

Обзор актуальных методов борьбы с пескопроявлениями при разработке месторождений нефти и газа

Костилевский В.А.¹, Дитц А.В.¹, Бикбулатов О.В.¹, Зырянов П.А.¹, Никифоров С.С.¹, Меркурьев К.К.¹, Попов С.Н.²

¹ПАО «ЛУКОЙЛ», Москва, Россия; ²Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия
popov@ipng.ru

Аннотация

В данной работе рассмотрены основные причины осложнений при добыче нефти и газа, связанных с пескопроявлением. Проанализированы научные публикации отечественных и зарубежных специалистов по исследуемой проблеме. Приведены примеры химических и механических методов борьбы с пескопроявлением и механическими примесями. Обосновано актуальное направление исследований в данной области.

Материалы и методы

Проведен анализ и обзор источников литературы, в которых исследуются актуальные методы борьбы с механическими примесями. Описаны основные причины выноса механических примесей и методы борьбы с ними.

Ключевые слова

пескопроявление, фильтрационно-емкостные свойства, добыча нефти и газа, технологии ограничения водопритока, обводненная скважина, упруго-прочностные свойства

Работа выполнена в рамках госзадания «Экспериментальные и теоретические исследования межфазных явлений, термодинамических, физико-химических и геомеханических свойств нефтегазовых пластовых систем для повышения эффективности освоения трудноизвлекаемых запасов углеводородов» (ФММЕ – 2022-0008, Пер. № НИОКТР 122022800364-6)

Для цитирования

Костилевский В.А., Дитц А.В., Бикбулатов О.В., Зырянов П.А., Никифоров С.С., Меркурьев К.К., Попов С.Н. Обзор актуальных методов борьбы с пескопроявлениями при разработке месторождений нефти и газа // Экспозиция Нефть Газ. 2024. № 5. С. 68–72.
DOI: 10.24412/2076-6785-2024-5-68-72

Поступило в редакцию: 25.06.2024 г.

OIL PRODUCTION

UDC 622.279.74 | Original Paper

Review of current control methods with sand production during the development of oil and gas fields

Kostilevsky V.A.¹, Dietz A.V.¹, Bikbulatov O.V.¹, Zyryanov P.A.¹, Nikiforov S.S.¹, Mekuryev K.K.¹, Popov S.N.²

¹“LUKOIL” PJSC, Moscow, Russia; ²Oil and gas research institute of RAS, Moscow, Russia
popov@ipng.ru

Abstract

This paper examines the main causes of complications in oil and gas production associated with sand production. Scientific publications of domestic and foreign experts on the problem under study are analyzed. Examples of chemical and mechanical methods of combating sand and mechanical impurities are given. The current direction of research in this area is substantiated.

Materials and methods

An analysis and review of literature sources was carried out in which current methods of combating mechanical impurities are studied. The main reasons for the removal of mechanical impurities and methods for combating them are described.

Keywords

sand production, reservoir properties, oil production, water inflow limitation technologies, watered well, elastic and strength properties

For citation

Kostilevsky V.A., Dietz A.V., Bikbulatov O.V., Zyryanov P.A., Nikiforov S.S., Mekuryev K.K., Popov S.N. Review of current control methods with sand production during the development of oil and gas fields. Exposition Oil Gas, 2024, issue 5, P. 68–72. (In Russ).
DOI: 10.24412/2076-6785-2024-5-68-72

Received: 25.06.2024 г.

В процессе эксплуатации месторождений углеводородного сырья нефтегазодобывающие компании по всему миру сталкиваются с многочисленными осложнениями, приводящими к снижению продуктивности скважин, такими как: асфальтосмолопарафинистые отложения (АСПО), солеобразование, преждевременное обводнение продукции, пескопроявления, возникновение негерметичностей эксплуатационных колонн, эрозия и др.

В данной статье основное внимание было уделено вопросам эрозии нефтепромыслового оборудования, вызванной выносом песка. Эрозия проявляется на компонентах глубинно-насосного оборудования (ГНО), колоннах насосно-компрессорных труб (НКТ), фонтанной арматуры (ФА) и системах внутрипромысловых трубопроводов, системах подготовки и перекачки нефти и является одним из основных осложняющих факторов при разработке месторождений нефти и газа.

Одной из причин, влияющих на эрозию нефтепромыслового оборудования, является наличие механических примесей в составе добываемых флюидов. Механические примеси, входящие в состав сырой нефти, состоят преимущественно из песка, известняка, разрушенных частиц породы, оксидов металлов, нерастворимых компонентов самой нефти и соли.

Основными причинами выноса песка в слабосцементированных породах являются: низкая прочность пород-коллекторов или отсутствие межзернового цемента по причине слабоструктурированной породы пласта на небольших глубинах, разрушение цемента за счет снижения пластового и забойного давления (увеличения эффективных напряжений в коллекторе), воздействие пластовых флюидов и технологических жидкостей, форсированный отбор пластового флюида, добыча высоковязкой нефти, а также совокупность вышеописанных причин [1].

Рассмотрим основные причины пескопроявлений в призабойной зоне более подробно. В качестве одной из основных причин выноса частиц из призабойной зоны пласта

выделяют обводнение пластового флюида, которое возникает на ранней стадии эксплуатации скважины за счет появления воды в добываемой продукции. Глинистая составляющая, которая обеспечивает сцепление гранул породы между собой, подвергается процессу гидратации, что приводит к диспергированию элементов породы и, как следствие, снижению прочностных характеристик цемента [2].

С ростом обводненности усиливается вынос песка. В работе [3] наряду с вопросами обводненности добываемой продукции подробно рассмотрен процесс миграции частиц песка с потоком жидкости (суффозия) и сползание породы к забою скважины. Также в вышеприведенной публикации содержится расчет условий существования суффозии по методике В.А. Васильева для скважин Анастасиевско-Троицкого месторождения. Предложен способ крепления призабойной зоны скважин с учетом разуплотненного состояния породы.

Следующей важной причиной выноса частиц из призабойной зоны является снижение пластового давления. На более поздних стадиях эксплуатации месторождения, в случае если не поддерживается пластовое давление, происходит истощение пласта и увеличение эффективных напряжений в породе, вследствие чего возрастает риск ее разрушения [2]. Разрушение породы также усиливается при подтягивании подошвенной воды, в связи с чем может существенно снизиться ее прочность. В таком случае разрушение может наступить и при меньшей величине эффективных напряжений, что приведет к интенсификации выноса песка в скважину.

Важной причиной возникновения пескопроявлений в скважинах является форсированный отбор жидкости. Согласно исследованиям, проведенным в работе [4], при высоких значениях дебита продукции растягивающие усилия приводят к разрушению породы за счет высокой депрессии, также с течением времени возрастает зона возмущения и эффективные напряжения в нефте- и газонасыщенных горизонтах.

В работах исследователей [1, 5–7] также указывается на тот факт, что еще одной веской причиной для выноса механических частиц является добыча высоковязкой нефти. Установлено, что вынос песка зависит также от вязкости добываемой жидкости. Чем выше вязкость флюида, тем меньше депрессия, которую можно создать и при которой консолидированные частицы породы начнут разрушаться.

При неглубоком залегании пласта песок выносятся по причине слабого соединения зерен между собой, и для начала миграции частиц породы необходима меньшая депрессия. В работе [3] говорится, что слабосцементированные породы ведут себя в начале эксплуатации как упругая среда, однако в процессе эксплуатации происходит появление разуплотненных зон, что свидетельствует о том, что порода потеряла свою первоначальную структуру (скелет) и подверглась пластической деформации, что влияет на корректность расчетов при проведении химических обработок в рассматриваемых продуктивных пластах и, соответственно, снижает их качество.

Воздействие химических обработок пород-коллекторов приводит к разрушению кальцита, входящего в состав цементирующего агента, кислотами, выпадению солей в случае неверно подобранного состава реагентов и оснований для затворения.

В работе [8] представлена схема поэтапного развития процесса пескопроявления (рис. 1).

Методы борьбы с пескопроявлением делятся на:

- химические (закрепление зерен песка за счет прокачки в призабойную зону пласта различных химических составов на основе цемента, полимеров, смол и т. д.);
- физико-химические (коксование нефти при внутрипластовом горении);
- механические (установка скважинных забойных фильтров различных конструкций, материалов и набивок);

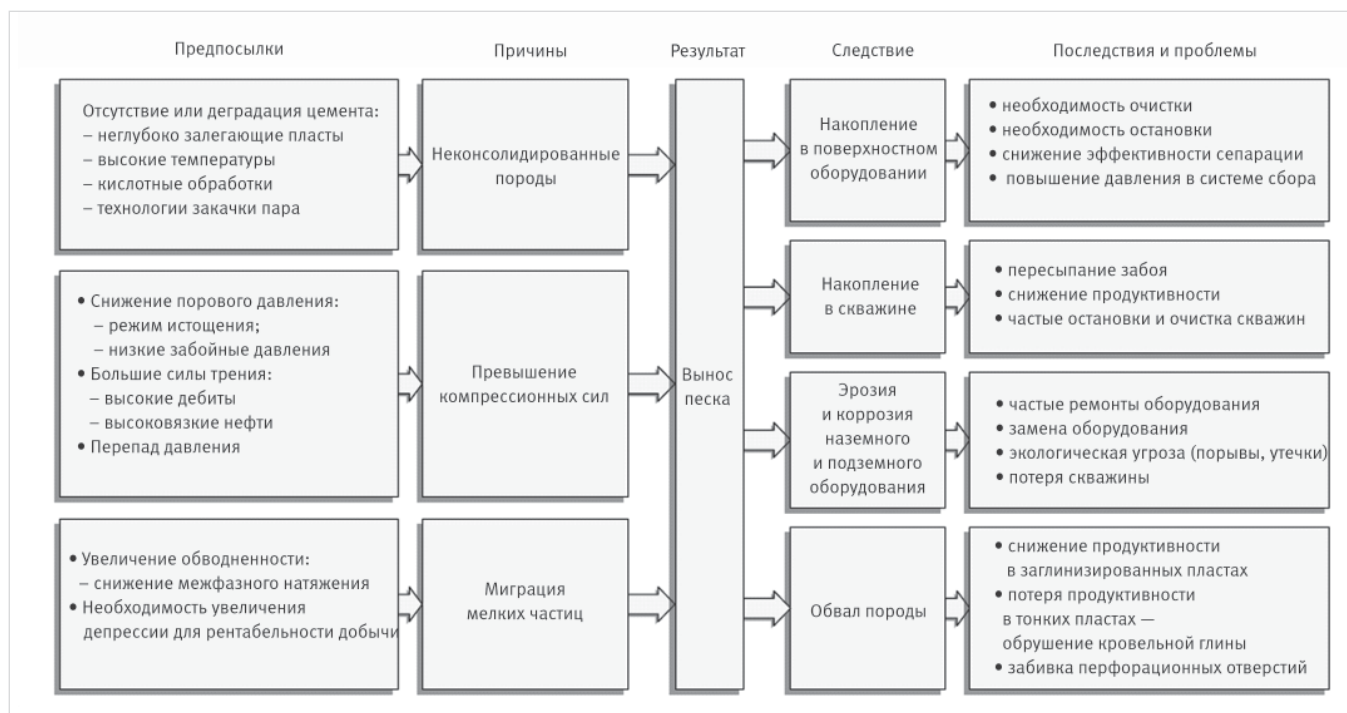


Рис. 1. Схема поэтапного развития процесса пескопроявления (по данным работы [8])
Fig. 1. Scheme of the step-by-step development of the sand production process (according to work [8])

- технологические (подбор оптимальной депрессии путем ограничения дебита, при которой не происходит вынос песка);
- комбинированные (сочетание вышеперечисленных методов).

Все эти методы имеют как преимущества, так и недостатки. Химические методы требуют индивидуального подхода к каждой скважине, не всегда удается показать эффективность в реальных условиях. Они также характеризуются низкой сходимостью результатов и возможным снижением проницаемости [9]. При креплении призабойной зоны пласта (ПЗП) смолами смолы размещаются в основном в нижней части пласта из-за гравитации и проникают в ПЗП по наиболее проницаемым пропласткам. Чтобы избежать этого, используют вспененные смолы. Однако при повышении обводненности эффективность крепления ПЗП смолами снижается, т. к. смолы являются водорастворимыми.

Коксование, которое относится к физико-химическим методам, является скорее побочным эффектом от внутрипластового горения. Основной задачей является добыча трудно-извлекаемых запасов нефти (ТРИЗ) из материнской породы за счет снижения вязкости под воздействием высокой температуры и химической реакции в пласте. Данный метод не применим для традиционных запасов.

Технологические методы требуют дополнительных расчетов по экономической эффективности работы скважины при планировании работ по ограничению дебита либо выполнению регулярного ремонта скважины с заменой УЭЦН. Современные геофизические приборы позволяют на основе шумометрии в режиме онлайн подбирать необходимый режим, при котором не происходит вынос песка. Суть метода заключается в подсчете ударов частиц

механических примесей о геофизический прибор.

Недостатками механических методов являются дороговизна оборудования, необходимость спуска в составе нижнего заканчивания и привлечение бригады капитального ремонта скважин для проведения промывок фильтра по причине его кольматации механическими примесями. Следует отметить, что в составе верхнего заканчивания применяются скважинные фильтры и различные потокоотклонители, устанавливаемые в комплекте с насосами как центробежными, так и штанговыми, что в свою очередь гораздо дешевле и защищает инфраструктуру нефтегазодобывающих предприятий, но не избавляет от необходимости проведения частых ремонтов для очистки скважин от песчаных пробок.

Для прогноза пескопроявлений под воздействием уменьшающегося пластового или забойного давления применяют методы геомеханического моделирования [10, 11]. В таком случае в первую очередь производятся лабораторные исследования по определению упруго-прочностных свойств изучаемого продуктивного пласта-коллектора, что также является непростой задачей в связи с тем, что образцы слабоконсолидированной породы могут осыпаться уже при выносе зерна на поверхность. В связи с этим применяются специальные методы исследования геомеханических свойств пород такого типа, позволяющие сохранить целостность образцов зерна, пока они не будут разрушены непосредственно в процессе экспериментов.

После определения физико-механических свойств пород-коллекторов производится расчет напряженного состояния горной породы в околоскважинной зоне. Для чего применяются методы как аналитического, так и численного моделирования [12–15].

Аналитические методы расчета обычно применяют для прогноза пескопроявлений в открытом стволе скважины. В результате подобных расчетов обычно строится зависимость пластового и забойного давления, на которой выделяются области допустимых значений данных параметров, позволяющие избежать разрушения породы при снижении давления в пласте и околоскважинной зоне (рис. 2).

Однако если учитывать конструктивные элементы скважины, такие как колонна и цементная крепь, а также для условий наклонно-направленных скважин чаще всего используют методы численного моделирования напряженно-деформированного состояния пласта с применением, например, метода конечных элементов [16–18].

Следует отметить, что в работах специалистов [19–22] отмечается, что на изменение упруго-прочностных свойств коллектора могут оказывать влияние физико-химически активные жидкости, такие как: вода с химическим составом, отличающимся от пластовой; буровой раствор; кислоты, щелочи и потокоотклоняющие жидкости, применяемые при обработке околоскважинной зоны, и др. В таком случае проявляются сопряженные механико-химические эффекты [23]. Так, в публикациях [19–20] показано, что для слабосцементированных коллекторов происходит весьма существенное уменьшение упруго-прочностных свойств. В частности, после насыщения образцов водой авторы получили 1,5–2-кратное снижение модуля Юнга и 2–4-кратное снижение предела прочности при сжатии. Следует отметить, что подобные эффекты изучены весьма слабо, в особенности для влияния различных химически активных жидкостей на физико-механические свойства слабосцементированных коллекторов.

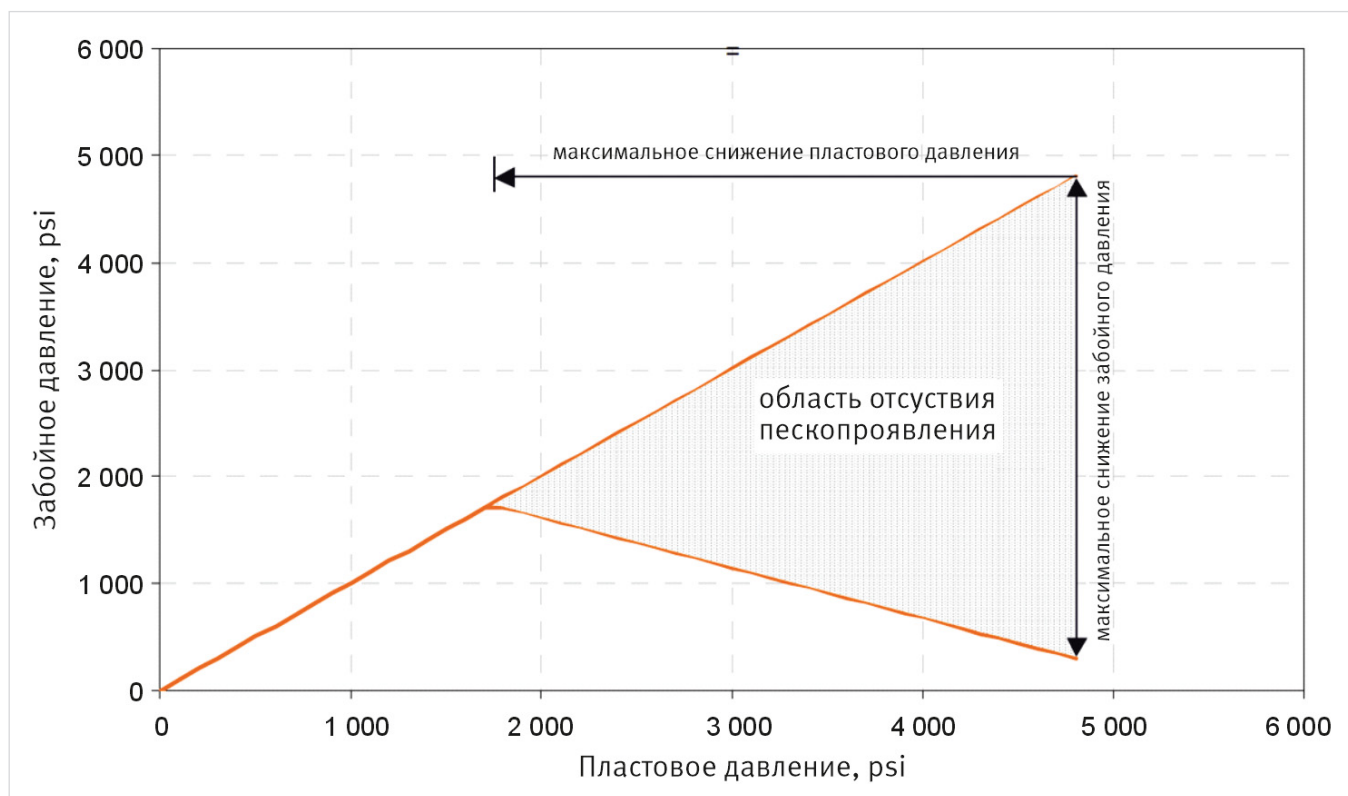


Рис. 2. График зависимости забойного и пластового давления с указанием области допустимых значений данных характеристик, в пределах которых будут отсутствовать пескопроявления в скважине (по данным работы [15])

Fig. 2. Graph of the dependence of bottomhole and pore pressure indicating the range of acceptable values of these characteristics, within which there will be no sand production in the well (according to data from [15])

Итоги

Отмечено, что влияние различных химически активных жидкостей на прочностные свойства породы слабо изучено. Выбор методов предупреждения и борьбы с пескопроявлением необходимо проводить, основываясь на данных изучения физико-механических свойств кернов.

Выводы

В связи с вышеизложенным можно сделать вывод, что актуальными являются разработка и использование новых комбинированных методов, которые позволят получить более качественный результат и продлить действие каждой технологии за счет синергии, что будет более экономически целесообразно.

Выбор методов необходимо проводить, используя ряд показателей работы скважины, а также геомеханической модели, основанной как на лабораторных исследованиях керна, так и на данных геофизики, информацию о проведенных мини-ГРП, образовании вывалов в процессе бурения, иную технологическую информацию из дел скважин.

Комплексный хронологический анализ проблем со скважиной позволит максимально эффективно подобрать методы борьбы с пескопроявлениями, за счет чего, в свою очередь, появится возможность избежать риска выноса песка, снизить затраты на проведение ремонтов скважин как за счет увеличения наработки ГНО, продуктивных объектов, так и за счет увеличения межремонтного периода промыски песчаных пробок в стволе скважин.

Литература

1. Березовский Д.А., Бекетов С.Б. Анализ технологических методов снижения последствий пескопроявлений в скважинах // Булатовские чтения. 2022. С. 159–165.
2. Клещенко И.И., Зозуля Г.П., Ягафаров А.К. Теория и практика ремонтно-изоляционных работ в нефтяных и газовых скважинах. Тюмень: ТюмГНГУ, 2010. 343 с.
3. Жихор П.С. Исследование процессов разрушения слабоконсолидированного пласта и разработка технологии предотвращения пескопроявлений. Автореферат. Краснодар: 2014. 24 с.
4. Абдулаева Э.С.к. Разработка и применение новых методов ограничения влияния пескопроявления на добычу и сбор продукции в условиях морских нефтяных месторождений. Автореферат. Баку: 2022. 37 с.
5. Басарыгин Ю.М., Булатов А.И., Проселков Ю.М. Технология капитального и подземного ремонта нефтяных и газовых скважин. Краснодар: Сов. Кубань, 2002. 356 с.

6. Acock A., Orouke T., Shirmboh D. et al. Practical approaches to sand management. Oilfield Review, 2004, Vol. 16, issue 9, P. 10–27. (In Eng).
7. Куклинская Е.Ю. Обоснование и разработка составов технологических жидкостей для укрепления призабойной зоны пласта при освоении и ремонте газовых скважин. Диссертация. Ставрополь: 2018. 20 с.
8. Тананыхин Д.С. Обоснование технологии крепления слабощементированных песчаников в призабойной зоне нефтяных и газовых скважин химическим способом. Автореферат. Санкт-Петербург: 2013. 22 с.
9. Павлов В.А., Кулешов В.С., Кудымов А.Ю., Якубовский А.С., Субботин М.Д., Пташный А.В., Абзильдин Р.Р., Максимов Е.В. Влияние природы насыщающего агента на упруго-прочностные свойства пород газовых месторождений // Экспозиция Нефть Газ. 2021. № 1. С. 11–16.
10. Zoback M.D. Reservoir geomechanics. Cambridge, U.K.: Cambridge University press, 2007, 505 p. (In Eng).
11. Fjear E., Holt R.M., Horsrud P., Raaen A.M., Risnes R. Petroleum related rock mechanics. Amsterdam: Elsevier, 2008, 492 p. (In Eng).
12. Павлов В.А., Павлюков Н.А., Субботин М.Д., и др. Обоснование режимов эксплуатации скважин сеноманской газовой залежи Харампурского месторождения по результатам геомеханического моделирования // Экспозиция Нефть Газ. 2021. № 2. С. 41–46.
13. Ермолаев А.И., Ефимов С.И., Пятибратов П.В., Миниханов Е.Д., Дубиня Н.В., Леонова А.М. Оценка предельного забойного давления, исключающего разрушение призабойной зоны пласта, на основе геомеханических исследований керна // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. 2023. № 51. С. 61–69.
14. Araujo E.F., Alzate-Espinosa G.A., Arbelaez-Londono A., Pena Clavijo S., Cardona Ramirez A., Naranjo Agudelo A. Analytical prediction model of and production integrating geomechanics for open hole and cased – perforated wells. SPE Heavy and Extra Heavy Oil Conference: Latin America, 2023, 11 p., SPE 171107. (In Eng).
15. Palmer I., Vaziri H., Willson S., Moschovidis Z., Cameron J. Ispas I. Predicting and managing sand production: a new strategy. SPE Annual technical conference and exhibition, Denver, Colorado, 2003, 13 p., SPE 84499. (In Eng).
16. Чернышов С.Е., Попов С.Н., Варушкин С.В., Мелехин А.А., Кривошецов С.Н., Рен Ш. Научное обоснование методов вторичного вскрытия фаненских отложений юго-востока Пермского края на основании геомеханического моделирования // Записки Горного института. 2022. Т. 257. С. 732–743.
17. Попов С.Н. Геомеханическое моделирование и анализ устойчивости эксплуатационной колонны в условиях частичного отсутствия цементного камня // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. 2022. № 52. С. 45–51.
18. Попов С.Н. Определение коэффициента запаса прочности цементного камня на основе численного моделирования напряженно-деформированного состояния околоскважинной зоны с учетом изменения упруго-прочностных свойств цемента в процессе его твердения и под воздействием кислотного реагента // Научные труды НИПИ Нефтегаз ГНКАР. 2021. № 52. С. 8–16.
19. Субботин М.Д., Павлов В.А., Королев Д.О., Кудымов А.Ю., Манторов А.Н., Скоробогач М.А. Влияние флюида насыщения на упруго-прочностные свойства горных пород меловых отложений на примере объектов АО «Сибнефтегаз» // Нефтяная провинция. 2023. № 2. С. 85–96.
20. Павлов В.А., Лапин К.Г., Гавриш А.С. и др. Оценка влияния геомеханических эффектов на изменение фильтрационно-емкостных свойств в условиях слабощементированного коллектора // Территория Нефтегаз. 2019. № 10. С. 46–52.
21. Попов С.Н., Муминов С.А. Вариации фильтрационно-емкостных свойств карбонатных коллекторов под воздействием механико-химических эффектов в процессе лабораторных исследований при нагнетании воды различного химического состава // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2022. № 8. С. 42–48.
22. Попов С.Н., Муминов С.А. Проявление механико-химических эффектов при экспериментальных исследованиях влияния фильтрации жидкости на физико-механические свойства карбонатных коллекторов // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2023. № 4. С. 42–48.
23. Попов С.Н. Михайлов Н.Н. Механико-химические эффекты при разработке месторождений нефти и газа. М.: Издательство РГУ (НИУ) им. И.М. Губкина. 2023. 300 с.

ENGLISH

Results

It is noted that the influence of various chemically active liquids on the strength properties of rock has been poorly studied. The choice of methods for preventing and combating sand production should be based on data from studying the physical and mechanical properties of cores.

Conclusions

In connection with the above, it can be concluded that the development and use of new combined methods is relevant, which will allow obtaining a higher-quality result and extending the effect of each technology due to synergy, which will be more economically feasible.

The choice of methods must be carried out using a number of well performance indicators, as well as a geomechanical model based on both laboratory core studies and geophysical data, information on mini-fracs, the formation of fallout during drilling, and other technological information from the well file.

A comprehensive chronological analysis of well problems will allow the most effective selection of methods for combating sand production, which in turn will avoid the risks of sand removal, reduce the cost of well repairs both by increasing the production of GNO, productive objects, and by increasing the inter-repair period for flushing sand plugs in the wellbore.

References

1. Berezovsky D.A., Beketov S.B. Analysis of technological methods for reducing the consequences of sand in wells. Readings of A.I. Bulatov, 2022, P. 159–165. (In Russ).
2. Kleshchenko I.I., Zozulya G.P., Yagafarov A.K. Theory and practice of repair and insulation works in oil and gas wells. Tyumen: TyumGNGU, 2010, 343 p. (In Russ).
3. Zhikhov P.S. Study of the processes of destruction of a weakly consolidated formation and development of a technology for preventing sand production. Abstract. Krasnodar: 2014, 24 p. (In Russ).
4. Abdulaeva E.S.k. Development and application of new methods for limiting the impact of sand production on production and collection of products in offshore oil fields. Abstract. Baku: 2022, 37 p. (In Russ).
5. Basarygin Yu.M., Bulatov A.I., Proselkov Yu.M. Technology of major and underground repair of oil and gas wells. Krasnodar: Sov. Kuban, 2002, 356 p. (In Russ).
6. Acock A., Orourke T., Shrimboh D. et al. Practical approaches to sand management. Oilfield Review, 2004, Vol. 16, issue 9, P. 10–27. (In Eng).
7. Kuklinskaya E.Yu. Justification and development of compositions of process fluids for strengthening the bottomhole formation zone during the development and repair of gas wells. diss. Stavropol: 2018, 20 p. (In Russ).
8. Tananykhin D.S. Justification of the technology of chemical fastening of weakly cemented sandstones in the bottomhole zone of oil and gas wells. Abstract. St. Petersburg: 2013, 22 p. (In Russ).
9. Pavlov V.A., Kuleshov V.S., Kudymov A.Yu., Yakubovskiy A.S., Subbotin M.D., Ptashnyy A.V., Abzgildin R.R., Maksimov E.V. Influence of the nature of the saturating agent on the elastic-strength properties of gas field rocks. Exposition Oil Gas, 2021, issue 1, P. 11–16. (In Russ).
10. Zoback M.D. Reservoir geomechanics. Cambridge, U.K.: Cambridge University press, 2007, 505 p. (In Eng).
11. Fjar E., Holt R.M., Horsrud P., Raen A.M., Risnes R. Petroleum related rock mechanics. Amsterdam: Elsevier, 2008, 492 p. (In Eng).
12. Pavlov V.A., Pavlyukov N.A., Subbotin M.D., et al. Justification of the wells production conditions of the cenomanian gas reservoir of the Kharampurskoye field based on the results of geomechanical modeling. Exposition Oil Gas, 2021, issue 2, P. 41–46. (In Russ).
13. Ermolaev A.I., Efimov S.I., Pyatibratov P.V., Minikhanov E.D., Dubinya N.V., Leonova A.M. Estimation of the maximum bottomhole pressure that excludes the destruction of the bottomhole formation zone, based on geomechanical studies of the core. SOCAR proceeding, issue S1, P. 61–69. (In Russ).
14. Araujo E.F., Alzate-Espinosa G.A., Arbelaez-Londono A., Pena Clavijo S., Cardona Ramirez A., Naranjo Agudelo A. Analytical prediction model of and production integrating geomechanics for open hole and cased – perforated wells. SPE Heavy and Extra Heavy Oil Conference: Latin America, 2023, 11 p, SPE 171107. (In Eng).
15. Palmer I., Vaziri H., Willson S., Moschovidis Z., Cameron J. Ispas I. Predicting and managing sand production: a new strategy. SPE Annual technical conference and exhibition, Denver, Colorado, 2003, 13 p. SPE 84499. (In Eng).
16. Chernyshov S.E., Popov S.N., Varushkin S.V., Melehin A.A., Krivoshechekov S.N., Ren Sh. Scientific substantiation of methods for secondary opening of Famennian deposits in the southeast of the Perm Territory based on geomechanical modeling. Journal of Mining Institute, 2022, Vol. 257, P. 732–743. (In Russ).
17. Popov S.N. Geomechanical modeling and analysis of the stability of the production casing in conditions of partial absence of cement stone. SOCAR proceeding, 2022, issue S2, P. 45–51. (In Russ).
18. Popov S.N. Determination of the safety factor of cement stone based on numerical modeling of the stress-strain state of the near-wellbore zone taking into account the change in the elastic-strength properties of cement during its hardening and under the influence of an acid reagent. SOCAR Proceeding, 2021, issue S2, P. 8–16. (In Russ).
19. Subbotin M.D., Pavlov V.A., Korolev D.O., Kudymov A.Yu., Mantorov A.N., Skorobogach M.A. Impact of saturating fluid on Cretaceous rock strength and elastic properties as exemplified in Sibneftegas production fields. Neftyanaya Provintsiya, 2023, issue 2, P. 85–96. (In Russ).
20. Pavlov V.A., Lapin K.G., Gavris A.S. et al. Estimation of influence of geomechanical effects on change of formation reservoir properties in conditions of slightly cemented reservoir. Oil and Gas Territory, 2019, issue 10, P. 46–52. (In Russ).
21. Popov S.N., Muminov S.A. Variations in the filtration-capacitive properties of carbonate reservoirs under the influence of mechanical and chemical effects during laboratory studies during injection of water of different chemical compositions. Geology, geophysics and development of oil and gas fields, 2022, issue 8, P. 42–48. (In Russ).
22. Popov S.N., Muminov S.A. Manifestation of mechanical and chemical effects in experimental studies of the influence of liquid filtration on the physicochemical properties of carbonate reservoirs. Geology, geophysics and development of oil and gas fields, 2023, issue 4, P. 42–48. (In Russ).
23. Popov S.N., Mikhailov N.N. Coupled mechanical and chemical effects in the development of oil and gas fields. Moscow: Publishing center of the Gubkin University, 2023, 300 p. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Костилевский Валерий Анатольевич, начальник управления скважинных операций, ПАО «ЛУКОЙЛ», Москва, Россия

Дитц Андрей Викторович, старший менеджер управления скважинных операций, ПАО «ЛУКОЙЛ», Москва, Россия

Бикбулатов Олег Валерьевич, старший менеджер управления скважинных операций, ПАО «ЛУКОЙЛ», Москва, Россия

Зырянов Павел Александрович, менеджер управления скважинных операций, ПАО «ЛУКОЙЛ», Москва, Россия

Никифоров Степан Сергеевич, менеджер управления скважинных операций, ПАО «ЛУКОЙЛ», Москва, Россия

Мекурьев Константин Константинович, менеджер управления скважинных операций, ПАО «ЛУКОЙЛ», Москва, Россия

Попов Сергей Николаевич, д.т.н., заведующий лабораторией, главный научный сотрудник лаборатории нефтегазовой механики и физико-химии пласта, Институт проблем нефти и газа РАН, Москва, Россия
Для контактов: popov@ipng.ru

Kostilevsky Valery Anatolyevich, head of the well operations department, “LUKOIL” PJSC, Moscow, Russia

Dietz Andrey Viktorovich, senior manager of the well operations department, “LUKOIL” PJSC, Moscow, Russia

Bikbulatov Oleg Valerievich, senior manager of the well operations department, “LUKOIL” PJSC, Moscow, Russia

Zyryanov Pavel Aleksandrovich, manager of the well operations department, “LUKOIL” PJSC, Moscow, Russia

Nikiforov Stepan Sergeevich, manager of the well operations department, “LUKOIL” PJSC, Moscow, Russia

Mekuryev Konstantin Konstantinovich, manager of the well operations department, “LUKOIL” PJSC, Moscow, Russia

Popov Sergey Nikolaevich, ph.d. of engineering sciences, head of the laboratory of oil and gas mechanics and reservoir physico-chemistry, Oil and gas research institute of RAS, Moscow, Russia
Corresponding author: popov@ipng.ru