

7. Белов, С.Г. Разработка метода точного дозирования высоких удельных доз озона при обработке воды / С.Г. Белов, Г.О. Наумчик // Вестник БрГТУ. – 2011. – №2(68): Водохозяйственное строительство, теплоэнергетика и геоэкология. – С. 73–81.

8. Сооружения водоподготовки. Строительные нормы и правила: ТКП 45 -4.01-31-2009 (02250) – Минск: Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, 2009 – 57 с.

Материал поступил в редакцию 02.05.2016

ZHITENYOV V.N., TARATENKOVA M.A. Decolouration of the surface water of koaguliro-vaniem with preliminary ozonirvoany for production water supply

The authors have performed the research on the impact of mass ozone concentration, coagulant, flocculant on the process of colour removal from the water of the river Mukhavets for industrial water supply. As a result, an experimental-statistical model of the process in the form of second order regression equations has been obtained and optimal values of the studied factors have been identified.

УДК 628.112

Ивашечкин В.В.

ГИДРОДИНАМИЧЕСКАЯ РЕГЕНЕРАЦИЯ ВОДОЗАБОРНЫХ СКВАЖИН С ЗАТРУБНЫМИ СИСТЕМАМИ ПРОМЫВКИ

Введение. Для значительной части водозаборных и дренажных скважин характерна недостаточная начальная производительность из-за внесения коагулирующего материала в прифильтровую зону в процессе их сооружения при бурении вращательным способом с прямой промывкой глинистым, глинисто-карбонатным и сапропелевым растворами. Остатки бурового раствора из-за недоосвоения скважин могут оставаться в прифильтровой зоне и снижать водопрпускную способность гравийных фильтров [1]. Дальнейшее снижение производительности скважин является следствием зарастания фильтров и прифильтровых зон коагулирующими осадками, выпадающими из воды.

Известен способ регенерации скважин прокачкой погружным насосом или эрлифтом с дебитом в 1,6–2 раза больше эксплуатационного с периодичностью 8–10 месяцев [2]. Подобные прокачки особенно эффективны в скважинах, добывающих подземные воды, вызывающие зарастание отверстий фильтров и пор грунта обсыпкой силикатными и алюмосиликатными соединениями (Al_2O_3 или $SiO_2 \cdot nH_2O > 10$ мг/л). Эти соединения вначале имеют желе - и пастообразную структуру (коагели взаимного осаждения кремнекислоты, окислов алюминия и гидроокислов железа), а впоследствии приобретают высокую твердость. Поэтому увеличение интервалов прокачек недопустимо, в связи с переходом осадков из рыхлого в твердое состояние. Следует отметить, что прокачка скважины удвоенным расходом по отношению к паспортному чревата созданием высоких скоростей фильтрации, которые могут привести к суффозионному выносу пород пласта через гравийную обсыпку и пескованию скважины. Достоинство гидродинамической промывки - возможность безреагентной регенерации прифильтровой зоны скважины.

В БНТУ предложено оснащать новые скважины трубчатыми зафильтровыми системами промывки, которые представляют собой 4–6 пластиковых пьезометрических трубок диаметром 20 мм, фильтровая часть которых размещена на расстоянии 7–10 см от фильтра скважины в гравийной обсыпке, нижние концы трубок заглушены, а верхние открыты и выведены на устье скважины [3]. Подавая в трубки реагент из бака и откачивая его из фильтра, можно проводить циркуляционную реагентную регенерацию скважины. Подавая в эти циркуляционные трубки насосом чистую воду под давлением и откачивая ее другим насосом из фильтра, можно осуществлять периодические гидродинамические промывки гравийного фильтра при освоении скважины после бурения и в процессе эксплуатации для удаления осадков, поддающихся струйному размыву. При промывке расход откачки из скважины может превышать расход закачки в трубчатую систему, что предполагает привлечение для промывки дополнительного расхода воды из водоносного пласта, который не должен превышать паспортный дебит скважины, чтобы не нарушить суффозионную устойчивость водовмещающих пород. Таким образом, промывной расход будет проходить только через гравийную обсыпку, которая

должна быть однородной по крупности частиц и суффозионно - устойчива.

Цель работы – разработка методики расчета параметров технологического оборудования для гидродинамической регенерации скважины с трубчатой зафильтровой системой промывки.

Рассмотрим регенерацию водозаборной скважины в напорном пласте. Промывную воду закачивают в циркуляционные трубки и откачивают вместе с осадками из ствола скважины (рис. 1).

Введем обозначения: количество циркуляционных трубок – n , их расстояния от оси водозаборной скважины – R , мощность водоносного пласта – m , коэффициенты фильтрации пласта и прифильтровой зоны соответственно k и k_{ϕ} .

Пусть расход, откачиваемый из ствола скважины, превышает суммарный расход воды, подаваемый в циркуляционные трубки, это значит, что некоторая часть расхода будет поступать из водоносного пласта

$$Q_c = Q_n + Q_{пл}, \quad (1)$$

где Q_c – расход воды, откачиваемый из водозаборной скважины; Q_n – суммарный расход, подаваемый в нагнетательные трубки; $Q_{пл}$ – расход, отбираемый из пласта.

Согласно методу наложения фильтрационных течений понижение уровня воды S в любой точке прифильтровой зоны скважины относительно статического уровня после установления квазиустановившегося движения будет определяться по следующему уравнению

$$S = S_0 - S_n + S_{пл}, \quad (2)$$

где S_0 – понижение уровня при откачке из водозаборной скважины расхода Q_n , подаваемого в циркуляционные трубки; S_n – повышение уровня при закачке в циркуляционные трубки расхода Q_n ; $S_{пл}$ – понижение уровня при откачке из водозаборной скважины расхода, дополнительно отбираемого из пласта $Q_{пл}$.

Пусть прифильтровая зона снизила свою проницаемость в результате коагуляции. Коагулят наиболее интенсивно проявляется в непосредственной близости от водозаборной скважины в области ($R - r_c$), где r_c – радиус фильтра, R – радиус бурения скважины (радиус внешнего контура гравийной обсыпки, на котором установлены нагнетательные трубки). Таким образом скважина имеет «коагуляционное кольцо» толщиной ($R - r_c$) со сниженной проницаемостью и коэффициентом фильтрации K_{ϕ} . Допустим, что за пределами этой области коэффициент фильтрации не изменяется и равен коэффициенту фильтрации пласта k .

Ивашечкин Владимир Васильевич, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой «Гидротехническое и энергетическое строительство» Белорусского национального технического университета. Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65, e-mail: Ivashechkin_vlad@mail.ru.

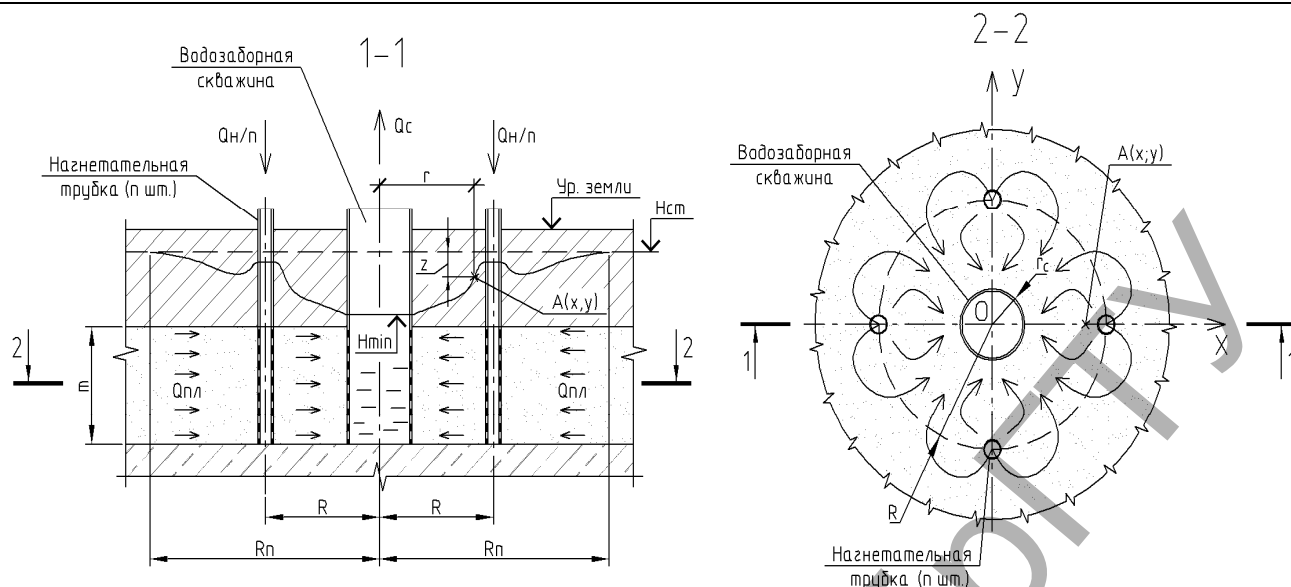


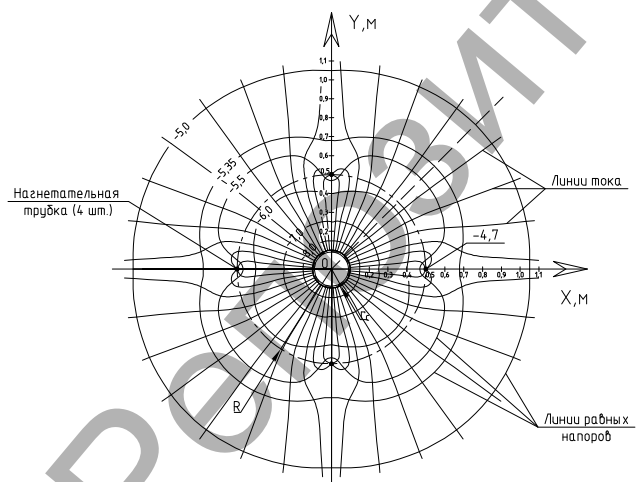
Рисунок 1 – Расчетная схема зафильтровой промывки водозаборной скважины в напорном пласте

В работе [3] с учетом (1) и (2) получено следующее выражение для определения понижения S в любой точке прифильтровой зоны в процессе затрубной регенерации

$$S = \frac{Q_H}{4\pi mk} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln \frac{\rho_i^2}{r^2} + 2\epsilon\beta \left[\ln \frac{R_n}{r} + \left(\frac{1}{\epsilon} - 1 \right) \ln \frac{R}{r_c} \right] \right], \quad (3)$$

где ρ_i – расстояние от i -й циркуляционной трубки до точки, в которой определяется понижение; R_n – радиус влияния водозаборной скважины; r – расстояние от оси водозаборной скважины до точки, в которой определяется понижение; $\beta = \frac{Q_{пл}}{Q_H}$; $\epsilon = \frac{k_\phi}{k}$.

Общий вид гидродинамической сетки, построенной с учетом формулы (3), представлен на рисунке 2.



$n=4$, $R=0,5$ м, $m=10$ м, $Q_H=Q_{пл}=0,006$ м³/с, $k_\phi=k=0,0001$ м/с, $R_n=200$ м, $r_c=0,1$ м, $\beta=1$, $\epsilon=1$

Рисунок 2 – Гидродинамическая сетка фильтрации

По гидродинамической сетке (см. рис. 2) можно определить местную скорость фильтрации в любой точке прифильтровой зоны. Вблизи фильтра скважины линии равных напоров представляют собой концентрические окружности, расстояние между которыми убывает по мере приближения к наружной поверхности фильтра, что указывает на существенный рост градиентов напора. Одновременно возрастает

скорость в этих цилиндрических сечениях, совпадающих с линиями равных напоров. По сетке можно определить теоретическое значение градиентов фильтрации и сравнить их с допускаемыми средними градиентами фильтрационного потока $I_{доп}$, при превышении которых начинается суффозия грунта [4].

Определяющим условием, влияющим на эффективность гидродинамической безреагентной промывки, является достижение промывающей скорости $V_{пр}$ фильтрационного потока и соответствующего ей градиента $J_{пр}$, при которых начинается интенсивный суффозионный вынос осадка с рыхлой, желе – или пастообразной структурой из кольматационного кольца.

Исходим из того, что толщина кольматационного кольца на начальных этапах эксплуатации скважин незначительна и составляет 20–30 мм. Для равномерного и интенсивного выноса отложений из всего кольматационного кольца на его внешнем контуре необходимо обеспечить промывающую скорость $U_{пр}$ фильтрационного потока, величина которой будет зависеть от типа и структуры кольматирующих образований, а также от гранулометрического состава гравийного фильтра.

Имея тип и гранулометрический состав уложенной гравийной обсыпки, промывающую скорость $U_{пр}$ и продолжительность промывки устанавливают опытным путем в лабораторных условиях, используя для этого извлеченные из скважины образцы кольматирующего осадка. При отсутствии опытных данных возможно использование справочных материалов, при этом необходимо оперировать величиной допустимого градиента напора $I_{доп}$ фильтрационного потока [5]. При гидродинамической промывке градиент напора $I_{пр}$ промывного потока в кольматационном кольце должен быть выше предельно допустимого $I_{доп}$, при котором начинается интенсивный вынос осадка. Гравийную обсыпку, представляющую собой крупнозернистый песок, закольматированный глинистыми частицами и пастообразными осадками, можно рассматривать как супесчаный грунт и принимать $I_{пр} \geq I_{доп}=0,85$, а при механической кольматации гравийной обсыпки мелким песком, ее можно рассматривать как крупнозернистый песок и принимать $I_{пр} \geq I_{доп}=1,1$ [5].

Используя циркуляционные трубки в качестве пьезометров, полевыми методами [6], определяют фактический средний коэффициент фильтрации прифильтровой зоны K_ϕ , а затем по формуле Дарси находят значение промывающей скорости $U_{пр}$ фильтрационного потока на наружной поверхности кольматационного кольца

$$V_{пр} = K_\phi \cdot I_{доп}. \quad (4)$$

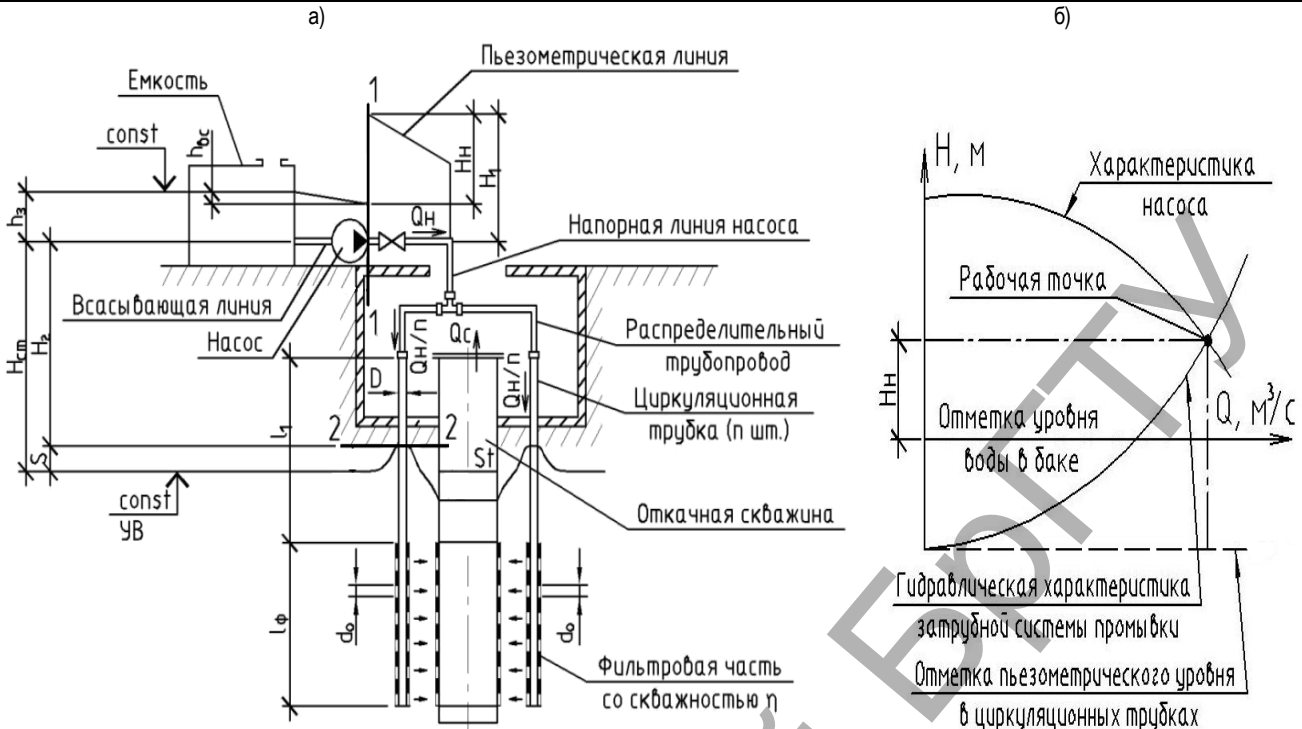


Рисунок 3 – Схема к расчету напора насоса системы закачки (а) и график совместной работы насоса и затрубной системы промывки (б)

В опытах по изучению эффективности удаления кольматанта, представленного мелкодисперсным железистым осадком, получена скорость $v_{пр}$ в интервале от 11 до 20 мм/с, а продолжительность промывки – 40..80 мин.

Зная величину промывающей скорости $v_{пр}$, определяют суммарный расход Q_c , откачиваемый из ствола центральной скважины:

$$Q_c = v_{пр} \cdot \omega_k = v_{пр} \cdot 2\pi R_k l_{\phi}, \quad (5)$$

где Q_c – расход откачки; ω_k – площадь наружной поверхности «кольматационного кольца»; R_k – внешний радиус «кольматационного кольца»; l_{ϕ} – длина фильтра.

Из выражения (1) находят суммарный расход Q_n , подаваемый в нагнетательные трубы

$$Q_n = Q_c - Q_{пл} = 2v_p \pi R l_{\phi} - Q_{пл}. \quad (6)$$

Расход, забираемый из пласта $Q_{пл}$, не должен превышать фактический дебит скважины $Q_{ск}$ (определяется по паспорту скважины). С учетом того, что гидродинамическая промывка эффективна на начальных этапах эксплуатации водозабора, когда дебит скважины снижен не более чем на 5–15%, а кольматант представлен рыхлыми или пастообразными отложениями, расход $Q_{пл}$ следует принимать в диапазоне $(0,5..1) Q_c$.

Определив расходы Q_c, Q_n , зная параметры скважины и затрубной системы регенерации, по формуле (3) строят гидродинамическую сетку фильтрации, по которой уточняют градиенты фильтрационного потока в кольматационном кольце и уровни воды в скважине и циркуляционных трубках. При необходимости корректируют принятые расходы Q_c, Q_n и расчет повторяют, добываясь значения $l \geq l_{доп}$.

Расчетная схема затрубной гидродинамической промывки представлена на рисунке 3.

Напор H_c скважинного насоса, устанавливаемого в стволе регенерируемой скважины (на рисунке не показан), определяют как сумму геометрической высоты подъема h_e и потерь напора в водоподъемном трубопроводе $h_{тр}$ при подаче Q_c на выброс

$$H_c = h_e + h_{тр}. \quad (7)$$

Потери напора в водоподъемном трубопроводе $h_{тр}$ определяют как сумму потерь напора по длине и на местных сопротивлениях по обычным формулам гидравлики [7]. Геометрическую высоту подъема h_e насоса, откачивающего воду на выброс, находят как разность отметок дневной поверхности и динамического уровня воды в скважине, определяемого по гидродинамической сетке. По известным значениям требуемого напора H_c и расхода Q_c определяют тип и марку насоса. Может быть использован рабочий скважинный насос, работающий на выброс при полностью открытой задвижке.

Затрубная система регенерации должна обеспечивать равномерное распределение промывочной воды по всему контуру гравийной обсыпки. Оптимальное количество нагнетательных трубок составляет от 4 до 6 [8] со скважностью фильтровой части $\eta_0 = 0,25..0,3\%$. С увеличением диаметра фильтра число циркуляционных трубок увеличивают. Имея технические параметры затрубной системы и вычисленный расход Q_n , расчетом определяют требуемый напор H_n насоса системы закачки.

Напор H_n насоса затрачивается на преодоление геометрического напора H_e , потерь напора: в напорной и всасывающих линиях – $h_{вс}, h_{нп}$, распределительном трубопроводе – $h_{рм}$, в циркуляционных трубках системы промывки $h_{цт}$ и равен

$$H_n = h_{вс} + h_{нп} + h_{рм} + h_{цт} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} - H_e - h_3, \quad (8)$$

где v_1, v_2 – средние скорости движения воды в сечениях 1-1 и 2-2; H_e – геометрический напор; h_3 – заглубление оси насоса под уровень в емкости.

Геометрический напор H_e определяют по формуле

$$H_e = H_{cm} - S, \quad (9)$$

где H_{cm} – статический напор, определяемый как разность отметок уровня воды в емкости и статического уровня в скважине; S – повышение уровня воды в циркуляционных трубках, определяемое по гидродинамической сетке (см. рис. 2).

Потери напора во всасывающей линии $h_{вс}$, напорной линии $h_{нл}$ и распределительном трубопроводе $h_{рм}$ определяют по известным формулам гидравлики для расчета трубопроводов как сумму потерь напора по длине и местных сопротивлений.

Средние скорости движения воды в сечениях 1-1 и 2-2 соответственно равны

$$v_1 = \frac{4Q_H}{\pi D_1^2}, \quad (10)$$

$$v_2 = \frac{4Q_H}{n \pi D_2^2}, \quad (11)$$

где D_1 – диаметр напорного трубопровода насоса; D_2 – диаметр труб.

Потери напора в циркуляционных трубках $h_{цм}$ складываются из потерь напора на транзитном участке $h_{цм.мп}$, потерь напора на фильтровом участке $h_{цм.ф}$ и потерь напора на выходе из отверстий $h_{цм.оме}$. Циркуляционные трубки в гидравлическом отношении представляют собой параллельные трубопроводы, поэтому потери напора в них равны между собой. Их определяют по формуле

$$h_{цм} = h_{цм.мп} + h_{цм.ф} + h_{цм.оме}. \quad (12)$$

Потери напора в транзитной части трубки

$$h_{цм.мп} = \frac{\lambda \cdot l_1 \cdot v_2^2}{D_2 \cdot 2g} = \frac{8\lambda \cdot l_1 \cdot Q_H^2}{n^2 D_2^5 \pi^2 g} = A_m l_1 \left(\frac{Q_H}{n} \right)^2, \quad (13)$$

где λ – коэффициент гидравлического трения материала труб; l_1 – длина транзитного участка трубки; A_m – удельное сопротивление

трубопровода, $A_m = \frac{8\lambda}{g\pi^2 D_2^5}$.

Потери напора на выходе из отверстий циркуляционной трубки можно приближенно определить из известной формулы истечения через малые отверстия

$$\frac{Q_H}{n} = \mu \omega_{\phi} \sqrt{2gh_{цм.оме}}, \quad (14)$$

где ω_{ϕ} – суммарная площадь отверстий в фильтровой части; μ – коэффициент расхода отверстий, принимаемый по справочным данным, $\mu = 0,6 \dots 0,64$ [9].

Площадь отверстий в фильтровой части циркуляционной трубки

$$\omega_{\phi} = 0,01 \eta_o \pi D_2 l_{\phi}, \quad (15)$$

где η_o – скважность фильтровой части трубки в %, $\eta_o = 0,25 - 0,3\%$.

Выразив $h_{цм.оме}$ из (14) с учетом (15), получим

$$h_{цм.оме} = \frac{Q_H^2}{(0,01 \eta_o \pi D_2 l_{\phi})^2 \cdot 2g}. \quad (16)$$

Потери напора на фильтровом участке $h_{цм.ф}$ определяются как потери напора в трубопроводе при равномерной раздаче по длине без транзитного расхода [9]

$$h_{цм.ф} = \frac{1}{3} A_m l_{\phi} \left(\frac{Q_H}{n} \right)^2. \quad (17)$$

Подставив выражения (13), (16) и (17) в формулу (12) после преобразований получим

$$h_{цм} = \frac{Q_H^2}{\pi^2 n^2 g D_2^2} \left(\frac{8\lambda(3l_1 + l_{\phi})}{3D_2^3} + \frac{1}{2(0,01\eta_o \cdot l_{\phi})^2} \right). \quad (18)$$

Подставив найденные значения $v_1, v_2, H_e, h_{вс}, h_{нл}, h_{рм},$

$h_{цм}, h_3$ в формулу (8), получим требуемый напор H_H насоса системы закачки. Далее по найденным значениям напора H_H и расхода Q_H определяем тип и марку насоса. Схематичный график совместной работы насоса и затрубной системы промывки представлен на рисунке 3.6. Отрицательное значение напора H_H будет говорить о том, что подача воды из емкости в затрубную систему не требует применения насоса закачки и может осуществляться самотеком.

Основными контролируемыми показателями процесса гидродинамической безреагентной промывки является мутность воды, откачиваемой из ствола скважины, и давление в напорной линии системы закачки. Прекращение выноса осадка из прифилтровой зоны и стабилизация давления в напорном патрубке насоса системы закачки указывают на завершение процесса регенерации. Рациональный межремонтный период при таких обработках следует принимать с учетом интенсивности процесса кольматантообразования в конкретных гидрогеологических условиях.

Заключение

1. Безреагентная гидродинамическая промывка может применяться для удаления остатков бурового раствора при освоении новых скважин и для регенерации ранее пробуренных, пока кольматант еще не приобрел прочную сцементированную структуру и представлен рыхлыми, геле- или пастообразными отложениями, не обладающими достаточной механической прочностью.
2. Разработана методика расчета параметров насосного оборудования, входящего в состав установки для регенерации скважин способом затрубной безреагентной гидродинамической промывки, и рекомендации по назначению расходов закачки в затрубную систему и отбора воды из скважины, обеспечивающих промывающие скорости в закольматированной гравийной обсыпке.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Башкатов, Д.Н. Специальные работы при бурении и оборудовании скважин на воду: справочник / Д.Н. Башкатов, С.Л. Драхлис, В.В. Сафонов, Г.П. Квашин. – М.: Недра, 1988. – 268 с.
2. Морозов, Э.А. Справочник по эксплуатации и ремонту водозаборных скважин / Э.А. Морозов, А.В. Стецок. – Киев: Будівельник, 1984. – 96 с.
3. Ивашечкин, В.В. Исследование установившегося движения жидкости в прифилтровой зоне скважины при ее регенерации с помощью трубчатой зафилтровой системы промывки / В.В. Ивашечкин, П.А. Автушко, А.М. Шейко // Энергетика – Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2013. – № 5. – С. 85–94.
4. Плотников, Н.А. Проектирование и эксплуатация водозаборов подземных вод / Н.А. Плотников, В.С. Алексеев – М.: Стройиздат, 1990. – 256 с.
5. Железняков, Г.В. Гидротехнические сооружения: справочник проектировщика / Г.В. Железняков, Ю.А. Ибад-Заде, П.Л. Иванов [и др.]; под общей редакцией В.П. Недриги – М.: Стройиздат, 1983 – 543 с.
6. Ансберг, А.В. Практикум по общей гидрогеологии / А.В. Ансберг, В.П. Боровицкий, Ш.Ф. Бутц [и др.]; под общей редакцией В.С. Самариной – Л.: ЛОЛГУ, 1965. – 230 с.
7. Справочник по гидравлическим расчетам / П.Г. Киселев [и др.]; под общ. ред. П.Г. Киселева. – 4-е изд. – Москва: Энергия, 1972. – 312 с.
8. Ивашечкин, В.В. Экспериментальные исследования скважины, оснащенной затрубной системой реагентной промывки / В.В. Ивашечкин, П.А. Автушко, Д.М. Коледюк // Энергетика – Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2011. – № 1. – С. 80–87.

Материал поступил в редакцию 14.05.2016

The paper describes a process of hydrodynamic reagent-free flushing in the pre-screen zone of a water well. Calculation formulas for creating of a hydrodynamic grid and determinate of parameters of flushing filtration flow were deduced. Methods we developed to calculate the grids and pumpages of well's pump and a pump of hydrodynamic cleaning system for providing a need parameters of flushing filtration flow.

УДК 628.161

Комаровский Д.П., Моряк Т.М.

ПРИМЕНЕНИЕ АЛЮМОСОДЕРЖАЩИХ КОАГУЛЯНТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВОДЫ РЕКИ ЗАПАДНАЯ ДВИНА

Введение. Значительное количество промышленных предприятий на территории Республики Беларусь для технологических нужд используют воду из поверхностных источников. Для предприятий, расположенных в Полоцком районе (ОАО «Нафтан», завод «Полимир», Новополоцкая ТЭЦ, завод «Стекловолокно»), источником промышленного водоснабжения является река Западная Двина.

Река Западная Двина принадлежит к типу равнинных рек с преобладанием снегового питания. Вода в реке относится к маломутным водам средней, а в отдельные периоды года, и высокой цветности.

Основные показатели качества воды в реке Западная Двина (по данным лаборатории завода «Полимир») представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели качества воды в р. Зап. Двина

№ п/п	Наименование показателей	Ед. изм.	Значения
1	Водородный показатель, pH	ед.	7-8,5
2	Перманганатная окисляемость	мгО ₂ /дм ³	4-50
3	Цветность	градусы	50-250
4	Железо общее	мг/дм ³	0,2-3
5	Щелочность общая	мг-экв/дм ³	1-3
6	Мутность	мг/дм ³	3-9
7	Сульфаты	мг-экв/дм ³	0,1-0,4
8	Хлориды	мг-экв/дм ³	0,15-0,3

Предварительная подготовка речной воды включает её осветление и обесцвечивание для снижения, прежде всего, окисляемости и цветности и проходит с добавлением коагулянтов.

Динамика изменения среднемесячных концентраций окисляемости и цветности в реке Западная Двина за период с 2004 по 2013 гг. показана на рис. 1.

В период весеннего половодья, когда расходы воды в реке Западная Двина наибольшие за год, окисляемость находится в пределах 25–30 мгО₂/дм³, а цветность – 150–200 градусов.

После окончания половодья, в период летне-осенней межени, окисляемость и цветность снижаются и если отсутствуют дождевые паводки, то окисляемость и цветность принимают минимальные годовые значения – 4–6 мгО₂/дм³ и 50–70 градусов соответственно.

Летние и осенние дождевые паводки приводят к резкому увеличению как окисляемости, так и цветности. Во время паводков окисляемость и цветность принимают максимальные годовые значения – 40–50 мгО₂/дм³ и 200–250 градусов соответственно.

В зимнюю межень на значения окисляемости и цветности оказывают влияние зимние паводки, вызванные дождевыми осадками или таянием снега, которые чаще наблюдаются с ноября по конец января. В период этих паводков окисляемость и цветность принимают максимальные значения для зимней межени – 25–30 мгО₂/дм³ и 130–150 градусов соответственно. Минимальные значения окисляемости и цветности наблюдаются в конце марта начале апреля, перед началом весеннего половодья, и составляют 11–14 мгО₂/дм³ и 75–100 градусов соответственно.

Для снижения цветности и органических загрязнений, характеризуемых перманганатной окисляемостью, на станциях водоподготовки применяют коагуляционную обработку воды [1–4]. Эффективность проведения коагуляционного процесса зависит от многих факторов – температуры и pH воды, наличия необходимого щелочного резерва, количества взвешенных и коллоидных частиц, концентрации органических соединений в воде, правильного выбора дозы коагулянта и быстроты смешения его с водой, а также наличия предварительного окисления исходной воды [1, 2, 5, 6].

На сегодняшний день многие промышленные предприятия в коагуляционном процессе в качестве реагента используют сульфат алюминия (далее по тексту – СА), однако в паводковый период и в холодное время года очистные сооружения, работающие с использованием данного коагулянта, в большинстве случаев не могут обеспечить необходимое качество очищенной воды, в особенности по перманганатной окисляемости. Для улучшения процесса коагуляции согласно [2–4, 7, 8] применяют высокоэффективные реагенты, такие например как полиоксихлориды алюминия (далее по тексту – ПОХА), неорганические полимеры, содержащие гидроокись хлорида алюминия. Этот вид коагулянта обладает рядом преимуществ по сравнению с другими реагентами: более широкая область применения в интервале pH, возможность использования при низких температурах, уменьшение дозы вводимого реагента, поставка в готовом рабочем растворе, что позволяет отказаться от процесса растворения коагулянта.

В данной статье приводятся результаты пробного коагулирования воды реки Западной Двины коагулянтами сульфат алюминия и полиоксихлорид алюминия. В задачу работы входило определение оптимальной дозы коагулянтов. В качестве диктующих показателей, по которым определялась оптимальная доза коагулянта, нами было выбрана цветность и перманганатная окисляемость.

Методика проведения исследований. В качестве коагулянтов использовали:

1. Сернокислый алюминий 2 сорта с массовой долей оксида алюминия 16%.
2. Полиоксихлорид алюминия АКВА-АУРАТ™10 с массовой долей оксида алюминия 10,4% и плотностью 1,26 г/см³.

Для проведения пробного коагулирования готовился рабочий раствор коагулянтов с концентрацией активной части по Al₂O₃ равной 0,1%.

Цветность, перманганатную окисляемость и щелочность воды определяли согласно принятых методик [9–11].

Мерные цилиндры заполняли исследуемой водой объемом 1000 мл. Назначали 5 доз коагулянта с интервалом 2÷5 мг/дм³. В 1-й, 2-й, ... 5-й мерные цилиндры вводили назначенные дозы коагулянта. Далее осуществляли легкое перемешивание стеклянной палочкой в течение 15 минут и отстаивание – в течение 90 минут, визуально наблюдая за процессом осаждения образующейся взвеси. По истечении времени отстаивания из верхней части цилиндров отбирали пробы, фильтровали через бумажный фильтр «белая лента» и проводили определение цветности, перманганатной окисляемости и щелочности.

Комаровский Дмитрий Петрович, к.т.н., доцент, доцент кафедры трубопроводного транспорта, водоснабжения и гидравлики Полоцкого государственного университета.

Моряк Татьяна Михайловна, магистр, ассистент кафедры трубопроводного транспорта, водоснабжения и гидравлики Полоцкого государственного университета.

Беларусь, ПГУ, 214440, г. Новополоцк, ул. Блохина, 29.