

ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЕМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СО СЛАБОСЦЕМЕНТИРОВАННЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ

Тананыхин Д.С., Григорьев М.Б.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»: Tananykhin_DS@pers.spmi.ru

SAND MANAGEMENT TECHNOLOGY FOR THE DEVELOPMENT OF OIL FIELDS WITH UNCONSOLIDATED RESERVOIRS

Tananykhin D.S., Grigorev M.B.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "St. Petersburg Mining University":

Tananykhin_DS@pers.spmi.ru

Keywords: sand production, laboratory experiments, reservoir saturation, unconsolidated reservoir, granulometric composition

Summary. Development of oil fields with unconsolidated reservoirs is often accompanied by uncontrolled destruction of the bottom hole formation zone of the reservoir, followed by the removal of solid suspended particles into the wellbore. Traditional methods of combating sand occurrence including the installation of screens, using chemical treatment, changing the profile of the well, etc. are not effective enough. Failure to achieve the design indicators is associated with a significant decrease in the productivity due to the destruction of the reservoir. According to the program No. 2020611693 created by the author, the permissible depression is no more than 0.15 MPa in some cases. The main idea of the approach is to provide scientifically-based controlled sand free production, as well as control of various parameters of the fluid, well and reservoir in order to influence the sand production process and maintain the bottom-hole zone of the formation in a geomechanically stable state. It was found that water and gas saturation of the formation have a multidirectional effect on the process of sand production and the dependences of both the quantity and the granulometric composition of the removed particles on the pressure drop and the saturation of the formation were established as a result of the conducted experiments.

© 2023 Earth Science Division, Azerbaijan National Academy of Sciences. All rights reserved.

Введение

По мере выработки запасов легкодоступной нефти и развития технологий добычи, нефтегазодобывающие компании постепенно переходят к разработке ранее нерентабельных активов. За последние пять лет в Западной Сибири в эксплуатацию были введены несколько нефтегазоконденсатных месторождений с нефтяными оторочками, разработка которых дополнительно осложняется высокой вязкостью нефти и слабой цементированностью пород продуктивного пласта. В слабосцементированных породах-коллекторах распределение напряжений в горной породе играет ключевую роль в целостности и устойчивости призабойной зоны и возможности ее разрушения. Некоторые исследователи, однако, отмечают, что в коллекторах подобного типа поведение породы больше похоже на почву, чем на полноценную горную породу.

Проведенные в Санкт-Петербургском горном университете аналитические исследования показали, что пескопроявление инициируется, когда действующие напряжения в призабойной зоне пласта (ПЗП) превосходят прочность породы. Ее устойчивость зависит от многих факторов, но основные из них: механические свойства горной породы; насыщенность ПЗП пластовыми флюидами; физико-химические свойства пластовых флюидов; горное давление; влекущая (кинетическая) сила, выносимая потоком; сила сопротивления (сила трения, гравитация, когезия); содержание глины; поровое давление; забойное давление; режим течения флюида.

Метод (и/или Теория)

С целью физического моделирования процесса пескопроявления в Санкт-Петербургском горном университете создан лабораторно-методический комплекс, оснащенный высокотехнологичным оборудованием и специально разработанными экспериментальными стендами (рис. 1).

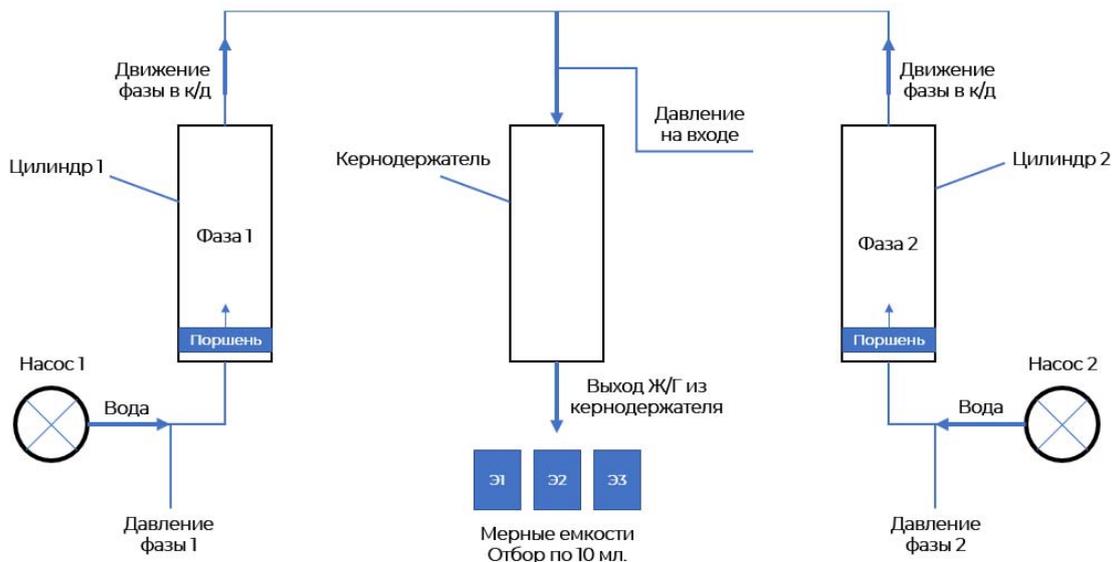


Рис. 1. Схема лабораторного стенда

Программа исследований состояла из серии фильтрационных экспериментов, проводимых в условиях, приближенных к пластовым, с моделированием давлений и гранулометрическим составом пласта-коллектора, что позволило воссоздать характер выноса механических частиц в призабойной зоне имитируемого пласта.

Обсуждение результатов

В результате проведенных исследований установлен характер стабилизации, который во многом определяется фильтрующей через образец насыпной модели фазой – при фильтрации водонефтяных смесей начальный КВЧ в абсолютных значениях обладает одним из наибольших значений, однако резко снижается с течением времени, и уже к третьей пробе достигает 15-20% от начального значения. Для газонефтяных смесей ситуация противоположная – данные смеси обладают низким КВЧ в абсолютных значениях, но с течением времени содержание механических примесей в фильтрате снижается не так значительно, достигая к третьей пробе 45-55% от начального значения (рис. 2).

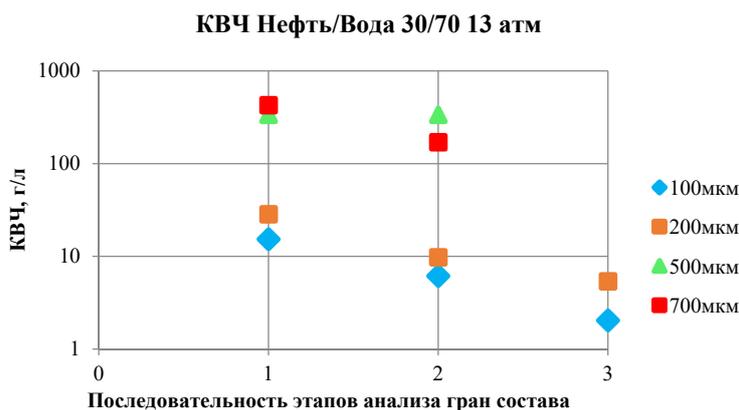


Рис. 2. Результаты лабораторных экспериментов с фильтрацией газонефтяных смесей с твердыми взвешенными частицами

Свидетельства влияния фильтрации водонефтяных смесей на процесс пескопроявления изложены в работах (Salahi et al., 2021; Dabirian et al., 2018), при этом в работе (Лежнев и др., 2020) отмечается, что влияние объемного распределения фаз в потоке флюида распространяется только на частицы диаметром более 10 мкм. Влияние же газовой фазы на течение пескопроявления подтверждается результатами работы (Grigorev et al., 2020).

Выводы

1. По результатам исследований было выявлено, что основным периодом разрушения призабойной зоны пласта является этап освоения скважины. На третьи сутки эксплуатации пескопроявление снижается более чем на 80 %.

2. Исследованиями отмечено, что для движения газонефтяных смесей характерно более низкое количество взвешенных частиц (КВЧ), но оно более продолжительное, прежде всего за счёт миграции частиц диаметров менее 10 мкм. Проведённые исследования по оценке влияния дебита скважины на КВЧ показали, что снижение расхода приводит к логарифмическому снижению КВЧ. Повышение перепада давления в 2.5 раза приводит к росту количества выносимых частиц в 1.2 - 8 раз в зависимости от времени работы скважины, что дополнительно подтверждает необходимость проведения технологически безопасного этапа освоения скважины.

3. Полученные результаты продемонстрировали необходимость учёта не только геохимических свойств горной породы и возможность пластовых флюидов выносить частицы породы, но, прежде всего, требуется принимать во внимание физико-химические факторы насыщенности ПЗП различными флюидами. Создание плёночно-удерживаемых частиц горной породы позволяет сократить КВЧ до 2.3 раза в зависимости от вязкости нефти.

4. Проведённые исследования по изучению фазового состояния потока (содержание воды в потоке менялось от 10 до 90%) показали, что вода не интенсифицирует процесс пескопроявления.

5. Результаты аналитических расчётов и лабораторных экспериментов показали, что дополнительный учёт физико-химического фактора позволяет надёжно прогнозировать геомеханическое состояние ПЗП и достоверно рассчитывать время начало пескопроявления.

ЛИТЕРАТУРА

- Salahi A., Dehghan A.N., Sheikhzakariaee S.J., Davarpanah A. Sand production control mechanisms during oil well production and construction. *Petroleum Research*, 2021, DOI: 10.1016/j.ptlrs.2021.02.005.
- Dabirian R. et al. Numerical simulation and modeling of critical sand-deposition velocity for solid/liquid flow. *SPE Production and Operations*, Vol. 33, No. 4, 2018, DOI: 10.2118/187049 PA.
- Лежнев К. А., Рошкетаяев А., Пашкин В. Интегрированная модель процесса выноса песка в системе пласт – фильтр – скважина. *Российская нефтегазовая техническая конференция SPE*. Москва, 2019.
- Grigorev M.B., Tananykhin D.S., Poroshin M.A. Sand management approach for a field with high viscosity oil. *Journal of Applied Engineering Science*, No. 18, 2020, с. 64-69.

ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ПЕСКОПРОЯВЛЕНИЕМ ПРИ РАЗРАБОТКЕ НЕФТЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СО СЛАБОСЦЕМЕНТИРОВАННЫМИ КОЛЛЕКТОРАМИ

Тананыхин Д.С., Григорьев М.Б.

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»: Tananykhin_DS@pers.spmi.ru

Резюме. Разработка нефтяных месторождений со слабосцементированными коллекторами часто сопровождается неконтролируемым разрушением призабойной зоны пласта с последующим выносом твердых взвешенных частиц в ствол скважины. Актуальность работы связана с тем, что традиционные методы борьбы с пескопроявлением, включающие в себя установку фильтров, создание разного рода экранов, в том числе химических, изменение конструкции скважины и т.д. недостаточно эффективны. Недостижение проектных показателей связано со значительным снижением продуктивности скважин из-за разрушения коллектора. Согласно созданной автором программы ЭВМ № 2020611693 допустимая депрессия составляет в ряде случаев не более 0.15 МПа. Основной идеей подхода является обеспечение научно-обоснованной контролируемой добычи песка, а также управление различными параметрами жидкости, скважины и пласта с целью влияния на процесс пескопроявления и поддержание призабойной зоны пласта в геомеханически стабильном состоянии. В результате проведенных исследований установлено, что водо- и газонасыщенность породы разнонаправленно влияют на процесс пескопроявления, а также установлены зависимости как количества, так и гранулометрического состава вынесенных частиц от перепада давления и насыщенности породы.

Ключевые слова: производство песка, лабораторные эксперименты, насыщение резервуара, неконсолидированный резервуар, гранулометрический состав