The Effect of Leaching Salts on Salinization Reservoir Properties of Terrigenous Rocks of the Reservoir B13, Eastern Siberia

N.S. Melenyuk* (OAO SibNIINP), V.S. Vorobyev (OOO Gazpromneft-Angara), L.A. Gaidukov (Messoyakhaneftegaz), A.N. Betekhtin (Gazpromneft NTC), T.V. Mamyashev (Gazpromneft NTC), I.S. Shakhmatov (Coretest Service), B.I. Ratnikov (Neftecom), R.S. Shulga (Coretest Service), E.A. Romanov (Coretest Service), O.V. Andreev (TSU)

SUMMARY

This work examines the importance of petrophysical studies salinization core, as it is a parameter that determines the strength and integrity of the breed in the process of development. Integrated assessment salinization manifold requires the use of petrophysical studies, chemical analysis of formation water, the method of 3D imaging that will allow us to represent the structure of the pore space and its changes in the process of leaching of salts.

Влияние вымывания солей на коллекторские свойства засоленных терригенных пород пласта В13 Восточной Сибири

Н.С. Меленюк* (ОАО «СибНИИНП»), В.С. Воробьев (ООО «Гапромнефть-Ангара»), Л. А. Гайдуков (АО «Мессояханефтегаз»), А.Н. Бетехтин (ООО «Газпромнефть НТЦ»), Т.В. Мамяшев (ООО «Газпромнефть НТЦ»), И.С. Шахматов (ООО «Корэтест Сервис»), И.Б. Ратников (ООО «Нефтеком»), Р.С. Шульга (ООО «Корэтест Сервис»), Е.А. Романов (ООО «Корэтест Сервис»), О.В. Андреев (ТюмГУ)

Введение

При разработке засоленных месторождений Восточной Сибири важным условием является учет засоленности пород и контраста минерализации вод, находящихся в поровом пространстве породы коллектора, и закачиваемых в пласт с целью поддержания пластового давления. В случае терригенных отложений соль цементирует обломки, резко снижается пористость, но при этом создает плотный структурный каркас породы.

Засолонение считается одним из главных процессов, влияющим на фильтрационные-емкостные свойства пород коллекторов Восточной Сибири [1, 2], как в изначальном (природном) состоянии, так и в процессе техногенных изменений коллектора при заводнении пресной водой. Низкая минерализация закачиваемой в пласт воды приводит к нарушению химического равновесия в пластовых условиях. В процессе продвижения фронта закачиваемой воды вследствие частичного растворения галитового цемента ФЕС коллектора могут увеличиваться на порядки, а в сильно промытых зонах (вокруг нагнетательных скважин) происходит разрушение и осыпание породы. Данные процессы находят непосредственное отражение в динамике основных показателей разработки месторождений в режиме ППД.

Для корректного моделирования, проектирования и эффективного управления разработкой сложнопростроенных засоленных коллекторов Восточной Сибири необходимо применение комплексного подхода и методик при проведении петрофизических и фильтрационных исследований керна.

Особенности засоления песчаников пласта В13 Восточной Сибири

Терригенные породы-коллекторы нефти и газа пласта В13 характеризуются неравномерным засолением. Наибольшее засоление отмечается в гравийных конгломератах, песчаниках с гравелитовой примесью и хорошо сортированных песчаниках. Другие литотипы также обладают засоленностью, но в меньшей степени. Галитизация и ангидритизация в первую очередь связаны с вторичными процессами преобразования порового пространства: выщелачивание, перераспределение и последующее осаждение солей в фильтруемых, проницаемых для рассолов порах и каналах. Высокая минерализация пластовых вод (до 393,1 г/л и более) и кислая среда вод, наряду с засолением, вносят трудности при изучении литолого-петрофизических свойств пласта-коллектора [3].

Изменчивость литологического состава и его неоднородность на макро- и микроуровнях, изменчивость фильтрационно-ёмкостных свойств пород, присутствие минерального цемента различного состава и сложное строения порового пространства влияют на процессы многофазной фильтрации и распределение фаз в пустотном пространстве породы. Такими образом обуславливается важность детального изучения характеристик породы [4].

Определение фильтрационно-емкостных свойств проводилось на 761 образце из пластов В10 и В13 и вмещающих их отложений. Пласт В13 представлен песчаниками разной зернистости (крупно-, средне- и мелкозернистой фракции). Цемент галитовый (7-10%), реже сочетание галитового и ангидритового цементов (5-11% в сумме). Во всех рассматриваемых образцах присутствуют признаки углеводородного насыщения.

Сбор составной исследуемой колонки представлял собой последовательность из 3 стандартных образцов (см. рис. 1 (А)). Подбор, расположение образцов определялось согласно литологическим, значениям пористости и проницаемости и минеральному составу.

Рисунок 1 Фотографии образцов и их 3D-модели до (А) и после (Б) вымывания солей.

Схема эксперимента: создание остаточной нефтенасыщенности методом прокачки пластовой воды через составную колонку керна, определение исходной проницаемости по пластовой воде», прокачка пресной воды ($C_w=0.7$ г/л) через колонку, стабилизация параметра УЭС воды на выходе, повторная прокачка пластовой воды для определения проницаемости после процесса рассоливания.

Рисунок 2 Динамика изменения минерализации пластовой воды при вымывании солей из порового пространства пород-коллекторов

В процессе закачки пресной воды производилось сканирование колонки керна для контроля динамики рассоления на рентгеносканирующем оборудовании ПИК-АЭИ, также осуществлялся отбор выходного флюида для контроля минерализации методом сухого остатка. В результате была получена (см. рис. 2) динамика растворения галита и изменения УЭС породы в процессе эксперимента. Хорошо прослеживается характер изменения УЭС. Чем выше концентрация солей, тем ниже значение УЭС пластовой воды и, следовательно, пород.

Рассоление подразумевает вымывание водорастворимых солей, поэтому стоит обратить внимание на химический состав минерализованной воды для исследуемого пласта, большая часть водорастворимой соли которого представлена CaCl_2 – 73,4 % и MgCl_2 – 23,4 %.

Согласно исследованиям [3] установлено, что замещение пластовой воды на пресную снижает УЭС фильтруемого раствора лишь при расходе, позволяющем нагнетаемой воде успеть растворить галоиды и обогатиться ими. Увеличение темпов закачки растворителя соответствует плавному повышению УЭС пластовой воды, так как обменные реакции между кристаллами соли не успевают обогащать ионами новые порции воды.

Изменения структуры порового пространства, вызванные вымыванием солей

Рассмотрим особенности процесса изменения порового пространства пресной водой. В таблице 1 приведена оценка влияния засоления керна пласта В13 на фильтрационно-емкостные свойства породы до (рис. 1(А)) и после (рис. 1(Б)) вымывания солей.

Таблица 1

До эксперимента		После эксперимента		Объём пор до эксперимента, см ³	Объём пор до эксперимента, см ³	Кон (мат. Баланс), %	Базовая проницаемость по пластовой воде, мД	Объём прокачки пресной воды, мД	Объём прокачки пресной воды, мД	Проницаемость по пластовой воде после эксперимента	Коэффициент восстановления я, %
Кп, %	Кпр, мД	Кп, %	Кпр, мД								
9.77	1.965	11.28	108.09	1.914	2.336	35.37	0.145	986	153.3	3.042	2103.7
8.55	1.965	-	-	1.948	-						
11.42	1.980	12.47	162.65	2.571	2.690						

С помощью рентгеносканирующего оборудования были получены значения «рентгеновской плотности» - съемка томограммы (СТ) исследуемого образца до (СТ(нач)) процесса рассаливания и после (СТ(кон)) (рис. 3). Насыщение пластовой водой в конце эксперимента проводилось с целью убрать влияние пластовой воды на снижение интенсивности излучения, так как вода очень плотная, по изменению интенсивности СТ(кон)-СТ(нач) до и после (рис. 3) можно оценить основные зоны «вымывания».

Рисунок 3 СТ данные до и после прокачки пресной воды

Изменение интенсивности 8-10 % (желто-оранжевый цвет) указывает на повышение пористости в центральной части составной колонки (образец 2). Обессоливание образца вызвало его частичное разрушение. Повышенное содержание галита (13 %) вызвало увеличение порового пространства по всему объему образца 3. Равномерное распределение галита способствует сохранению формы образца керна.

Метод компьютерной микротомографии позволяет визуализировать изменение порового пространства и изучить характер распределения солей в породе после их вымывания. На рис. 1 представлены 3D-модели образцов до и после вымывания солей, на которых существенно заметно различие распределения пор более 20 мкм. Для образцов 1 и 3 увеличение пористости

идет за счет вымывания солей из мелких пор с сохранением целостности образца, в образце 2 – за счет растворения соли, заполняющей поры и межзерновое пространство каналы. Вымывание в участках, изначально повышенной пористости, способствует созданию сети каналов фильтрации, а иногда частичному разрушению образца.

Для оценки характера распределения солей, минералов и типа цемента использовался метод растровой электронной микроскопии. Электронно-микроскопические снимки образца до (рис. 4, А) и после (рис. 4, Б) вымывания солей. После вымывания солей (рис. 4, Б) заметно увеличение числа микро- и макропор и каналов различного диаметра. Отсутствуют кристаллизованные скопления галита. Следы минерала представлены в виде тонких пленок соли в узких щелях и на поверхностях минералов.

Рисунок 4 Электронно-микроскопические изображения образцов до (А) и после (Б) вымывания солей

Выводы

Засолонение терригенных коллекторов Восточной Сибири необходимо учитывать как при построении петрофизических моделей, так и при проектировании разработки.

Для корректного моделирования процессов техногенных изменений засоленного коллектора при заводнении низко минерализованной водой необходимо проводить специальных петрофизические и фильтрационных эксперименты, требующие создание специализированной методической основы и лабораторной базы.

В работе представлены результаты выполнения комплексной лабораторной программы петрофизических и фильтрационных исследований засоленного ядра пластов В10-13 месторождения в Восточной Сибири. Показано, что: динамика процесса рассоления существенно зависит от неоднородности структуры порового пространства; в результате вымывания солей происходит увеличение ФЕС коллектора на порядки; при больших объемах промывки снижается прочность образца, что приводит к его механическому разрушению.

Библиография

1. Шашин С.Г., Примина С.П. Нефтегазовая литология: конспекты лекций. Иркутск: Изд-во Иркут.гос. ун-та. - 2009. - С. 44.
2. Воробьев В.С., Клиновая Я.С. Причины засоления терригенных пород в пределах Верхнечонского месторождения (Восточная сибирь) // Газовая промышленность. – 2017. - №4. - С. 36-43.
3. Гильманов Я.И., Загоровский А.А., Саломатин Е.Н., Фадеев А.М. Исследование процесса рассоления при разработке засоленных терригенных коллекторов Верхнечонского месторождения // Нефтяное хозяйство. – 2013. - №1. - С. 74-77.
4. Рыжов А.Е. Особенности строения пустотного пространства пород-коллекторов

ботубинского горизонта чаяндинского месторождения // Геология нефти и газа. – 2011. - №4. - С. 49-55.

References

1. Shashin S.G., Primina S.P. Oil and gas lithology: lecture notes. Irkutsk: Publishing house Irkut.state. Univ. - 2009. - P. 44.
2. Vorob'ev V.S., Klinovaya J.S. The Causes of salinization of clastic rocks within the Verkhnechonskoye field (East Siberia) // Gas industry. – 2017. - No. 4. - P. 36-43.
3. Gilmanov Ya.I., Zagorovsky A.A., Salomatin E.N., Fadeev A.M. Study of the process of desalinization in the development of terrigenous salinization of Verkhnechonskoye field // Oil industry. – 2013. - No. 1. - P. 74-77.
4. Ryzhov A. E. Features of the structure of the void space of rocks-reservoirs of the Botuobinsky horizon of the Chayandinskoye field // Geology of oil and gas. – 2011. - No. 4. - P. 49-55.