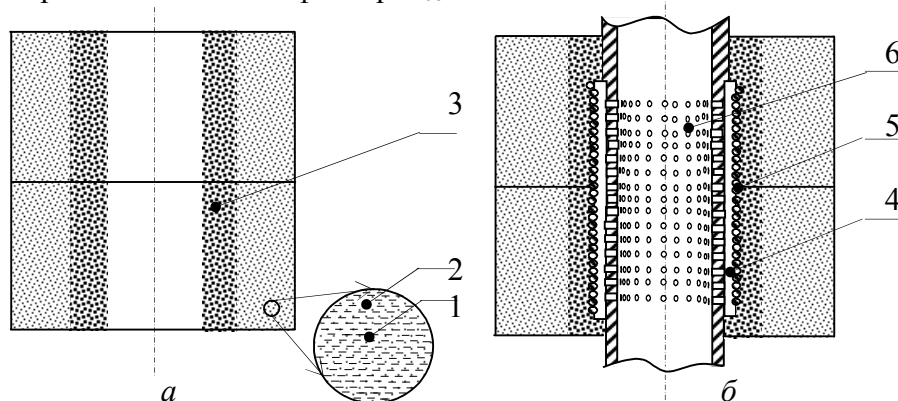


Рисунок 1- Схема КГФ: а – блоки КГФ в исходном состоянии (после изготовления); б – КГФ в сборе 1 – материал внешнего слоя гравийной обсыпки; 2 – минераловяжущий материал; 3 – материал внутреннего слоя гравийной обсыпки; 4 – подкладные прутки; 5 – проволочная обмотка; 6 – трубчатый каркас.

После сборки КГФ транспортируются на колонне бурильных труб по стволу скважины. При этом общее время транспортировки  $t_{об}$  условно делится на составляющие:  $t_{сп}^{ст}$  – время транспортировки по стволу скважины до статического уровня  $h_{ст}$ ;  $t_{сп}^{о.св}$  – время транспортировки КГФ в водной среде на остаток длины свечи;  $t_{сп}^H$  – время наращивания бурильной колонны;  $t_{сп}^{св}$  – время спуска одной свечи в водной среде, где  $l_{св}$  – длина свечи (рис. 2)

По достижении заданной глубины  $L_{св}$  под действием положительных температур водоносного горизонта КГФ переходит из монолитного состояния в рыхлое с фильтрацией пластовых вод через гравийный материал КГФ. При этом минераловяжущий материал приобретает реологические свойства пластовой воды.

В течение времени, необходимого для осуществления всех технологических операций ( $t_{об}$ ), блоки КГФ должны обладать достаточной механической прочностью. Исходя из данных рис. 2:

$$t_{об} = \sum t_{сп}^H + \sum t_{сп}^{св} + t_{сб} + t_{сп}^{ст} + t_{сп}^{о.св},$$

где  $\sum t_{сп}^H$  – суммарное время соответственно наращивания и спуска бурильной колонны  $\sum t_{сп}^{CB}$

В свою очередь

$$\sum t_{сп}^H = t_{сп}^H \times n_H,$$

$$\sum t_{сп}^{CB} = t_{сп}^{CB} \times n_{CB},$$

где  $n_H$  – количество операций наращивания колонны бурильных труб;  $n_{CB}$  – количество свечей в колонне.

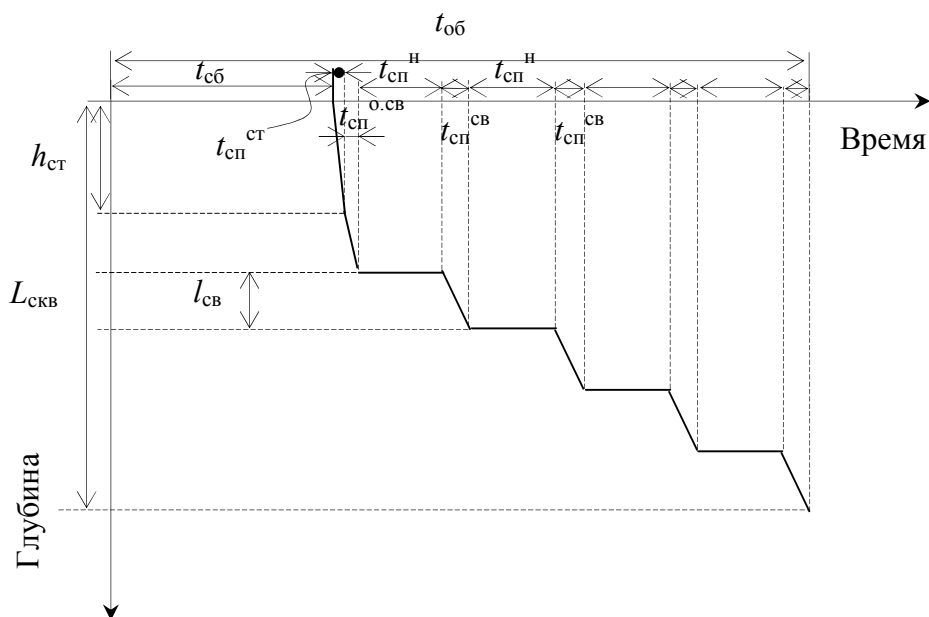


Рис. 2. Схема баланса времени, затрачиваемого для оборудования скважины КГФ

Для успешного оборудования водоносного горизонта необходимо, чтобы время разрушения КГФ  $t_{КГФ}$  превышало время оборудования КГФ водоносного горизонта  $t_{об}$ , т. е. должно выполняться условие

$$t_{КГФ} > t_{об}$$

В свою очередь  $t_{об}$  зависит от рецептуры КГФ, которую подбирают с учетом конкретных геолого-гидрогеологических условий бурения скважин. При этом

$$t_{КГФ} = k \times t_{об},$$

где  $k$  – коэффициент запаса времени.

### Выводы.

Предлагаемая технология обеспечивает удовлетворение требований санитарных норм и правил, повышение качества КГФ, устранение явления пескования, увеличение проницаемости КГФ, снижение гидравлических сопротивлений, и времени на монтаж КГФ, повышение дебита и срока службы скважины.

### Литература

1. Гаврилко М.В.. Фильтры водозаборных, водопонижительных и гидрогеологически скважин. – М: Госстройиздат, 1961. – 384 с.
2. Пат. 18663U.UA, МКИ E21 B43/08. Гравійний фільтр / Кожевников А.О., Судаков А.К. (UA). – № 97020756. Заявл. 22.05.06; Друк. 15.11.06; Бюл. № 11.

Поступила 20.06.08