

зависит от технического состояния системы сбора и транспорта воды от скважин до производственных объектов переработки.

Список литературы

1. Серебряков, О. И. Гидрогеология нефти и газа / О. И. Серебряков, Л. Ф. Ушивцева, Т. С. Смирнова. – Астрахань : Астраханский университет, 2014. – 324 с.
2. Ушивцева, Л. Ф. Геолого-экономическая эффективность добычи редких элементов из подземных вод нефтегазовых регионов / Л. Ф. Ушивцева, О. И. Серебряков, О. А. Шарова, А. Г. Тырков // Геология, география и глобальная энергия. – 2011. – № 1. – С. 50–57.
3. Ушивцева, Л. Ф. Подземные воды газовых месторождений – национальный минерально-сырьевой ресурс / Л. Ф. Ушивцева, О. И. Серебряков, В. С. Мерчева // Газовая промышленность. – 2010. – № 5. – С. 43–45.

References

1. Serebryakov O. I., Ushivtseva, L. F., Smirnova, T. S. *Hydrogeology of oil and gas*. Astrakhan, Publishing house Astrakhan University, 2014, 324 p.
2. Ushivtseva, L. F., Serebryakov, O. I., Sharova, O. A., Tyrkov, A. G. Geological and economic efficiency of extraction of rare elements from underground waters of oil and gas regions. *Geology, Geography and Global Energy*, 2011, no. 1, pp. 50–57.
3. Ushivtseva, L. F., Serebryakov, O. I., Mercheva, V. S. Underground waters of gas fields – national mineral resource. *Gas industry*, 2010, no. 5, pp. 43–45.

ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОДГОТОВКИ СТОЧНЫХ ВОД ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПРИЁМНОСТИ ПЛАСТОВ

Глебова Любовь Владимировна, кандидат геолого-минералогических наук, старший преподаватель, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Российская Федерация, 119234, г. Москва, ул. Воробьевы горы, 1, e-mail: lvglebova@mail.ru

Лидер Анастасия Викторовна, магистрант, Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Российская Федерация, 119234, г. Москва, ул. Воробьевы горы, 1, e-mail: na5432@mail.ru

В процессе геологоразведочных работ сопутствующие им пластовые воды изменяют свои свойства вследствие попадания в жидкость реагентов, пресной воды, продуктов коррозии в результате снижения давления и температуры. В результате подъёма, транспортировки, подготовки попутных вод снижается давление, уменьшается концентрация растворенного газа, вода перенасыщается карбонатами, выпадающими в осадок. Механические примеси сточных вод содержат глинистые частицы, карбонаты, оксиды и гидроксиды железа, органические соединения, такие как парафины, асфальтены, смолы. Очистка в цехах подготовки не обеспечивает достаточную чистоту воды для нагнетания, не существует и эффективных устьевых фильтров, способных очищать рабочий агент и работать в условиях больших расходов жидкости для поддержания пластового давления. В гидрогеологической технологии диспергирования решается задача увеличения межремонтного периода поглощающих скважин за счёт снижения кольтмации призабойной зоны твёрдыми взвешенными частицами путём их рассеивания. Для осуществления гидрогеологической технологии на устье поглощающей скважины размещается диспергатор, способный измельчать твёрдые взвешенные частицы в рабочем агенте до размеров менее размеров пор коллектора продуктивного пласта. В этом случае твёрдые взвешенные частицы способны проникать в пласт без кольтмации призабойной зоны нагнетательной скважины.

Ключевые слова: пластовые воды, попутные воды, гидрогеологические технологии, очистка вод, система поддержания пластового давления, твердые взвешенные частицы, устьевой диспергатор, свойства сточных вод, закачка воды, минерализованные воды, поглощающая скважина, динамический излив, рабочий агент для нагнетания

HYDROGEOLOGICAL TECHNOLOGY PREPARATIONS FOR THE SUPPORT AND THE FINAL

Glebova Lyubov V., Ph. D. in Geology and Mineralogy, Senior Lecturer, Lomonosov Moscow State University, 1 Vorobevy Gory St., Moscow, 119234, Russian Federation, e-mail: lvglebova@mail.ru

Leader Anastasia V., undergraduate, Lomonosov Moscow State University, 1 Vorobevy Gory St., Moscow, 119234, Russian Federation, e-mail: na5432@mail.ru

In the process of exploration, the accompanying reservoir waters change their properties, due to the flow of reagents, fresh water, corrosion products as a result of lower pressure and temperature. As a result of lifting, transporting, preparing associated waters, the pressure is reduced, the concentration of dissolved gas decreases, water is oversaturated with carbonates falling into the sediment. Mechanical impurities of wastewater contain clay particles, carbonates, iron oxides and hydroxides, organic compounds such as paraffins, asphalt, resins. Cleaning in the training workshops does not provide enough clean water for pumping, and there are no effective estuary filters that can clean the working agent and work in the conditions of high fluid costs to maintain the reservoir pressure. Hydrogeological dispersal technology solves the problem of increasing the inter-repair period of absorbing wells by reducing the colmatation of the slaughter area with solid suspended particles by dispersing them. To implement hydrogeological technology, a dispersing well is placed at the mouth of the absorbent well, capable of crushing particulate matter in a working agent to the size of a smaller than the size of a productive reservoir. In this case, solid suspended particles are able to penetrate the reservoir without colmatation of the pumping well.

Keywords: plastic water, associated water, hydrogeological technologies, water treatment, plasl pressure maintenance system, solid suspended particles, estuary dispersing, wastewater properties, water pumping, mineralized water, absorbing well, Dynamic outpouring, working agent for pumping

Технологии поддержания пластового давления (ППД) применяются для обеспечения проектной добычи на поздней стадии разработки, при этом обеспечивается необходимый объём закачки и давления нагнетания рабочего агента по отдельным скважинам и в целом по месторождению, при минимальных затратах. Основным требованием функционирования поглощающих скважин является поддержание необходимой приемистости пласта на протяжении всего периода разработки.

Для поддержания и восстановления приемистости пласта посредством поглощающих скважин применяют методы обработки призабойной зоны (ПЗ), а также проводят профилактические работы. Наиболее низкзатратными и эффективными методами, применяемых при нагнетании агента в пласт, являются гидрогеологические технологии с использованием устьевого диспергатора и самоизлив.

Гидрогеологические технологии с использованием в качестве рабочего агента пластовой (попутной, подтоварной, сточной) воды, отделённой от добываемой нефти и закачиваемой через поглощающие скважины в продуктивные пласты, сопровождаются снижением приемистости поглощающих пластов и образованием отложений в призабойной зоне твёрдых взвешенных частиц, продуктов коррозии трубопроводов, попадающих в пласт вместе с некачественно подготовленной водой.

В качестве агента нагнетания применяются пресные, пластовые и нефтепромысловые сточные воды. Пресные воды наземных источников относятся к хлормagneиевому типу и являются слабоминерализованными, плотностью от 999 до 1001 кг/м³, общей минерализацией от 0,24 до 1,3 г/дм³, pH от 6,5 до 8,5. Твёрдые взвешенные частицы, растворённые в пресных водах, представлены глиной, илом, песком, размер частиц составляет до 200 мкм.

Нефтепромысловые воды изменяют свои свойства вследствие попадания в жидкость реагентов, пресной воды для обессоливания, продуктов коррозии, а также снижения давления и температуры.

Пластовые воды нефтяных месторождений Татарстана представляют собой минерализованные растворы плотностью от 1047 до 1186 кг/м³, общей минерализацией от 64,6 до 271,2 г/дм³, pH от 5,7 до 6,9. Пластовые воды среднего

и верхнего карбона относятся к сульфатно-натриевому типу, в составе присутствует сероводород от 80 до 300 мг/дм³, состав вод нижнего карбона ближе к водам залежей девона и относятся к хлоркальциевому типу, в составе присутствуют окислы железа от 20 до 260 мг/дм³. Химический состав пластовых вод указан в таблице 1.

Таблица 1

Ед. изм.	Химический состав пластовых вод					
	Состав					
	Cl ⁻	CO ³⁻	SO ⁴⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺ Na ⁺
мг/дм ³	34730...170600	10...450	20...4610	1980...24100	670...3780	22980...80840
мг-ион/дм ³	978...4806	0,16...7	0,21...48	49..601	28...156	999...3515
мг-экв./дм ³	978...4806	0,16...7	0,42...96	98..1202	56...312	999...3515

Технологические процессы подъёма, транспортировки, подготовки нефти и сопутствующей воды приводят к снижению давления, уменьшению концентрации растворённого газа, перенасыщению воды карбонатами, выпадающими в осадок, при содержании ионов HCO₃ более 200 мг/дм³, что и характеризует нарушение карбонатного равновесия.

Минералогический состав механических примесей показывает наличие в сточных водах глинистых частиц с массовой долей до 30 %, карбонатов – до 15 %, оксида и гидроксида железа с массовой долей до 50 %, а также органических соединений, таких как парафины, асфальтены и смолы. При закрытой системе очистки вод свыше 90 % взвешенных частиц имеют размер не более 5 мкм.

Гидрогеологическая технология очистки в цехах подготовки нефти не обеспечивает определённую кондицию рабочему раствору нагнетания, т. к. по существующим стандартам, вода для поддержания пластового давления может содержать до 10 % твёрдых взвешенных частиц размером более 5 мкм.

На данный момент не существует и эффективных устьевых фильтров, способных очищать рабочий агент и работать в условиях высокого давления и больших расходов жидкости. При закачке такой воды коллекторские свойства призабойной зоны пласта (ПЗП) со временем ухудшаются, что и приводит к необходимости проведения дорогостоящих ремонтных работ по восстановлению приёмистости пласта.

В комплексе с традиционными решениями предлагается применение гидрогеологической технологии, решающей задачи увеличения межремонтного периода поглощающих скважин за счёт снижения коагуляции призабойной зоны твёрдыми взвешенными частицами путём их диспергирования (рассеивания, измельчения).

Для осуществления диспергирования на устье поглощающей скважины размещают диспергатор, способный измельчать твёрдые взвешенные частицы в рабочем агенте до размеров менее размеров пор коллектора продуктивного пласта. В этом случае твёрдые взвешенные частицы способны проникать в пласт без коагуляции или с существенно меньшей коагуляцией призабойной зоны поглощающей скважины.

Гидрогеологические технологии заключаются в следующем: на устье скважины поток нагнетания рабочего агента разделяют на два потока и направляют навстречу друг другу с ускорением, скорость потока и твёрдых взвешенных частиц увеличивается. При столкновении потоков частицы ударяются друг о друга и рассеиваются на мелкие составляющие, происходит диспергирование с измельчением твёрдых взвешенных частиц в рабочем агенте. Необходимая дисперсность твёрдых взвешенных частиц определяется режимами диспергирования. Необходимая дисперсность твёрдых взвешенных частиц в пределах от 1 до 5 мкм, т. е. менее размера пор коллектора, достигается при давлении на устье поглощающей скважины при диспергировании и закачке рабочего агента в пределах от 2 до 10 МПа и расходе рабочего агента в пределах от 180 до 360 м³/сут. После диспергирования потоки соединяют снова в один поток и направляют в поглощающую скважину. На рисунке представлен диспергатор для размещения на поглощающей скважине.

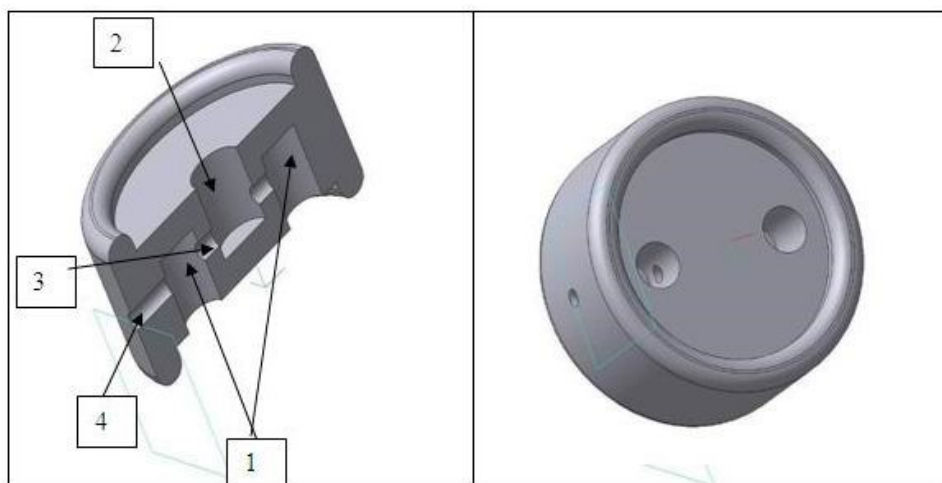


Рис. Устьевой диспергатор

Диспергатор имеет два входных канала 1 и один выходной канал 2. Каналы 1 и 2 соединены штуцерирующими каналами 3, имеющими меньший диаметр, чем каналы 1 и 2. Диспергатор выполнен из единого объема металла, поэтому для формирования (сверления) штуцерирующих каналов 3 предусмотрено технологическое отверстие 4, которое после изготовления диспергатора глушится.

Динамический излив призабойной зоны пласта применяется на поглощающих переливающих скважинах. Проведение излива приводит к очищению ПЗП. Оптимальная продолжительность излива определяется скоростью излива, объемами обсадной колонны и затрубного пространства, обычно составляет 1,5–2,0 объема. Дальнейшее продолжение излива, как правило, приводит к уменьшению скорости движения жидкости и снижению очищающей способности и неэффективной потере ранее закаченной воды. В период проведения излива жидкость из переливающих скважин утилизируется в высокоприемистые пласты по водоводам или утилизируется с продуктами выноса в автоцистерны.

Применение гидрогеологических технологий на поглощающих скважинах позволяют сократить затраты, а также: снизить расход электроэнергии на поддержание пластового давления при закачке воды; сократить объем шламов при изливах поглощающих скважин и утилизировать их за счет перекачки изливов в высокоприемистые пласты; сократить межремонтный период по восстановлению приемистости поглощающих скважин; увеличить текущую добычу за счет сохранения заданных темпов закачки воды.

Список литературы

1. Адельшин, А. Б. К вопросу совершенствования систем водоснабжения территорий Республики Татарстан / А. Б. Адельшин, А. В. Бусарев, А. С. Селюгин // Сборник материалов II Конгресса «Чистая вода». – Казань : Казанская ярмарка, 2011. – С. 89–91.
2. Амиров, А. Внутрискважинная перекачка пластовых вод / А. Амиров, А. Ардалин, Э. Тимашев // Нефтегазовая вертикаль. – 2011. – № 11. – С. 80–82.
3. Андреев, И. И. Межскважинная и внутрискважинная перекачка воды в системе поддержания пластового давления / И. И. Андреев, В. Г. Фадеев. – Москва : ВНИИОЭНГ, 2006. – С. 231.
4. Антонов, О. Г. Оптимизация нагнетательного фонда скважин на основе гидродинамического моделирования / О. Г. Антонов // Сборник научных трудов ТатНИПИнефть. – 2015. – Вып. 83. – С. 142–148.
5. Гаттенбергер, Ю. П. Использование подземных вод для заводнения нефтяных месторождений / Ю. П. Гаттенбергер, А. Я. Кулапин. – Москва : ВНИИОЭНГ, 1986. – С. 44.
6. Гиматулинов, Ш. К. Физика нефтяного и газового пласта / Ш. К. Гиматулинов. – Москва : Недра, 1971. – С. 310.

7. Закачка технологической жидкости для поддержания пластового давления на месторождениях ПАО «Татнефть» СТО ТН 028-2008.
8. Кожуков, И. В. Разработка установки подготовки воды для заводнения нефтяных пластов / И. В. Кожуков, А. В. Бусарев, И. Г. Шешегова // Наука и образование в жизни современного общества : в 14 т. – Тамбов : ЮКОМ, 2015. – Т. 2. – С. 65–67.
9. Кулапин, А. Я. Использование подземных вод для заводнения нефтяных месторождений / А. Я. Кулапин, Ю. П. Гаттенбергер. – Москва : ВНИИОЭНГ, 1986. – № 12. – 43 с.
10. Лапшин, В. И. Поддержание пластового давления путем закачки воды в пласт / В. И. Лапшин. – Москва : Недра, 1986.
11. Машорин, В. А. Исследование влияния минерализации закачиваемых вод на проницаемость коллекторов Верхне-Шапшинского месторождения / В. А. Машорин // Нефтяное хозяйство. – 2013. – № 12. – С. 120–121.
12. Насыбуллин, А. В. Оптимизация системы заводнения на основе аналитических исследований и постоянно действующих геолого-гидродинамических моделей / А. В. Насыбуллин // Проблемы повышения эффективности разработки нефтяных месторождений на поздней стадии. – Казань : ФЭН, 2013. – С. 297–300.
13. Пат. № 2381353. Способ разработки залежи / Хисамов Р. С., Ганиев Г. Г.
14. Хуснутдинова, Р. М. Новые технологии в области поддержания пластового давления ОАО «Татнефть» / Р. М. Хуснутдинова // Энергоэффективность. Проблемы и решения. – Уфа, 2012. – С. 51–52.
15. Шешегова, И. Г. Некоторые аспекты подготовки технической воды для заводнения нефтеносных горизонтов / И. Г. Шешегова, А. В. Бусарев, Н. В. Нестеров // Яковлевские чтения. – Москва : МГСУ, М., 2017. – С. 217–220.

References

1. Adelshin, A. B., Busarev, A. V., Selyugin, A. S. To the issue of improving water supply systems in the territories of the Republic of Tatarstan. *Materials of the Second Congress "Clean Water"*. Kazan : Kazan Fair Exhibition Centre Publ., 2011, pp. 89–91.
2. Amirov, A., Ardalin, A., Timashev E. Intra-well pumping of reservoir water. *Oil and gas vertical*, 2011, no. 11, pp. 80–82.
3. Andreev, I. I., Fadeev, V. G. *Inter-well and intra-well pumping of water in the system of maintenance of reservoir pressure*. Moscow, VNIIOENG Publ., 2006, p. 231.
4. Antonov, O. G. Optimization of the pumping fund of wells based on hydrodynamic modeling. *Tatnipineft Research Collection*, 2015, vol. 83, pp. 142–148.
5. Gattenberger, Yu. P., Kulapin A. Yu. *Use of groundwater for oil fields*. Moscow, VNIIOENG Publ., 1986, p. 44.
6. Khimatudinov, S. K. *Physics of the oil and gas reservoir*. Moscow, Nedra Publ., 1971, p. 310.
7. *Pumping of technological liquid to maintain reservoir pressure at Tatneft fields, STO TN 028-2008*.
8. Kozhukov, I. V., Busarev, A. V., Shesheev, I. G. Development of water preparation installation for oil reservoirs. *Science and Education in the life of modern society*: in 14 vol. Tambov, YuKOM Publ., 2015, vol. 2, pp. 65–67.
9. Kulapin, A. Yu., Gattenberger, Yu. P. *Use of groundwater for oil fields*. Moscow, VNIIOENG Publ., 1986, no. 12, p. 43.
10. Lapshin, V. I. *Maintaining reservoir pressure by pumping water into the reservoir*. Moscow, Nedra Publ., 1986.
11. Mashorin, V. A. Research of the effect of mineralization of pumped water on the permeability of collectors of the Upper-Shapshin field. *Oil Farming Magazine*, 2013, no. 12, pp. 120–121.
12. Nasybullin, A. V. Optimization of the plant system based on analytical research and permanent geological and hydrodynamic models. *Problems of increasing the efficiency of the development of oil fields at a late stage*. Kazan, Fen Publ., 2013, pp. 297–300.
13. Khisakhov, R. S., Ganyev, G. G. *Patent for Invention No. 2381353. How to develop a deposit*.
14. Khusnutdinova, R. M. New technologies in the field of maintaining the reservoir pressure of Tatneft. *Energy efficiency. Problems and solutions*. Ufa, 2012, pp. 51–52.
15. Sheshekhova, I. G., Busarev, A. V., Nesterov, N. V. Some aspects of technical water preparation for oil horizons. *Yakovlev's readings*. Moscow, MSSU Publ., 2017, pp. 217–220.