

УДК 622.24

А. А. Кожевников, д-р техн. наук, профессор; **Н. А. Науменко**, асп.

*Национальный технический университет «Днепровская политехника»,
пр. Дмитрия Яворницкого 19, 49000, г. Днепр, Украина, e-mail: aak2@ua.fm*

АНАЛИЗ ШИРИНЫ ГРАВИЙНОЙ ОБСЫПКИ ГРАВИЙНЫХ ФИЛЬТРОВ БУРОВЫХ СКВАЖИН

Целью научного исследования является анализ подбора ширины гравийной обсыпки для гравийных фильтров буровых скважин. Основным научным подходом в решении поставленной цели был научный анализ существующего производственного и экспериментального опыта подбора ширины гравийной обсыпки для гравийных фильтров. В статье проведен анализ ширины обсыпки гравийного фильтра и сделаны рекомендации по определению ширины обсыпки в зависимости от коэффициента межслойности. Уменьшение коэффициента межслойности приводит к уменьшению толщины обсыпки, что также приводит к пескованию скважин. Поэтому, единственным способом улучшить фильтрационные свойства гравийных фильтров, исключив при этом пескование, является применение двух- или многослойных фильтров. Результаты исследований будут использованы для проектирования гравийных фильтров. Практическое значение заключается улучшить фильтрационные свойства гравийных фильтров.

Ключевые слова: скважина, ширина обсыпки, гравийный фильтр, гравийная обсыпка, фильтрация.

Введение

При сооружении эксплуатационных скважин на воду возникают проблемы, важнейшими из которых являются снижение себестоимости добычи, предотвращение экологического загрязнения и нарушения структуры подземных горизонтов. Снижение себестоимости добычи полезного ископаемого возможно в основном за счет сооружения высокодебитных скважин, наиболее полно использующих потенциал продуктивного пласта [1].

Существенный резерв снижения себестоимости добычи заключается в минимизации эксплуатационных затрат, которые зависят от наличия в добываемом полезном ископаемом песка и других инородных примесей, и энергетических затрат на откачку. Сравнительно незначительное снижение себестоимости в общем балансе достигается минимизацией капитальных затрат на сооружение скважины в основном за счет упрощения конструкции в комбинации с последующим комплексом работ на стадии заканчивания по повышению дебита и предотвращению выноса песка. Проблема сохранения структуры продуктивного пласта, а, следовательно, стабильности дебита во времени зависит от успеха мероприятий по предотвращению выноса песка или других обломочных фракций. Кроме этого, вынос песка резко увеличивает расходы на эксплуатацию месторождения [2].

Наиболее качественными и долговечными с точки зрения эксплуатации водозаборных скважин являются гравийные фильтра. Однако на сегодняшний день нет единого мнения о ширине гравийной обсыпки таких фильтров, которая и влияет в конечном итоге на диаметр скважины и соответственно на себестоимость добычи.

Целью статьи является анализ подбора ширины гравийной обсыпки для гравийных фильтров буровых скважин.

Основной материал

От ширины гравийного фильтра зависит суффозионная устойчивость и удельная производительность скважины. Влияние ширины гравийного фильтра на вынос песка необходимо рассматривать в непосредственной связи с коэффициентом межслойности. При правильно подобранном коэффициенте межслойности ширина обсыпки, предотвращающей вынос песка, может быть незначительной. Если в качестве обсыпки использовать неоднородную смесь или смесь с большим коэффициентом межслойности, то ее ширина, задерживающая песок, существенно увеличивается.

С. В. Комиссаров исследовал зависимость объема вынесенного песка от ширины обсыпки для различных коэффициентов межслойности [1].

Опыты показали, что гравий размером 0,5-1 мм полностью удерживает частицы 0,1-0,25 мм при толщине слоя засыпки 35 мм. С увеличением коэффициента межслойности вынос песка увеличивается, однако он может стабилизироваться за счет увеличения ширины фильтра. При коэффициентах межслойности 2-10 фильтр толщиной 15 мм пропускал примерно столько же песка, как и фильтр с коэффициентом межслойности 5-20 толщиной 50 мм. Частицы диаметром 2 - 3 мм почти не удерживали мелкого песка, в том числе и частиц 0,25 мм при исследуемой толщине обсыпки, ограниченной 50 мм [1].

Р. Сеусье исследовал на модели влияние ширины гравийного фильтра на объем вынесенного песка. В процессе эксперимента ширина гравийной обсыпки изменялась от 25 до 80 мм. При размере частиц гравия не более шестикратного диаметра частиц песка увеличение ширины гравийного фильтра не влияло на объем вынесенного песка. Если размер гравия превышал шестикратный размер песчаных частиц, то при увеличении ширины гравийного фильтра количество вынесенного песка снижалось [2].

Эти выводы подтверждаются опытами С. В. Комиссарова., Р. Эллис отмечает, что теоретически при правильном подборе размеров гравийной обсыпки предупреждение выноса песка из коллектора в скважину обеспечивает фильтр толщиной, соответствующей трем диаметрам гравийных частиц. Т. Ландресс рекомендует принимать минимальную толщину гравийной обсыпки, равную пяти диаметрам частиц гравия. Китайский инженер Ю. Чанг проводил эксперименты по определению минимально допустимой ширины гравийной обсыпки при различных режимах эксплуатации. Полученные данные свидетельствуют о том, что ширина гравийного фильтра в 3-5 диаметров частиц не обеспечивает задержание частиц песка при высоких скоростях фильтрации. При сооружении гравийных фильтров в высокодебитных водозаборных скважинах минимально допустимая ширина обсыпки должна быть 10 мм.

Действующими нормативными документами регламентируется механизм подбора гравия в соответствии с коэффициентом межслойности 8-12, что не обеспечивает предотвращение пескования при малой толщине обсыпки. С. К. Абрамов рекомендует минимально допустимую толщину обсыпки для указанных коэффициентов межслойности 50 мм. И. Ф. Володько считает, что фильтр толщиной 30 - 35 мм устойчив к проникновению песка, но с учетом несоосности установки фильтровой колонны в скважине рекомендуемая ширина обсыпки составляет 45 - 50 мм. К аналогичному выводу пришел и В. М. Гаврилко [2].

Указанные рекомендации справедливы для однородных по мощности в отношении фракционного состава продуктивных пластов. В случае сложения пласта из чередующихся пропластков более и менее крупных частиц на некоторых интервалах фильтра коэффициент межслойности может значительно превышать рекомендуемые СНиП 8-12 и ширины обсыпки 30-50 мм недостаточно для предотвращения пескования. М. Г. Оноприенко отмечает, что надежнее принимать толщину гравийной обсыпки 150-200 мм. Однако, в некоторых случаях создание фильтров такой мощности экономически нецелесообразно, а иногда и не позволяет избежать пескования. Им разработана методика дифференцированного подхода к выбору

ширины обсыпки исходя из неоднородности пластового песка и коэффициентов межслойности (рис. 1). При коэффициентах межслойности менее 6-7 минимальная ширина обсыпки должна составлять 10 мм [2].

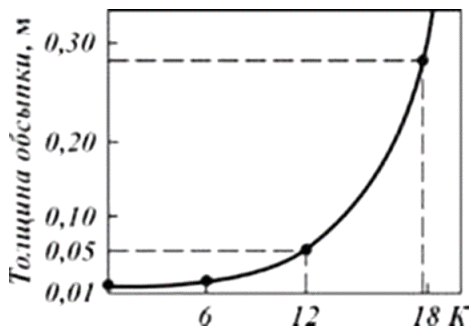


Рис. 1. Зависимость рекомендуемой ширины гравийной обсыпки от коэффициента межслойности [2]

геофизических исследований и экспресс-опробования продуктивных интервалов. Средний диаметр частиц этих интервалов умножают на рекомендуемый коэффициент межслойности, равный 6, и получают необходимый средний диаметр гравийной смеси [2].

Исходя из необходимости предотвращения пескования в таких интервалах достаточная ширина обсыпки составляет 10 мм, а с учетом несоосности установки колонны - 15-20 мм. Диаметр вскрытия пласта должен на 30–40 мм превышать наружный диаметр фильтра-каркаса. При уменьшении среднего диаметра частиц с удалением от периферийных зон наиболее обильного интервала коэффициент межслойности растет и увеличивается рациональный диаметр скважины в интервале продуктивного пласта. При уменьшении среднего диаметра частиц (по сравнению с наиболее обильным интервалом) в два раза, что соответствует коэффициенту межслойности 12, рациональный диаметр скважины должен на 100-120 мм превышать диаметр фильтра-каркаса. В интервалах, сложенных частицами размером в 3 раза меньшим, чем размер частиц наиболее обильных интервалов, диаметр скважины должен превышать диаметр фильтра-каркаса на 500–640 мм [2].

С. В. Комиссаров на основе анализа уравнения Щелкачева [3, 4] выявил теоретическую зависимость дебита скважины от ширины слоя гравия для различных коэффициентов фильтрации гравия (табл. 1).

Влияние ширины гравийного фильтра на его дебит незначительное. Увеличение ширины фильтра в 50 раз повышает дебит от 20 до 55 %. Проницаемость обсыпки также не приводит к существенному изменению производительности. Увеличение коэффициента фильтрации обсыпки в 10 раз приводит к росту дебита от 5 до 10 % [2].

А. Ж. Муфтахов и В. И. Фоменко теоретическим путем установили, что с целью повышения дебита скважины нет смысла увеличивать толщину обсыпки более 20–50 мм [1].

Практически все исследователи рекомендуют для повышения производительности скважины увеличивать ее диаметр. Различия в рекомендациях касаются только диаметра фильтра, превышать который не целесообразно.

Таблица 1. Зависимость дебита скважины от ширины слоя гравия для различных коэффициентов фильтрации

Коэффициент фильтрации гравия, м/сут.	Дебит скважины (в м ³ /ч) при толщине слоя гравия, м							
	0,1	0,2	0,3	0,5	1	2	3	5
10	358	362	370	372	392	410	420	435
20	362	380	388	391	425	455	475	505
30	366	382	392	400	435	470	495	530
50	368	384	396	410	440	485	510	550
100	370	388	400	412	455	500	530	580
Без засыпки	370	390	403	415	460	510	540	600

Подведем итог проведенного анализа:

- 1) при проектировании гравийного фильтра следует учитывать, что фильтрация увеличивается с уменьшением коэффициента межслойности;
- 2) оптимальный коэффициент межслойности для гравийного фильтра равен 6;
- 3) в соответствии с рекомендациями автора [2] коэффициент межслойности внутреннего и наружного слоев двухслойного фильтра равен 4.

На сегодняшний день, как показал анализ [1], рекомендуемая толщина гравийной обсыпки составляет 50 мм. Однако такие фильтры, имея коэффициент межслойности равный 12, не обеспечивают должной скорости фильтрации и качества очистки воды от пород горизонта. При этом уменьшение коэффициента межслойности приводит к уменьшению толщины обсыпки, что также приводит к пескованию скважин. Поэтому, единственным способом улучшить фильтрационные свойства гравийных фильтров, исключив при этом пескование, является применение двух- или многослойных фильтров.

Выводы

Таким образом в статье:

- проведен анализ ширины обсыпки гравийного фильтра;
- сделаны рекомендации по определению ширины обсыпки в зависимости от коэффициента межслойности.

Метою наукового дослідження є аналіз підбору ширини гравійної обсыпки для гравійних фільтрів бурових свердловин. Основним науковим підходом у вирішенні поставленої мети був науковий аналіз існуючого виробничого і експериментального досвіду підбору ширини гравійної обсыпки для гравійних фільтрів. У статті проведено аналіз відмінностей обсыпок в залежності від міжшарового коефіцієнта. Скорочення міжшарового коефіцієнта призводить до зменшення товщини обсыпки, що також призводить до пескування свердловин. Тому, на шляху вдосконалення фільтруючих властивостей гравійних фільтрів, виключивши при цьому пескування, є застосування двох- або багатшарових фільтрів. Результати досліджень будуть використані для проектування гравійних фільтрів. Практичне значення полягає в поліпшенні фільтраційних властивостей гравійних фільтрів.

Ключові слова: свердловина, ширина обсыпки, гравійний фільтр, гравійна обсыпка, фільтрація.

A. A. Kozhevnykov, N. A. Naumenko
**ANALYSIS OF THE WIDTH OF THE GRAVIC BACK OF THE GRAVEL FILTERS OF
DRILLING WELLS**

The purpose of the scientific study is to analyze the width of the gravel dump for gravel borehole filters. The main scientific approach in the solution of the goal was a scientific analysis of the existing production and experimental experience of selecting the width of gravel dumps for gravel filters. In the article, the analysis of the differences in the coverings is performed depending on the degree of interlayering. Reducing the interlayer coefficient leads to a decrease in the thickness of the coating, which also leads to the sanding of the wells. Therefore, on the way improvement of filtering properties of gravel filters, while excluding sanding, is the use of two- or multi-layer filters. The results of the research will be used for the design of gravel filters. Practical value is to improve the filtration properties of gravel filters.

Key words: well, spreading width, gravel pack, gravel dump, filtration.

Литература

1. Башкатов А. Д. Предупреждение пескования скважин. М.: «Недра», 1991. – 176 с.
2. Башкатов А. Д. Прогрессивные технологии сооружения скважин. М.: «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 556 с.
3. Щелкачев В. Н. Лапук Б. Б. Подземная гидравлика: Учебное пособие для вузов. – М.: Ижевск : РХД, 2001. – 735 с.
4. Пономарева И. Н., Мордвинов В. А. Подземная гидромеханика: Учебное пособие. – Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 2009. – 103 с.

Поступила 02.06.18

References

1. Bashkatov, A. D. (1991). *Preduprezhdenie peskovaniya skvazhin* [Prevention of gyration of wells]. Moscow: Nedra [in Russian].
2. Bashkatov, A. D. (2003). *Progressivnyie tehnologii sooruzheniya skvazhin* [Progressive technologies of well construction]. Moscow: Nedra-Biznestsentr [in Russian].
3. Shchelkachev, V. N., & Lapuk, B. B. (2001). *Podzemnaia gidravlika: Uchebnoe posobie dlya vuzov* [Underground Hydraulics: A Textbook for Universities]. Moscow: Izhevsk RKHD [in Russian].
4. Ponomareva, I. N., & Mordvinov, V. A. (2009). *Podzemnaia gidromekhanika: Uchebnoe posobiie* [Underground hydromekhanics: Textbook]. – Perm [in Russian].