

## ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВУХКОЛОННЫХ ДВУХФИЛЬТРОВЫХ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН

*В. В. Ивашечкин, доктор технических наук*

*Ю. А. Медведева, старший преподаватель*

*В. И. Крицкая, ассистент*

*Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Беларусь*

### Аннотация

Представлено обоснование устройства двухколонных двухфильтровых водозаборных скважин на основе результатов натурных исследований опытных скважин различных конструкций: типовой одноколонной скважины, двухколонной двухфильтровой скважины с фильтрами на одном уровне и соединительными перемычками и одноколонной скважины с двухсекционным фильтром, пробуренных в д. Приморье Минского р-на. Описывается расчет коэффициента фильтрации пород, который характеризует сопротивление фильтра и показатель обобщенного сопротивления фильтра и прифильтровой зоны. Приводятся результаты натурных исследований действующей двухколонной двухфильтровой скважины в д. Войская Каменецкого р-на Брестской обл.

**Ключевые слова:** водозаборная скважина, гидравлика, насос, откачка, фильтрация, удельный дебит, обследование.

### Abstract

*V. V. Ivashechkin, Yu. A. Medvedeva, V. I. Kritskaya*

### HYDRODYNAMIC FIELD STUDIES OF DOUBLE-COLUMN DOUBLE-FILTER WATER INJECTION WELLS

The rationale for the construction of two-column two-filter water wells is presented based on the results of field studies of experimental wells of various designs: a typical single-column well, a two-column two-filter well with filters at the same level and connecting jumpers, and a single-column well with a two-section filter, drilled in the village of Primorye, Minsk region. The calculation of the rock filtration coefficient is described, which characterizes both the filter resistance and the indicator of the generalized resistance of the filter and the filter zone. The results of field studies of an operating two-column two-filter well in the village of Voyskaya, Kamenets district, Brest region, are presented.

**Keywords:** water well, hydraulics, pump, pumping, filtration, specific flow rate, inspection.

### Введение

В Белорусском национальном техническом университете разработан ряд конструкций двухколонных двухфильтровых водозаборных скважин, которые имеют один общий буровой ствол с размещенными в нем двумя фильтровыми колоннами. Каждая колонна скважины содержит собственный оголовок, эксплуатационную трубу для размещения насоса, фильтр, отстойник [1–4].

Различают несколько разновидностей двухколонных двухфильтровых скважин. У скважин с перемычками между фильтрами колонны гидравлически связаны между собой выше и ниже фильтров посредством верхней и нижней соединительных перемычек, сообщающих подфильтровые и надфильтровые полости скважин. В маломощных горизон-

тах фильтры могут устанавливаться на одном уровне напротив друг друга, в горизонтах большой мощности – на разных уровнях. У скважин без перемычек между фильтрами, имеющих более простую конструкцию, колонны гидравлически не связаны между собой. Такие конструкции скважин целесообразно применять для эксплуатации одного горизонта большой мощности неоднородного состава для забора воды на разных уровнях, а также для отдельного забора воды из двух несвязанных водоносных горизонтов. Конструкции двухколонных двухфильтровых скважин защищены тремя патентами [2–4].

Двухколонные двухфильтровые скважины обладают повышенной надежностью: при выходе из строя одного из насосов можно вклю-

чить в работу второй, чем обеспечивается бесперебойность подачи воды потребителю; при выходе из строя одного из фильтров или его ремонте работает второй фильтр, так как его пропускная способность рассчитана на полный дебит скважины. Установка в колоннах двух насосов с разными характеристиками позволяет регулировать подачу в соответствии с необходимым водопотреблением и экономить электроэнергию [5].

Недостаточная изученность гидравлических характеристик двухколонных двухфильтровых скважин сдерживает их внедрение на водозаборах подземных вод. В этой связи представляет интерес проведение опытных работ на длительно эксплуатирующихся двухколонных двухфильтровых скважинах с целью оценки их надежности и интенсивности изменения их удельного дебита в процессе эксплуатации, а также выполнение совместных гидродинамических исследований двухколонных двухфильтровых скважин с типовыми скважинами в аналогичных гидрогеологических условиях для сравнительной оценки их гидравлических характеристик.

#### Результаты натурных исследований опытных скважин в д. Приморье Минского р-на

В 2018 г. на указанной территории была пробурена линейная группа из трех опытных скважин, которые каптируют воду из верхних четвертичных отложений сожской морены, сложенных разнотерными песками мощностью  $m = 8,4$  м. Отложения выдержаны по мощности в пределах опытного участка и имеют площадное распространение. В кровле находятся супеси с прослойками суглинков в интервале от 0 до 5 м. В подошве – плотные

В качестве критериев для сравнения эффективности различных конструкций фильтров или скважин могут быть приняты: удельный дебит скважин при равных дебитах (понижениях уровня); показатель обобщенного сопротивления фильтра и прифильтровой зоны; коэффициент фильтрации во фрагменте опытная – наблюдательная скважины. Наиболее надежные значения показателя обобщенного сопротивления фильтра и прифильтровой зоны опытной скважины могут быть получены при наличии наблюдательной скважины, расположенной на расстоянии 0,5–1 м от нее. Это позволяет учесть потери напора, обусловленные наличием фильтра и изменением проницаемости водоносных пород в процессе бурения [6].

Цель работы – проведение гидродинамических опытных работ по оценке эффективности двухколонных двухфильтровых водозаборных скважин. Для реализации этой цели проводились натурные исследования на опытных скважинах в д. Приморье Минского р-на и на действующей двухколонной скважине в д. Войская Брестской обл.

глины. Водоносный горизонт напорный. Напор воды над кровлей водоносного горизонта составляет 2,7 м. Опытные скважины пробурены в одну линию. Бурение производилось буровым станком ЛБУ-50, который позволяет бурить скважины шнековым и ударно-канатным способами глубиной до 50 м. На рис. 1 и 2 представлены общий вид и геолого-технические разрезы трех опытных скважин.



Рис. 1. Общий вид опытных скважин

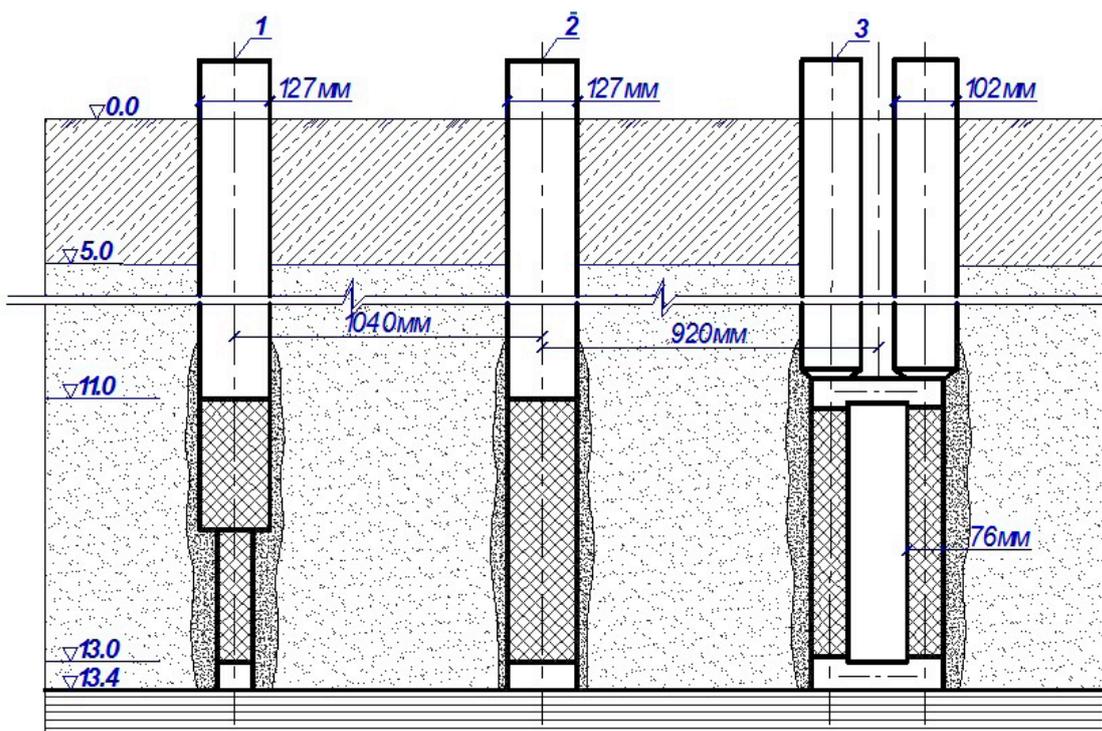


Рис. 2. Геолого-технические разрезы опытных скважин:

1 – скважина с двухсекционным фильтром; 2 – типовая скважина; 3 – двухколонная скважина

В центре группы находится типовая скважина одноколонной конструкции с сетчатым фильтром на сплошной колонне диаметром 127 мм. Фильтр представляет собой дырчатый каркас длиной 2 м, диаметром 127 мм и скважностью 10,5 % с дополнительной водоприемной поверхностью из полиамидной сетки галунного плетения. В процессе бурения водонос до подошвы был вскрыт ударно-канатным методом под защитой обсадной трубы диаметром 219 мм, в которую устанавливали фильтр с центрирующими фонарями, обсыпали его промытым фракционированным кварцевым песком с диаметром зерен 1,0–1,8 мм, затем обсадную трубу извлекали на поверхность.

Справа от типовой скважины пробурена двухколонная двухфильтровая скважина с фильтрами на одном уровне и соединительными перемычками, в которой на двух эксплуатационных колоннах диаметром 102 мм каждая приварены два фильтра длиной 2 м. Каждый фильтр представляет собой дырчатый каркас длиной 2 м, диаметром 76 мм и скважностью 10,5 % с дополнительной водоприемной поверхностью из полиамидной сетки галунного плетения. Перемычки также имеют диаметр 76 мм. В процессе бурения двухколонной скважины водонос до подош-

вы был вскрыт ударно-канатным методом под защитой обсадной трубы диаметром 273 мм, в которую устанавливали фильтр с центрирующими фонарями, обсыпали его промытым фракционированным кварцевым песком с диаметром зерен 1,0–1,8 мм, затем обсадную трубу извлекали на поверхность.

Слева от типовой одноколонной скважины пробурена одноколонная скважина с двухсекционным фильтром: верхняя секция фильтра имеет диаметр 127 мм и длину 1 м, нижняя – 76 мм и такую же длину. Фильтр сетчатый с сеткой галунного плетения на дырчатых каркасах скважностью 10,5 %. Технология бурения скважины с двухсекционным фильтром была такая же, как у типовой одноколонной скважины.

Расстояние между центрами типовой одноколонной и двухколонной двухфильтровой скважинами – 0,92 м, а расстояние между центрами типовой скважины и скважины с двухсекционным фильтром – 1,04 м.

Первые натурные гидравлические исследования производились в 2018 г. сразу после сооружения скважин [7]. Для откачки воды применяли погружной насос ЭЦВ-4-2,5-65, который помещали в одну из колонн двухколонной двухфильтровой скважины. Расход воды измеряли объемным методом при работе на-

соса на выброс в емкость объемом 0,1 м<sup>3</sup>. Статический и динамический уровни воды измеряли с помощью электроуровнемера. Откачки производили при одинаковых дебитах, чтобы полученные значения удельных дебитов можно было сравнивать.

Результаты замеров и расчетов удельного дебита строительной откачки представлены в табл. 1.

Сравнение результатов строительной откачки показало, что удельный дебит двухколонной двухфилтровой скважины на 8,6 % превышает удельный дебит типовой одноколонной скважины.

В опытах, проведенных в июле 2019 г., осуществлялись отдельные и одновременные откачки из двух колонн двухфилтровой сква-

жины двумя водоподъемниками – погружным насосом ЭЦВ-4-2,5-65 и мотопомпой DAJO DJQGZ 80-26 (рис. 3).

Испытания двухколонной двухфилтровой скважины проводились для трех различных вариантов ее работы с целью выявления влияния условий забора воды из скважины на величину ее удельного дебита: 1-й вариант – работает погружной насос в одной филтровой колонне; 2-й вариант – работает погружной насос в одной филтровой колонне, вторая филтровая колонна полностью затампонирована; 3-й вариант – одновременная откачка из обеих колонн скважины погружным насосом и мотопомпой.

Результаты испытаний двухколонной скважины представлены в табл. 2.

Таблица 1. Результаты строительной откачки в 2018 г. [7]

Наименование скважины	Площадь поверхности фильтра $F$ , м <sup>2</sup>	Расход $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	Понижение уровня $S$ , м	Удельный дебит $q$ , м <sup>2</sup> /ч
Одноколонная типовая	0,028	5,00	1,42	3,50
Двухколонная двухфилтровая	0,021	4,95	1,31	3,80



Рис. 3. Полевые испытания скважины двухколонной конструкции

Таблица 2. Данные испытаний двухколонной скважины в 2019 г.

Условия забора воды	Расход $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	Понижение уровня $S$ , м	Удельный дебит $q$ , м <sup>2</sup> /ч
1-й вариант	5,00	1,50	3,40
2-й вариант	4,90	1,60	3,10
3-й вариант	6,50	2,06	3,20

Анализ результатов откачки воды из двухколонной двухфилтровой скважины в 2019 г. показал, что с 2018 г. произошла некоторая кольматация фильтров в результате коррозии металлических каркасов, что несколько снизило удельный дебит двухколонной скважины: с  $q = 3,8 \text{ м}^2/\text{ч}$  до  $q = 3,4 \text{ м}^2/\text{ч}$ .

Тампонаж одной из фильтровых колонн с помощью помещенного внутрь пожарного рукава, наполненного водой, привел к снижению значения удельного дебита с  $q = 3,4 \text{ м}^2/\text{ч}$  (1-й вариант) до  $q = 3,1 \text{ м}^2/\text{ч}$  (2-й вариант), что указывает на то, что при работе водоподъемника, размещенного в фильтровой колонне, подключается в работу второй фильтр благодаря наличию перемычек между фильтрами.

Некоторое снижение значения удельного дебита скважины с 3,4 до 3,2  $\text{м}^2/\text{ч}$  при возрастании расхода воды с 5 до 6,5  $\text{м}^3/\text{ч}$ , работе двумя водоподъемниками – погружным насосом и помпой (3-й вариант) – обусловлено нелинейностью зависимости  $q = f(Q)$ .

В 2023 г. выполнялись сравнительные гидродинамические испытания эффективности типовой одноколонной и двухколонной двухфилтровой скважин по значениям показателя обобщенного сопротивления фильтра и прифилтровой зоны. Откачки из скважин производились погружными винтовыми насосами miniVINT 25-70. Из опытной скважины вода откачивалась на выброс. Расход воды  $Q$  измеряли объемным методом с помощью секундомера и емкости объемом  $V = 33 \text{ дм}^3$ . Положения уровней воды в опытной и наблюдательных скважинах определяли электроуровнемером.

По результатам измерений вычисляли коэффициент фильтрации пород  $k_n$  по формуле

Дюпюи во фрагменте *опытная скважина – наблюдательная скважина*, который характеризует и сопротивление фильтра [6]:

$$k_n = \frac{Q \cdot \ln \frac{r_{\text{он}}}{r_o}}{2\pi \cdot m(S_o - S_n)}, \quad (1)$$

где  $r_{\text{он}}$  – расстояние от оси опытной скважины до стенки наблюдательной скважины;  
 $r_o$  – внутренний радиус фильтра опытной скважины;

$S_o, S_n$  – понижения в опытной и наблюдательной скважинах соответственно.

Также вычисляли показатель обобщенного сопротивления фильтра и прифилтровой зоны  $\zeta_2$  опытной скважины с учетом несовершенства по степени вскрытия пласта опытной и наблюдательной скважин по формуле [6]:

$$\zeta_2 = \frac{2,73k \cdot m(S_o - S_n)}{Q} - [Jg \frac{r_{\text{он}}}{r_o} + 0,435(\zeta'_1 - \zeta''_1)], \quad (2)$$

где  $\zeta'_1$  и  $\zeta''_1$  – показатели сопротивлений, обусловленные несовершенством степени вскрытия пласта опытной и наблюдательной скважин, которые определяли по графикам в зависимости от параметров  $l_\phi/m$  и  $m/r$  [8], где  $l_\phi$  – длина фильтра.

*Откачка из двухколонной опытной скважины.*

При откачке воды из двухколонной опытной скважины в качестве наблюдательной использовали типовую одноколонную скважину. В табл. 3 представлены результаты опытов.

Установлено, что удельный дебит скважины остался практически неизменным, во-первых, при подключении в работу второго насоса и, во-вторых, при откачке из нее двумя одинаковыми насосами – с увеличением общего расхода откачки с 1,37 до 2,72  $\text{м}^3/\text{ч}$ .

Таблица 3. Результаты испытаний двухколонной скважины в 2023 г.

Условия забора воды	Расход откачки $Q, \text{ м}^3/\text{ч}$	Понижение уровня $S_o, \text{ м}$	Удельный дебит $q, \text{ м}^2/\text{ч}$	Понижение уровня $S_n, \text{ м}$	Коэффициент фильтрации пород $k_n, \text{ м}/\text{сут}$	Показатель обобщенного сопротивления фильтра и прифилтровой зоны $\zeta_2$
Качает один погружной насос	1,37	0,37	3,65	0,12	6,24	0,87
Качают два погружных насоса	2,72	0,76	3,57	0,26	6,20	0,89

Для вычислений по формулам (1) и (2) необходимо определить расчетный внутренний радиус фильтра  $r_o$  двухколонной скважины. Два цилиндрических фильтра длиной  $l_\phi$  и внутренним радиусом  $r_\phi$  можно схематизировать одним цилиндрическим фильтром той же длины  $l_\phi$  с внутренним приведенным радиусом  $r_o$  равновеликой площади. Приравняв площади боковых поверхностей  $4\pi r_\phi l_\phi = 2\pi r_o l_\phi$ , получим:  $r_o = 2 r_\phi$ .

В качестве исходных данных для расчетов по формулам (1) и (2) были приняты сле-

дующие:  $m = 8,4$  м;  $k = 10$  м/сут;  $r_{он} = 0,86$  м;  $r_o = 2r_\phi = 2 \cdot 0,035 = 0,07$  м;  $\zeta'_1 = 11,3$  при  $l_\phi / m = 2 / 8,4 = 0,24$  и  $m / r_o = 8,4 / 0,07 = 120$ ;  $\zeta''_1 = 11,8$  при  $l_\phi / m = 2 / 8,4 = 0,24$  и  $m / r_n = 8,4 / 0,06 = 140$ .

*Откачка из типовой одноколонной опытной скважины.*

При откачке воды из типовой одноколонной опытной скважины в качестве наблюдательной использовали двухколонную двухфильтровую скважину. В табл. 4 представлены результаты опытов.

Таблица 4. Результаты испытаний типовой одноколонной скважины в 2023 г.

Условия забора воды	Расход откачки $Q$ , м <sup>3</sup> /ч	Понижение уровня $S_o$ , м	Удельный дебит $q$ , м <sup>2</sup> /ч	Понижение уровня $S_n$ , м	Коэффициент фильтрации пород $k_n$ , м/сут	Показатель обобщенного сопротивления фильтра и прифильтровой зоны $\zeta_2$
Качает один погружной насос	1,37	0,40	3,43	0,13	6,20	0,5

В качестве исходных данных для расчетов по формулам (1) и (2) были приняты следующие:  $m = 8,4$  м;  $k = 10$  м/сут;  $r_{он} = 0,87$  м;  $r_o = 0,06$  м;  $\zeta'_1 = 11,8$  при  $l_\phi / m = 2 / 8,4 = 0,24$  и  $m / r_o = 8 / 0,06 = 140$ ;  $\zeta''_1 = 11,3$  при  $l_\phi / m = 2 / 8,4 = 0,24$  и  $m / r_n = 8 / 0,07 = 120$ .

Удельный дебит у двухколонной скважины зафиксирован на 6 % больше, чем у типовой одноколонной.

Сравнительный анализ полученных значений коэффициентов фильтрации пород  $k_n$  во фрагменте *опытная – наблюдательная сква-*

*жины* и значений показателей обобщенного сопротивления фильтра и прифильтровой зоны  $\zeta_2$  при откачках одним насосом при одинаковом дебите  $Q = 1,37$  м<sup>3</sup>/ч из двухколонной и типовой скважин показал, что у обеих скважин эти значения практически не отличаются (см. табл. 3 и 4). С ростом дебита двухколонной скважины почти в два раза ( $Q = 2,72$  м<sup>3</sup>/ч) эти показатели несколько ухудшились, что, вероятно, связано с нарушением линейного закона фильтрации в ее фильтре и прифильтровой зоне.

**Результаты натурных исследований действующей двухколонной двухфильтровой скважины в д. Войская Каменецкого р-на Брестской обл.**

Двухколонная двухфильтровая скважина (№ 42937/88) пробурена в 1988 г. в названном районе для снабжения водой населения и фермы крупнорогатого скота Барановичским СМУ треста «Промбурвод».

Паспортный разрез скважины представлен на рис. 4. Глубина скважины 85 м, она оборудована двумя эксплуатационными колоннами 219 мм с фильтрами 219 мм в интервалах (71–83) м и (68–80) м с нижней перемычкой между фильтрами на отметке 80 м. Первая колонна имеет отстойник в интервале 83–85 м.

В 2019 г. проводились гидравлические исследования скважины [9], определялся удельный дебит скважины по истечении более 30-летней ее работы. В двух колоннах скважины были установлены рабочие насосы ЭЦВ 6-10-80. Один из насосов приподняли, установили на хомут и использовали для откачки на выброс (рис. 5). Дебит скважины измеряли объемным способом с помощью емкости объемом 50 дм<sup>3</sup> и секундомера, уровни воды в колоннах – электроуровнемером.

Результаты гидравлических исследований скважины приведены в табл. 5.

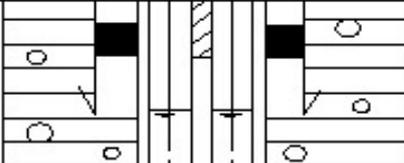
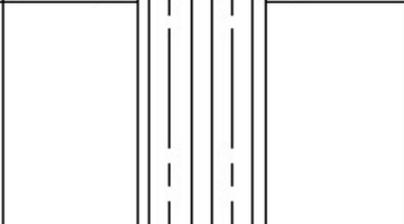
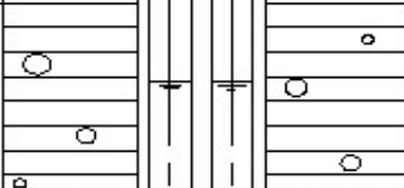
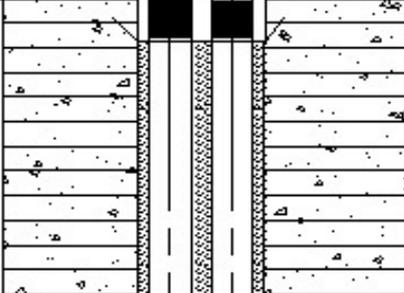
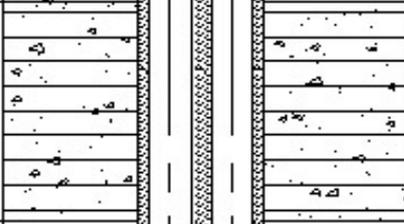
Литологическое описание пород	Геологический разрез и конструкция скважины	Мощность пласта, м
Глина коричневая валунная		9
Гравийно-галечные отложения		21
Глина коричневая валунная		31
Песок серый водоносный		34
Глина с гравием и галькой		50
Гравийно-галечная смесь		53
Глина серая с гравием		65
Песок серый с прослойками глин		68
		71
		80
		83
		85

Рис. 4. Паспортный геолого-технический разрез двухколонной скважины в д. Войская

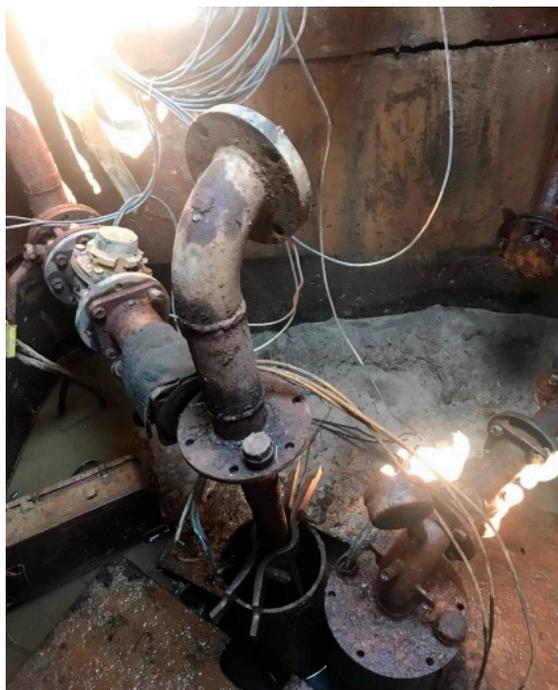


Рис. 5. Общий вид обвязки при обследовании двухколонной скважины в д. Войская Каменецкого р-на

Таблица 5. Результаты гидравлических исследований скважины № 42937/88

№ п/п	Основные показатели	Измерения после бурения 1988 г.	Исследования 2019 г.
1	Дебит скважины, м <sup>3</sup> /ч	100	5,67
2	Статический уровень, м	6	7,5
3	Динамический уровень, м	25	8,36
4	Понижение уровня, м	19	0,86
5	Удельный дебит $q$ , м <sup>2</sup> /ч	5,3	6,6

Обследование скважины показало, что глубина скважины в обеих колоннах соответствовала паспортной. Понижения  $S$  в обеих колоннах при работе насоса имели одинаковые значения – 0,86 м. Песок в пробах воды отсутствовал. Удельный дебит при откачке воды с расходом  $Q = 5,67$  м<sup>3</sup>/ч составил 6,6 м<sup>2</sup>/ч,

#### Выводы

1. Проведены натурные гидравлические исследования двухколонной двухфилтровой скважины с двумя перемычками между фильтрами и типовой одноколонной скважины, пробуренных на опытном участке в 2018 г. в д. Приморье Минского р-на.

Сравнение результатов строительной откачки опытных скважин в 2018 г. показало, что удельный дебит двухколонной двухфилтровой скважины на 8,6 % превысил удельный де-

бит типовой одноколонной скважины. В течение года в результате кольматации фильтров произошло некоторое снижение удельного дебита двухколонной скважины с  $q = 3,8$  м<sup>2</sup>/ч (2018 г.) до  $q = 3,4$  м<sup>2</sup>/ч (2019 г.).

Установлено, что при работе одним насосом совместно работают оба фильтра двухколонной скважины благодаря перемычкам между ними: при выключении из работы одного из фильтров с помощью помещенного

внутри пожарного рукава, наполненного водой, удельный дебит скважины снизился с  $q = 3,4 \text{ м}^3/\text{ч}$  до  $q = 3,1 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

Сравнительный анализ полученных значений коэффициентов фильтрации пород  $k_n$  во фрагменте *опытная – наблюдательная скважины* и значений показателей обобщенного сопротивления фильтра и прифильтровой зоны  $\zeta_2$  при откачках одним насосом при одинаковом дебите  $Q = 1,37 \text{ м}^3/\text{ч}$  из двухколонной и типовой скважин поочередно показал, что у обеих скважин эти значения практически не отличаются; в то же время удельный дебит двухколонной скважины на 6–8 % выше. Идентичность гидрогеологических условий, условий бурения и освоения скважин, одинаковые

конструкции сетчатых фильтров на дырчатых трубчатых каркасах одинаковой скважности позволяют считать приведенные данные репрезентативными.

2. В 2019 г. проведены гидравлические исследования эксплуатирующейся с 1988 г. двухколонной двухфильтровой скважины с одной перемычкой между фильтрами в д. Войская Каменецкого р-на Брестской обл. Установлено, что после 30 лет работы скважина находится в рабочем состоянии, не пескует, работает с высоким удельным дебитом двумя погружными насосами и обеспечивает водой близлежащие ферму и деревню, что подтверждает высокую надежность и долговечность скважин этой конструкции.

### Библиографический список

1. Ивашечкин, В. В. Ремонтпригодные водозаборные скважины / В. В. Ивашечкин, П. А. Автушко ; под ред. В. В. Ивашечкина. – Минск : БНТУ, 2016. – 228 с.
2. Водозаборная скважина : пат. ВУ № 21423 / В. В. Ивашечкин, А. В. Ивашечкин, И. Е. Иванова, Ю. С. Машук, А. С. Доморацкий, А. Л. Корсюк. – Оpubл. 11.07.2017.
3. Конструкция водозаборной скважины : пат. 033351 ЕАПВ / В. В. Ивашечкин, Ю. А. Медведева, А. Н. Курч. – Оpubл. 30.09.2019.
4. Водозаборная скважина : пат. ВУ 23608 / В. В. Ивашечкин, Ю. А. Медведева. – Оpubл. 30.12.2021.
5. Ивашечкин, В. В. Оптимизация работы водозаборов подземных вод с помощью двухколонных скважин / В. В. Ивашечкин, Ю. А. Медведева // Энергетика. Изв. высш. учеб. завед. и энергет. об-ний СНГ. – 2022. – № 65 (5). – С. 451–462.
6. Гаврилко, В. М. Фильтры буровых скважин / В. М. Гаврилко, В. С. Алексеев. – Москва : Недра, 1985. – 334 с.
7. Медведева, Ю. А. Лабораторные и натурные исследования двухколонной водозаборной скважины / Ю. А. Медведева, В. В. Ивашечкин, А. Ю. Кочергин // Геотехника Беларуси: наука и практика = Geotechnics in Belarus: science and practice : материалы Междунар. конф., Минск, 23–26 окт. 2018 г. / Белорус. нац. техн. ун-т ; сост.: В. А. Сернов [и др.]. – Минск : БНТУ, 2018. – С. 132–138.
8. Проектирование водозаборов подземных вод / А. И. Арцев [и др.] ; под ред. Ф. М. Бочевера. – Москва : Стройиздат, 1976. – 292 с.
9. Медведева, Ю. А. Полевые испытания двухколонной водозаборной скважины / Ю. А. Медведева, В. В. Ивашечкин // Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики : сб. материалов 15-й Междунар. конф. по пробл. гор. пром-сти, стр-ва и энергетики, Минск – Тула – Донецк, 29–30 окт. 2019 г. : в 4 т. / Белорус. нац. техн. ун-т, Тул. гос. ун-т, Донец. нац. техн. ун-т ; ред. И. А. Басалай. – Минск : БНТУ, 2019. – Т. 1 – С. 154–158.

Поступила 17 октября 2023 г.