МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Р У К О В О Д С Т В О

ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДА МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВОДЯНОЙ СМЕСИ "МУПС -АЗНИПИНЕФТЬ"

РД - 39 - 3 - 597 - 81

1981 г.

gost.e-ecolog.ru

© Азербайджанский государственный научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности "АзНИИнефть", 1981

МИНИСТЕРСТВО НЕФТЯНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

УТВЕРЖДАЮ

Первый Заместитель Министра
нефтяной промышленности
_____ В.И.Игревский
"03" 09 1981 г.

РУКОВОДСТВО ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДА МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВОДЯНОЙ СМЕСИ "МУПС-АзНИПИнефть"

РД -39-3-594-81

НАСТОЯЩИЙ ДОКУМЕНТ РАЗРАБОТАН:

Ордена Трудового Красного Знамени Азербайджанским государственным научно-исследовательским и проектным институтом нефтяной промышленности (АзНИПИнефть)

Директор института _____ М.К.Сеид-Рза

Ответственные исполнители:

Ст.научный сотрудник _____ Лх.М.Агаларов

Зам.директора _____ Ш.Н.Алиев

Зав.отделом организации и внедрения НТР _____ Р.Р.Рахманов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник Упрнефтегазодобычи _____ В.В.Гнатченко

Начальник Технического Управления _____ Ю.Н.Байдиков

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

Р У К О В О Д С Т В О

ПО ПРИМЕНЕНИЮ МЕТОДА МАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ НЕФТЕГАЗОВОДЯНОЙ СМЕСИ "МУПС-АзНИПИнефть"

РД 39 - 3-597-81

Вводится впервые

Приказом Министерства нефтяной промышленности
от 19 октября 1981 № 560
Срок введения установлен с декабря 1981 г.

В настоящем руководстве описано применение метода магнитной обработки нефтегазоводяной смеси магнитным устройством МУПС-АзНИПИнефть, предназначенным для предотвращения отложения солей в нефтепромысловом оборудовании и нефтяных и водяных скважинах (спецкального назначения).

Приведены конструкция, техническая характеристика и методика расчета МУПС-АзНИПИнефть, указаны место установки МУПСа в скважине и выкидных линиях, способ эксплуатации и методы, определяющие эффективность применения МУПС.

I. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Руководство следует применять в следующих случаях:

- при составлении технологических схем и проектов разработки нефтяных месторождений, предусматривающих применение методов борьбы с отложениями солей в связи с высокой обводненностью пластовых жидкостей и наличием в них солей;

- при составлении проектов на обустройство нефтяных место-

рождений с применением новых методов по борьбе с отложениями солей;

-при монтаже, транспортировке и хранении МУПСа.

2. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ СОЛЕОБРАЗУЮЩИХ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

2.1. На нефтяных месторождениях Азербайджана, находящихся в поздней стадии разработки, и на аналогичных месторождениях других нефтяных районов, вследствие высокой обводненности нефтяных залежей с определенным химическим составом пластовых вод при высоком значении их карбонатной жесткости, наблюдается процесс интенсивного отложения солей в подъемных трубах скважин и коммуникациях коллекторной системы.

2.2. Интенсивность выпадения солей и отложения их в нефтепромысловом оборудовании во многих случаях зависит от присутствия в минерализованных пластовых водах в растворенном состоянии различных солей и агрессивных газов.

2.3. Отложения неорганических солей имеют место в компрессорных и глубиннонасосных скважинах, а также в скважинах, эксплуатируемых электроцентробежными насосами - ЭЦН.

2.4. Дебит жидкости по солеобразующим скважинам изменяется в пределах $(50 \div 700) м^3$/сут. и более (в компрессорных скважинах и скважинах, эксплатируемых ЭЦН) и $(5 + 150) м^3$/сут. (в глубиннонасосных скважинах); в то же время процент обводненности продукции скважин колеблется от 90 до 95%.

2.5. Физико- химическая характеристика пластовых вод следую-

ден: общая жесткость от 17,1 до 532,6 мг.экв/л; карбонатная жесткость – от 5,7 до 62,3 мг.экв/л; содержание хлор-иона изменяется в пределах от 617,4 до 4531,1 мг.экв/л, а железа–от 57,6 до 265,3 мг.экв/л; общее содержание солей этих вод изменяется от 10,8 до 168,5 г/л; величина pH = 6,2 ÷ 8,5; скорость коррозии исследуемых вод составляет $(0,92 \div 2,37)$ г/м^2·ч.

2.6. Выпадения солей из нефтегазоводяной смеси и отложение их в подъемных трубах компрессорных скважин вызывает весьма частые остановки скважин для смены в них засоленных труб. Причем толщина слоя солей на внутренней поверхности труб достигает столь значительных размеров, что практически площадь свободного сечения труб значительно уменьшается и происходит закупоривание.

2.7. Процесс отложения солей представляется в следующем виде: при поступлении жидкости в призабойную зону скважин резко изменяется фазовое равновесие, отличающееся от пластовых условий. В стволе скважин происходит выделение агрессивной углекислоты из лифтируемого флюида, что приводит к распаду бикарбонатов кальция и магния и отложению их на стенках подъемных труб.

Схема процесса разложения бикарбонатов в подъемных трубах скважин имеет вид:

$$Ca(HCO_3)_2 \rightleftharpoons CaCO_3 + CO_2 + H_2O$$

$$Mg(HCO_3)_2 \rightleftharpoons MgCO_3 + CO_2 + H_2O$$

В основном это явление имеет место при эксплуатации горизонтов с определенным химическим составом пластовых вод при условии, когда пластовые воды отличаются также значительной вторичной щелочностью, при содержании бикарбонатных ионов свыше 0,122%, а кальциевого иона 0,1% и выше.

2.8. Произведенные многочисленные химические анализы солей (свыше 40 образцов), отложившихся на поверхности труб, приведены в таблице I.

Таблица I

Месторождение	Содержание компонентов,%					
	$CaSO_4$	SiO_2	Fe_2O_3	Al_2O_3	$MgCO_3$	$CaCO_3$
Бадаханы-Сабунчи-Раманы	2,09	I,86	4,40	-	3.I2	84,53
Сураханы-Кара-Чухур	0,98	I,70	I,60	-	5,I5	87,I0
Кала Старая, Кала	2,87	I,48	2,60	-	3,03	89,23
Сивазанская моноклиналь	-	2,05	3,46	I,35	4,28	82,57

2.9. Содержание только углекислых солей кальция и магния в отложившихся солях составляет 86,85÷92,26%.

2.I0. Осадки углекислых солей, отлагающихся в подъемных трубах скважин, в выкидных линиях и промысловых коллекторах, имеют различную структуру: осадки в виде тонкой корки или порошкообразные, рыхлослоистые и камнеобразные. Осадки в виде корки проницаемые и легко удаляются. Такие осадки, как карбонат кальция, откладываются в кристаллическом виде.

2.II. В скважинах объединения " Азнефть" и других нефтяных

месторождений Союза осадки на стенках труб, в основном, встречаются камнеобразные. Они трудно поддаются удалению механическим способом и обработке различными химическими реагентами.

2.12. Отложение солей сокращает межремонтный период работы скважин(иногда до 20 ÷ 25 дней), требует проведения ремонтно-профилактических и трудоемких работ по очистке засоленных труб или частой их замены.

2.13. Борьба с солеотложением в трубах при нефтедобыче путем применения безреактивных методов позволяет получить значительный технико-экономический эффект и сэкономить большие средства.

2.14. Ввиду простоты применяемых безреагентных методов и удобстве их в эксплуатации наибольший интерес представляет магнитный метод обработки нефтегазоводяной смеси, который осуществляется при помощи МУПС-АзНИИнефть.

2.15. МУПС-АзНИИнефть испытан и внедрен на промыслах объединения "Азнефть", принят ведомственной комиссией МНП и рекомендован для широкого внедрения в нефтедобыче.

3. МАГНИТНОЕ УСТРОЙСТВО ПРОТИВ СОЛЕОТЛОЖЕНИЯ МУПС-АзНИИнефть

Назначение

3.1. Устройство МУПС предназначено для борьбы с карбонатной жесткостью, образующей осадки на внутренних поверхностях подъемных труб и выкидных линиях в обводненных нефтяных скважинах при различных способах эксплуатации скважина также в водяных скважинах специального назначения.

3.2. МУПС применяется в скважинах с обводненностью до 90% и с содержанием карбонатных и сульфатных солей в жидкости до 150 г/л.

Принцип действия

3.3. Принцип действия МУПС основан на физическом явлении, заключающемся в воздействии магнитного поля на соли, растворенные в воде, и изменении в силу этого воздействия структурных свойств всего раствора, приводящих к тому, что замедляется рост кристаллов и уменьшается образование твердых осадков на стенках подъемных труб. Соли кальция и магния уже не осаждаются на внутренних стенках подъемных труб в виде твердого кристалла и выносятся потоком смеси в виде мелкодисперсного кристаллического "шлама" (размеры частиц которого не превышают одного микрона) на поверхность, что, в свою очередь, приводит к эффективности магнитной обработки.

3.4. Магнитная обработка продукции водонефтяных скважин при достаточно обоснованном выборе параметров устройства МУПС в режиме их работ дает возможность значительно уменьшить отложения солей.

Конструкция

3.5. Общий вид МУПС[x)] показан на рис.1.

МУПС состоит, в основном, из магнитной камеры и соединительной муфты.

3.6. Магнитная камера устройства состоит из корпуса 6, концевых опорных переводников 2 и 8, колец: контрящего 7 и зажимного

---

x)Разработано по авторскому свидетельству № 271456 от 23.03.70г.

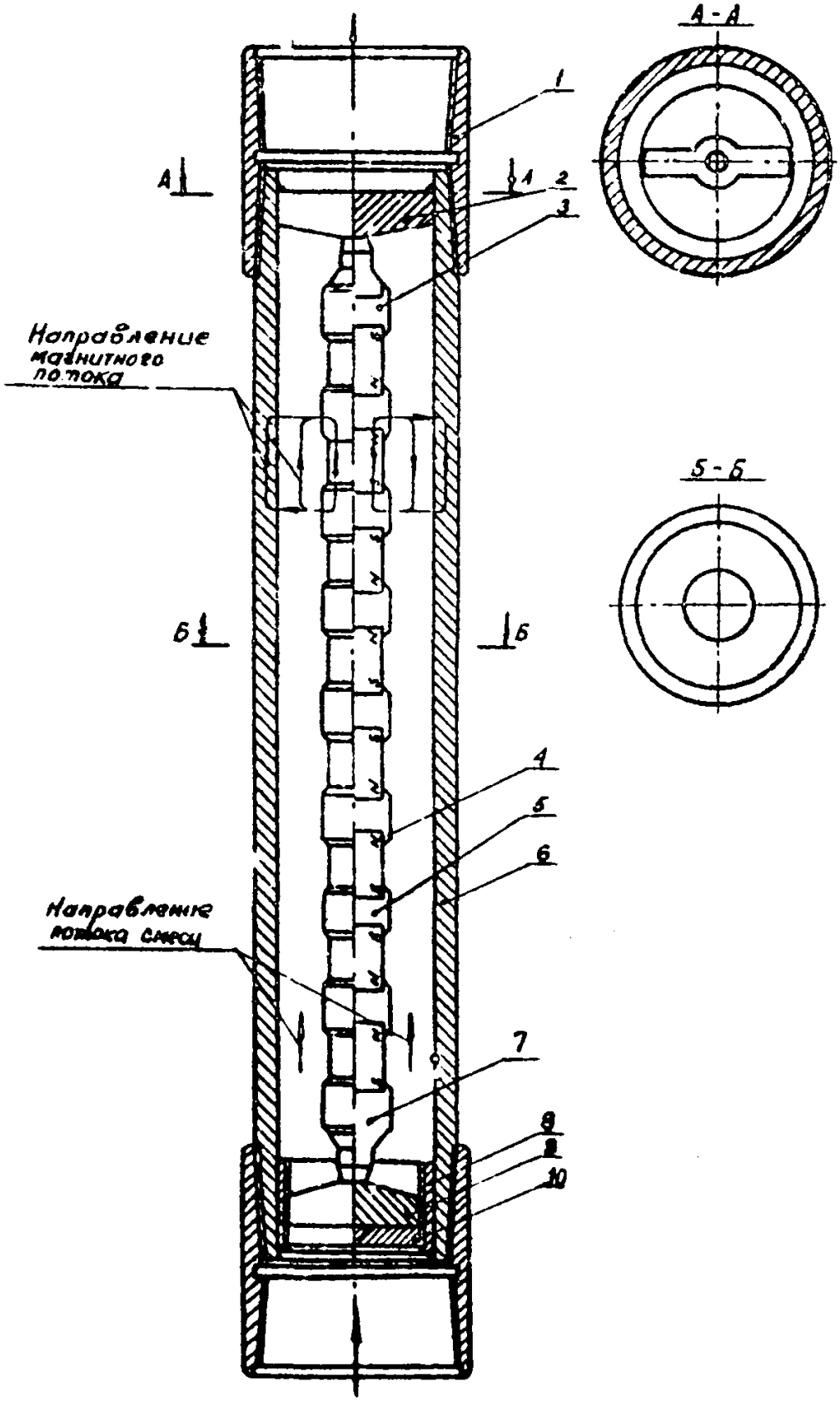

Рис.I. Конструкция устройства МУПС

9, кольцевых диамагнитных втулок 3 и постоянных магнитов 5 с полюсными наконечниками 4, расположенными внутри корпуса магнитной камеры.

Собранная магнитная система помещается в корпус магнитной камеры, закрепляется концевыми опорными переводниками (из них один сварен любым концом корпуса внутри).

3.7. Магнитная камера соединяется с колонной подъемных труб через соединительную муфту I.

3.8. Постоянные магниты изготовляются в виде втулок из магнитно-твердых сплавов марки ЮНI4ДК24Т2 по ГОСТ I7809-72 с остаточной индукцией Вч = I,I + 1,2 Тл, коэрцитивной силой Нс = (5,8 + 6,0) $\cdot$ 10^4 А/м.

3.9. К полюсам магнита примыкают полюсные наконечники из мягкой стали по ГОСТ 8479-70, число которых может колебаться от 8 до I4.

3.I0. Отличительная особенность устройства МУПС заключается в создании многократных последовательных концентрированных магнитных силовых линий, чередующейся полярностью, обеспечивающих увеличение степени " замагничивания" частиц.

3.II. Отдельные узлы устройства выполнены цилиндрической формы, обеспечивающей равномерное распределение напряженности магнитного поля в рабочем зазоре и минимальные гидравлические сопротивления при равенстве скорости смеси во всех рабочих зазорах.

Эти конструктивные отличия устройства типа МУПС имеют важное значение при применении их в скважинах.

Техническая характеристика

3.I2. Максимальная производительность по газожидкостной смеси, $м^3/ч$ не более 30

3.I3. Допускаемая глубина спуска, ... не ограничена

3.I4. Максимальное рабочее давление, мПа($кГс/см^2$) 40(400)

3.I5. Максимальная температура рабочей среды, К (^0C) . . . . . 363(90)

3.I6. Характеристика магнитной системы устройства:

а) марка сплава магнита ЮНI4ДК24-Т2

б) напряженность магнитного поля в рабочих зазорах, А/м . . . . . $I6,4xI0^4$

3.I7. Общий магнитный поток, Вб . . . . . $(200+300)xI0^4$

3.I8. Общий объем постоянных магнитов в устройстве, $см^3$ I05

3.I9. Присоединительная резьба - резьба гладких труб по ГОСТ-633-63, мм:

а) для МУПС - $2^I/2"$. 62

б) для МУПС - $4"$ I00,3

3.20. Габаритные размеры, мм:

а) для МУПС - $2^I/2"$

диаметр 89,5

длина 786

б) для МУПС - $4"$

диаметр I32,5

длина 8I0

3.2I. Масса, кг

а) для МУПС - $2^{I}/2^{n}$ 18,7

б) для МУПС - 4^{n} 29,3

3.22. Комплектность

В комплект поставки устройства входят:

а) МУПС в сборе, шт. I

б) соединительная муфта по ГОСТ 633-63, шт.... 2

в) документация

паспорт, экз I

техническое описание и инструкция по эксплуатации (ТО), экз I

Порядок хранения и транспортирования

3.23. Устройства МУПС в упакованном виде доставляются любым видом транспорта, гарантирующим их полную сохранность.

3.24. Устройство МУПС должно храниться в складских помещениях в упакованном виде или без упаковки на стеллажах.

3.25. При транспортировании и хранении устройство не должно подвергаться резким ударным воздействиям.

3.26. Не рекомендуется хранение устройства в помещениях, где находятся кислоты, щелочи и другие агрессивные вещества, вредно влияющие на металл.

3.27. Устройство МУПС не должно находиться под воздействием прямых солнечных лучей, вблизи нагревательных приборов и сильных электромагнитных полей.

3.28. При длительном хранении устройстве консервируются по группе изделий I по ГОСТ 13168-69.

3.29. Во время хранения запрещается разбирать МУПС на отдельные элементы.

Выбор места установки МУПС в скважине и на выкидных линиях

3.30. Собранный комплект магнитов с установочными опорами монтируется в патрубке соответствующего размера; на патрубок по обоим концам наворачиваются соединительные муфты, при помощи которых собранная магнитная система крепится и устанавливается соосно с насосно-компрессорными трубами.

3.31. Устройство МУПС спускается в скважину, устанавливается в начале отложения солей на любой глубине по оси подъемных труб. Его можно устанавливать как в скважинах у приема глубинного насоса (в насосных скважинах) или у башмака насосно-компрессорных труб (в компрессорных скважинах), так и в выкидных линиях и коллекторах.

3.32. В первом случае рабочее положение устройства МУПС в скважине вертикально (схема расположения МУПС в скважине представлена на рис.2,3). При этом корпус МУПС составляет единую систему с колонной подъемных труб. Нефтегазоводяная смесь проходит между магнитами и внутренним диаметром магнитопривода - корпуса устройства, где подвергается воздействию магнитного поля МУПС.

3.33. Во втором случае, т.е. в выкидных линиях и коллекторах, МУПС может быть установлен и горизонтально.

3.34. Для достижения максимальной эффективности при использовании устройства МУПС в водонефтяных скважинах необходимо учитывать гидрогеологические условия (степень обводненности горизонта, дебиты эксплуатационных скважин, химические свойства воды и др.), преобладающие в разрабатываемом пласте, а также технико-

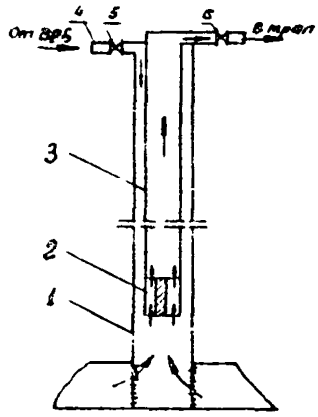

Рис. 2. Схема конструкции компрессорной скважины

I – эксплуатационная колонна; 2 – место установки магнитного устройства; 3 – колонна насосно-компрессорных труб; 4 – воздушная линия; 5 – задвижка воздушной линии; 6 – задвижка выкидной линии

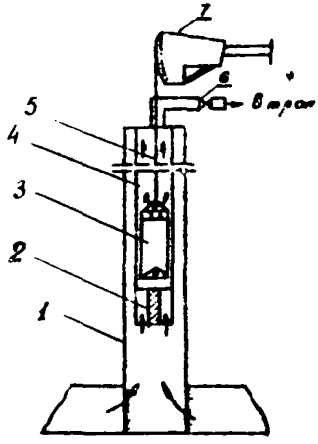

Рис. 3. Схема конструкции глубиннонасосной скважины

I – эксплуатационная колонна; 2 – место установки магнитного устройства; 3 – насос; 4 – насосно-компрессорные трубы; 5 – штанга; 6 – выкидная линия; 7 – станок-качалка

эксплуатационные показатели (диаметр труб, глубина подвески, способ эксплуатации, режим откачки и др.) солеобразующей скважины.

3.35. В скважинах, эксплуатирующихся $2^{I}/2$" трубами, солеотложение, в основном , происходит в нижних частях подвески, следует расположить устройство МУПС у башмака подъемных труб, интервал охвата подвески МУПСом должен составить порядка 500 м, а в ряде случаев, по мере удаления от "башмака" труб вверх, следует расположить второе устройство МУПС.

3.36. В тех случаях, когда солеотложение происходит в верхних интервалах, в основном, в приустьевой части подвески, следует расположить устройство МУПС с тем условием, чтобы наиболее усиленные из них охватили верхние интервалы подвески (от глубины начала отложения солей до устьевой части подвески), а по мере удаления от начала отложения солей в подъемных трубах - второе устройство МУПС с той же степенью воздействия с целью борьбы с отложениями солей и на выкидных линиях скважин; интервал охвата подвески МУПСом должен составить соответственно порядка 400-500 м от устья скважины.

3.37. Извлечение устройства МУПС из скважин производится лишь с целью профилактики, очистки от притянутых ферромагнитных частиц и проверки напряженности магнитного поля, в рабочих зазорах и дополнительного намагничивания постоянных магнитов, осуществляемого обычно один-два раза в год.

3.38. Для получения высоких магнитных свойств постоянный магнит должен быть намагничен в требуемом направлении до величины индукции. Необходимая для этого напряженность магнитного поля зависит от материала магнита. Чем выше коэрцитивная сила магнита, тем должна быть больше намагничивающаяся напряженность.

3.39. Выбор способа намагничивания магнита зависит от ряда

факторов: формы магнита, конструкции узла устройства МУПС с постоянным магнитом, материала постоянного магнита, наличия источника питания и т.д.

3.40. Магнитное поле (для намагничивания) получается от катушки соленоида, смонтированного в специальном металлическом каркасе. Катушка соленоида возбуждается постоянным током, который берется от сети значительной мощности (двигателя генератора или выпрямителя мощностью не менее I0 квт, преобразующего переменный ток в постоянный). Магниты помещаются в катушке соленоида в направлении по отношению к оси цилиндра или имеющими полярность по диаметру магнита.

3.4I. Коэрцитивная сила магнитных элементов после намагничивания измеряется прибором милливеберметр типа М III9 (производства завода "Вибратор", г. Ленинград). Этот прибор предназначен для измерения магнитной индукции в межполюсном пространстве постоянных магнитов.

3.42. Напряженность магнитного поля в рабочем зазоре устройства МУПС измеряется датчиком Холла.

Организация работ с применением устройства МУПС

3.43. Подбираются фонтанно-компрессорные скважины и скважины с глубинными насосами с интенсивным отложением солей в подземном оборудовании, имеющие относительно малый межремонтный период работы скважины и с глубиной подвески не более 4500 м.

3.44. Выбирается соответствующий диаметр МУПС (в зависимости от диаметра НКТ) для спуска в скважину.

3.45. Перед спуском устройства МУПС проверяется сборка его. Собранные устройства МУПС крепятся посредством присоединительного патрубка к насосу или посредством соединительной муфты, устанавливаются в подъемных трубах и спускаются в скважину, соответственно, на штангах или НКТ до заданной глубины.

3.46. При применении устройства МУПС необходимо вести наблюдения за изменением следующих параметров:

а) дебит скважины;

б) обводненность продукции;

в) буферное (устьевое) давление;

г) толщина отложения солей на внутренней поверхности насосно-компрессорных труб (определяется штангель циркулем);

д) интервал отложения солей в подъемных трубах и выкидных линиях (определяется визуальным наблюдением);

е) количество пришедших в негодность насосно-компрессорных труб и состояние глубинных насосов;

ж) межремонтный период работы скважины в связи с солеобразованием.

3.47. Все данные о работе устройства МУПС должны быть подробно отражены в книгах документации скважин и в специальном журнале наблюдений (табл.2.).

3.48. При сборке, эксплуатации и ремонте устройства МУПС, руководствуются "Правилами безопасности в нефтегазодобывающей промышленности ", утвержденными Госгортехнадзором СССР 31 января 1974 года.

Таблица 2

№ скв	Способ эксплуатации	Горизонт	Забой, м	Производительность скважины, м³/сут.		Тип магнитного устройства	Дата спуска магнитного устройства	Глубина спуска лифта, м	Диаметр лифта,
				нефть	вода				
I	2	3	4	5	6	7	8	9	I0

Способ борьбы с солеотложением до применения МУПС	Межремонтный период работы скважин, дни		Интервал отложения солей, м				Примечание
			в насосно-компрессорных трубах		в насосных штангах		
	до применения МУПС	после применения МУПС	до применения МУПС	после применения МУПС	до применения МУПС	после применения МУПС	
II	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8

4. ИССЛЕДОВАНИЕ ТОРМОЗЯЩЕГО ДЕЙСТВИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ОСАЖДЕНИЕ СОЛЕЙ ИЗ ПЛАСТОВЫХ ВОД НЕФТЯНЫХ ГОРИЗОНТОВ

В отличие от ранее проведенных исследований, опыты по магнитной обработке пластовых вод проводились в лабораторных условиях на модели, имитирующей скважину, а также непосредственно в действующих нефтяных скважинах [1,2].

Лабораторные исследования

4.1. *Экспериментальное исследование влияния магнитного поля* (МП) на процесс кристаллизации и выпадения карбонатов и сульфатов щелочно-земельных элементов из пластовых вод проводилось на установке, оборудованной однорядным лифтом (рис.4), который обеспечивал осуществление интенсивной аэрации жидкости и визуальное наблюдение за выпадением осадков.

4.2. Внутри лифта, по пути движения жидкости, установлены образцы, изготовленные из стали марки "Д" для изучения процесса кристаллизации солей, и постоянные магниты, изготовленные из сплава ЮНI4ДК24-Т2, коэрцитивной силой $H_c=5,8\cdot10^4$ А/м и остаточной индукцией Вч=I,I Тл для создания магнитного поля.

4.3. *Микрокомпрессор типа МК-I служил для подачи воздуха в* "скважину". Количество воздуха, поступающего в "скважину", измерялось флютометром.

4.4. Исследования влияния МП на процесс кристаллизации проводились при интенсивной аэрации и возмущении жидкости воздухом. Образование осадка на стальных образцах, помещенных в потоке жидкости, наблюдалось во всех опытах.

4.5. Каждый цикл опытов состоял из двух этапов. На первом этапе опыт проводился на необработанной (исходной) пластовой воде,

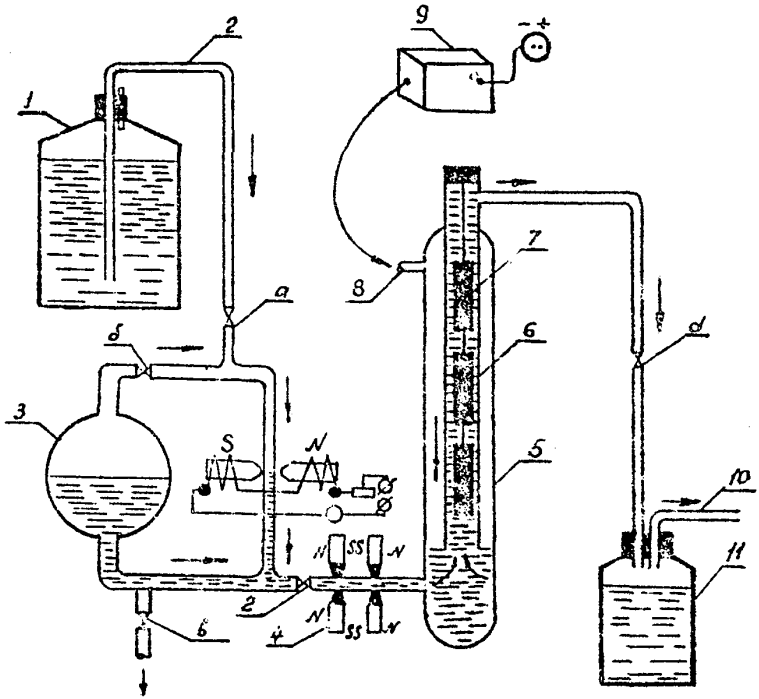

Рис. 4. Схема лабораторной установки

I, II - баллоны; 2 - трубка; 3 - устройство для измерения магнитной восприимчивости; 4 - магнит; 5 - цилиндрическая емкость; 6 - подъемный лифт; 7 - пластинка; 8, IO - выкиды; 9 - микрокомпрессор

на втором этапе - на той же воде, но прошедшей МП.

По весовой разности опытных образцов до и после опыта определялось удельное количество отложившегося осадка и содержание в нем карбонатов кальция, магния и окиси железа:

$$A=\frac{G}{Ж\cdot F}, \qquad (1)$$

где A - приведенное количество отложившегося осадка, мг/(см^2·кг);

G - вес отложившегося осадка, определяемый как разница веса одного и того же образца до и после опытов, мг;

F - площадь поверхности образца, см^2;

$Ж$ - количество пластовой воды, израсходованной за опыт, кг.

Величина коррозии определялась по потере веса образца и пересчитывалась в граммах с одного квадратного метра в час:

$$K=\frac{P_0-P_1}{F}, \quad г/(м^2\cdot ч), \qquad (2)$$

где P_0 - вес образца до испытания, г;

P_1 - вес образца после испытания, г;

F - площадь поверхности образца, м^2.

Эффективность магнитной обработки пластовой воды - $Э_{мо}$ определяется по уравнению:

$$Э_{мо}=\frac{Q-Q_1}{Q}\cdot 100\%, \qquad (3)$$

где Q, Q_1 - соответственное количество осадков, выделившихся на поверхности опытных образцов на необработанных и обработанных пластовых водах в г/м^2 за опыт.

4.6. Исследованию были подвергнуты пластовые воды УП горизонта месторождения Сураханы, ПК и НКП - Кала и Сабунчи объединения

"Азнефть", в которых наблюдается наибольшее число солеобразующих скважин. Физико-химическая характеристика этих вод приведена в п. 2.5.

4.7. Скорость жидкости в зазоре изменялась от 0,25 до 0,75 м/с, что соответствует фактической скорости подъема жидкости в глубинно-насосных скважинах. При этом время пребывания жидкости в магнитном поле составило 0,7-0,9 с. При всех скоростях движение потока было турбулентным; число Рейнольдса превосходило критическое значение и колебалось от 3770 до 7833.

4.8. Результаты обработки полученных опытных данных по уравнению (I) при различных значениях скорости потока представлены на рис.5 и 6. На величину эффекта магнитной обработки пластовой воды влияла скорость ее движения в поле. Наилучший результат достигается при скорости, равной 0,25 ÷ 0,50 м/с.

4.9. Исследования по лифтированию хлоркальциевой воды показали, что выпадает в основном карбонат кальция, побочным процессом является выпадение окиси железа как на пластинках, так и во взвешенном состоянии в объеме воды. МП приводит к значительному уменьшению отложения солей (на 82-97%), а количество продуктов коррозии снижается в среднем на 35-40% [3,4].

4.10. Эффективность магнитного воздействия на пластовые воды скважин зависит не только от их химического состава, но также от степени магнитной восприимчивости основных примесей пластовой воды, пародиамагнитных свойств системы "нефть-вода-газ-соль" и от содержания в ней соединений железа (табл.3).

4.11. Контроль за степенью магнитной обработки пластовой воды производится прибором изменения магнитной восприимчивости (см. рис.4, позиция 3). Пластовые воды, обработанные МП, в зависимости

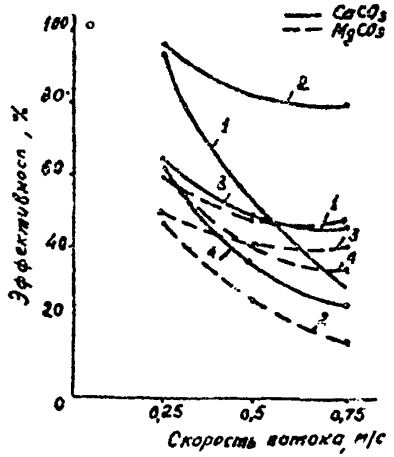

Рис. 5. Зависимость эффективности магнитной обработки от скоростей потока пластовых вод для горизонтов УII (I,2), ПК (3), НКП (4)

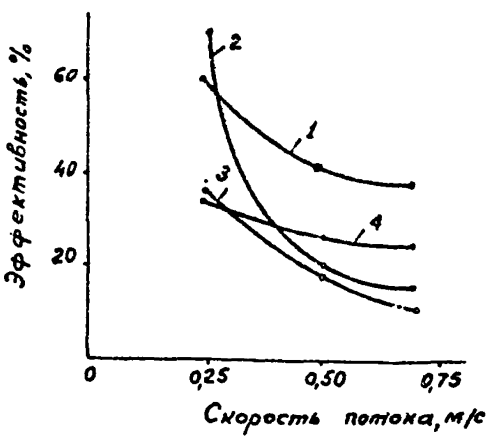

Рис. 6. Эффективность действия магнитной обработки на отложение продуктов коррозии Fe_2O_3 (обозначения те же, что на рис. 5)

от их концентрации сохраняют свои новые свойства в течение суток.

На основании результатов лабораторных исследований были проведены промысловые испытания на опытных скважинах.

Таблица 3

Элементы или соединения	Магнитная восприимчивость, $-\chi \cdot 10^{-6}$ I/гр.
Вода	I2,96
Катионы:	
$Mg^{\cdot\cdot}$	2,4
$Ca^{\cdot\cdot}$	II,4
Анионы:	
Cl^{-}	38,4
$SO_4^{\cdot\cdot}$	49,0
Солеобразующие:	
$MgCO_3$	32,4
$CaCO_3$	38,4
$MgSO_4$	46,0
$CaSO_4$	49,7
Продукты коррозии:	
Fe_2O_3	ферромагнитные,
Fe_3O_4	магнитная проницаемость $\mu = 5 + 35$

Примечание: восприимчивость дана соответственно на одну грамм-молекулу или один грамм-атом [3].

Промысловые исследования

4.I2. Исследование процесса солеотложения в колонне подъемных труб в зависимости от напряженности магнитного поля в соответствии с методикой исследования были проведены в эрлифтовых скважинах (№ I697,2772) и глубиннонасосных действующих стендовых скважинах (№ 522,II46).

Результаты промысловых исследований влияния МП на процесс отложений в этих скважинах представлены на рис.7.

На оси абсцисс показана напряженность магнитного поля (H_c, А/м), на ординате среднесуточное количество отложившейся в трубе соли (δ ,%).

4.I3. Промысловые исследования по борьбе с отложениями солей с помощью МУПС, проводились в скважинах производительностью от 9 до 600 $м^3$/сут при обводненности продукции до 90%. Наименьшая продолжительность работы устройства МУПС в скважинах составляла 80 сут. Испытания в скв. I697, 2772, 522 и II46 продолжались от 7 до I8 мес. В результате проведенных промысловых исследований установлено:

а) при эксплуатации скважин отложение солей в большинстве случаев происходит по всему интервалу НКТ труб и штанг, начиная с башмака труб до устья скважин. Причем толщина слоя солей на внутренней поверхности труб компрессорных скважин достигает столь значительных размеров, что иногда практически прекращается подача жидкости из скважины;

б) отложение солей в трубах имеет камнеобразную структуру; Основную часть отложений составляют углекислые соли кальция и магния - 92%; Характер распределения отложений и образующаяся форма на всех интервалах по длине подъемных труб аналогичны;

в) глубина спуска МУПС в скв. I697, 2772, 522 и II46 колебалась от 400 до II0 м;

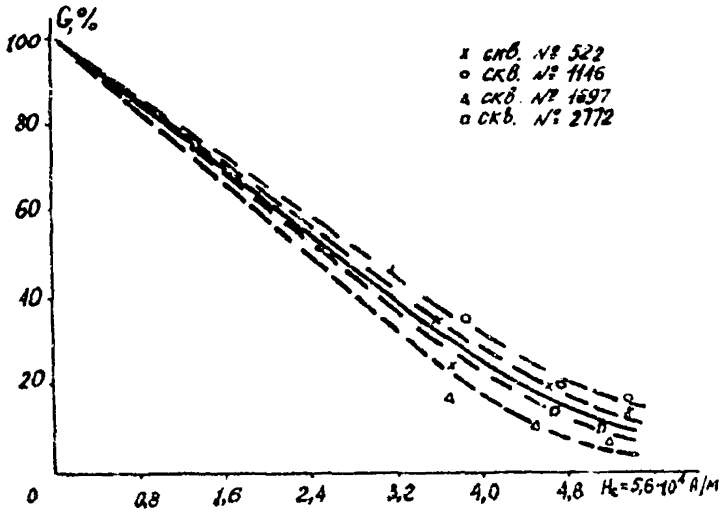

Рис.7. Зависимость отложения солей G от напряженности магнитного поля H_c для скв. 522, II46, I697, 2772.

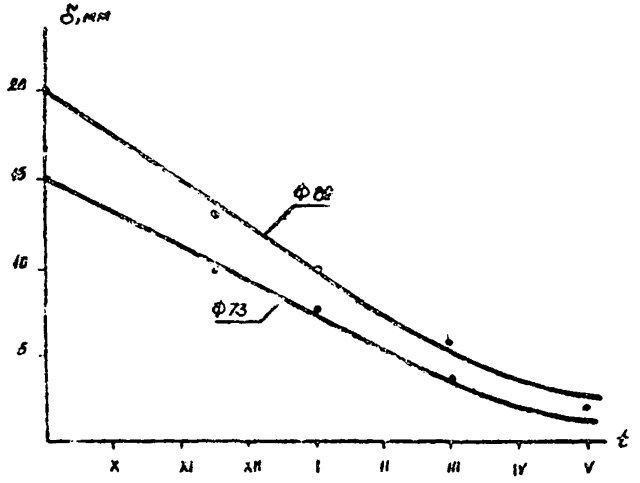

Рис.8 Разрушения отложившихся солей в трубах выкидной линии скв. 653 в процессе эксплуатации с применением магнитной обработки нефтегазоводяной смеси
I - труба диаметром 73 мм;
2 - труба диаметром 89 мм.

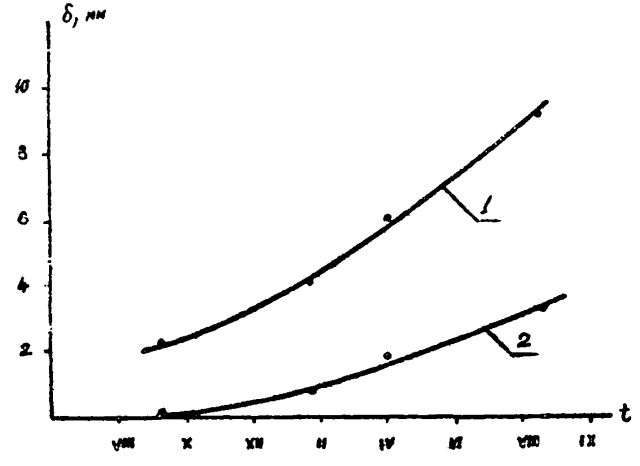

Рис.9 Солеотложения на выкидной линии скв. 675
I - без применения МУПС;
2 - с применением МУПС.

г) воды, в основном, относятся к высокоминерализованным, общей жесткостью до 80 мг-экв/л и содержанием солей до 160 г/л;

д) воздействие магнитного поля на нефтегазоводяной поток предотвращает или резко уменьшает образование отложения солей. Эффективность воздействия магнитного поля на снижение отложения солей зависит от напряженности магнитного поля в рассмотренных пределах изменения H_c ; чем выше напряженность, тем меньше толщина отложившегося слоя солей. Установлено, что с увеличением напряженности магнитного поля устройства до $5{,}6 \cdot 10^4$ А/м (см.рис.7), толщина отложившегося слоя солей значительно уменьшается. Наблюдается и разрушение ранее отложившегося слоя солей на стенках труб. На рис. 8 показаны кривые разрушения отложения соленого слоя в трубах выкидной линии скв. 633 (НГДУ "Азнакаевскнефть") в процессе эксплуатации с применением магнитной обработки нефтегазоводяной смеси;

е) опытная работа по борьбе с отложениями солей с применением МУПС была проведена также на выкидной линии скв. 673 промысла йодобромной воды Нефтечелинского химзавода. Йодо-бромные воды, добываемые на скв. 673, сильно минерализованы и имели следующую характеристику: общая жесткость 29 мг.экв./л, содержание соли хлористого натрия в пределах до 180 г/л, содержание хлоридов 113 г/л (табл.4). На рис. 9 представлены результаты промыслового исследования влияния МП на количество выпадающих солей на йодо-бромной воды скв. 673. Толщина слоя отложившихся солей уменьшилась более чем в 3 раза по сравнению с процессами, протекавшими при прочих условиях, без воздействия МП [3];

ж) если до воздействия МП отложения солей в подъемных трубах представляли камнеобразную трудноразрушаемую массу, то при обработ-

ке потока МП образующиеся на стенках осадки представляют легкоразрушаемую массу. Так, например, химический состав отложений без воздействия (по скв.1697) представлял смесь $CaCO_3$, $MgCO_3$, SiO_2 и др. компонентов соответственно 90,98%; 3,38% и 2,04%. Компонентный состав легкоразрушаемой массы, образующейся в МП, соответственно составлял до 93,20%; 1,5 и 0,9% тех же компонентов (табл.5).

в) температура потока жидкости в условиях нефтяных скважин существенно не влияет на характер воздействия МП устройства МУПС.

4.14. Влияние воздействия МП на отложения солей при эксплуатации нефтяных скважин обусловливается следующим: в результате постепенного распада бикарбонатных ионов HCO_3^-, увеличивается концентрация карбонат-ионов CO_3^{2-} и выделяется свободный углекислый газ CO_2. Увеличение концентрации карбонатных ионов (анионов), наличие в воде кальция и магния (катионов) способствуют образованию на внутренних поверхностях труб солей $CaCO_3$ и $MgCO_3$, т.е. при изменении структуры, возникают центры кристаллизации (зародыши), которые постепенно укрупняются, превращаясь в твердые отложения углекислых солей кальция и магния.

Схема процесса кристаллизации в подъемных трубах при изменении термодинамического равновесия имеет вид:

$$\underset{\text{раствор}}{CaCO_3} \rightleftharpoons \underset{\text{пересыщенный раствор}}{CaCO_3} \rightleftharpoons \underset{\text{зародыш микрокристаллизации}}{CaCO_3} \rightleftharpoons \underset{\text{кристалл}}{CaCO_3}$$

Под действием МП уменьшается скорость кристаллизации, т.е. увеличивается время роста кристаллов, в результате чего зародыши образовавшихся микрокристаллов возникают и растут в объеме жидкости а не на стенках подъемных труб нефтяных скважин, и выносятся потоком смеси в виде рыхлого шлама на поверхность [6].

Таблица 4

Пробы солей из труб	Состав выпадающей соли, %						
	$NaCl$	Na_2SO_4	$MgCl_2$	$CaCl_2$	$CaCO_3$	Fe_2O_3	SiO_2
До магнитной обработки	95,64	0,75	I,07	I,25	0,20	0,96	0,I3
После магнитной обработки	96,00	I,08	I,20	0,9[illegible]	0,32	0,38	0,06

Таблица 5

Пробы солей из труб	Номера скважин	Состав выпадающей соли, %					Сумма углекислых солей
		$CaCO_3$	$MgCO_3$	$CaSO_4$	Fe_2O_3	SiO_2	
Без магнитной обработки	I84	93,56	3,78	0,70	I,60	0,36	97,34
	I697	90,98	3,38	I,80	I,80	2,04	94,3I
	II46	88,72	3,98	3,75	2,54	I,0I	92,70
	522	85,I5	6,89	I,92	4,80	I,24	92,04
	633	89,93	3,I2	2,87	2,60	I,48	93,05
С магнитной обработкой	I84	94,05	2,82	0,55	2,I8	0,40	96,87
	I697	93,20	I,50	2,20	2,20	0,90	94,70
	II46	89,03	2,73	3,80	3,20	I,24	9I,76
	522	86,I2	7,02	I,07	5,20	0,59	93,I4
	633	90,I5	2,92	3,II	2,80	I,C[illegible]	93,25

4.I5. Для установления наличия или отсутствия связи между напряженностью МП и количеством солеотложения был проведен корреляцион-

ный анализ на основании обработки результатов экспериментальных исследований, проведенных в скв. 522, II46, I697, 2772. Установлено, что полученное значение коэффициента корреляции достаточно высоко (-0,72), что указывает на наличие связи между напряженностью МП и количеством солеотложения. Напряженность МУПС порядка $(5,2 \div 5,6) \cdot 10^4$ А/м является предельным значением для предотвращения солей в трубах нефтяных скважин (см. рис.7).

4.I6. Промышленные испытания МУПС в нефтяных скважинах показали, что отложение солей в компрессорных скважинах снизилось на 60-95%, а в скважинах, эксплуатирующихся штанговыми глубинными насосами - в среднем на 80%. Число скважин, в которых проводилось промышленное внедрение МУПС, доведено до 92.

4.I7. В зависимости от физико-химических характеристик пластовых вод МУПС может быть рекомендован для борьбы с отложениями солей в нефтяных скважинах с обводненностью добываемой жидкости до 96%, минерализацией пластовой воды до I60 г/л, величиной pH=8,5. При этом место установки МУПС определяется с учетом начала отложения солей при различных способах эксплуатации.

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРИМЕНЕНИЯ МУПС В СОЛЕОБРАЗУЮЩИХ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИНАХ

5.I. Эффективность применения МУПСов установлена путем сопоставления результатов обработки жидкости в одних и тех же скважинах с их помощью и с помощью химического реагента - гексаметафосфата натрия (ГМФН).

5.2. Результаты сравнительного анализа применения в течение года каждого из этих методов приведены в таблице 6.

5.3. Фактическая экономия, подсчитанная согласно существующим

методом от применения МУПС в расчете на один скважино-год эксплуатации составила 1186 рублей.

Таблица 6

Показатели	Методы обработки солеобразующих скважин	
	применение МУПС	использование ГМФН
Количество НКТ, выбывших из эксплуатации в связи с отложением солей, м/скв.год.	410	1956
Фактический срок службы лифта, годы	3,6	0,9
Межремонтный период скважин, связанный с выпадением солей, скв. сут.	71	43
Количество подземных ремонтов скважин, ремонт/скв. год.	7	12
Число смен глубинных насосов	6	11
Число операций кислотных обработок подъемных труб	-	5
Число операций кислотных обработок выкидных линий	6	13

6. ПОДБОР РАЗМЕРОВ ЭЛЕМЕНТОВ МУПСа

6.1. МУПС для нефтяных скважин, в отличие от таковых для энергетических установок, работают в высокоминерализованной среде нефть-газ-вода, спускаются на большие глубины и находятся в потоке жидкости с различными линейными скоростями.

6.2. При конструировании МУПС для нефтяных скважин его диаметр и длина обуславливаются размерами эксплуатационных колонн и подъемных труб и скоростью омывающего его потока нефтегазоводяной смеси.

6.3. Одним из основных факторов, влияющих на магнитную обработку жидкости, является скорость газожидкостной смеси, проходящей через магнитное устройство. Обычно в нефтяных скважинах по стволу движется газожидкостная смесь. Когда последняя принимает квазигомогенную фазу при изотермическом процессе скорость смеси определяется следующим образом:

$$V_{см} = \frac{Q_{ж}}{\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)}\left[1 + \frac{\Gamma P_0}{P_у + P_0 + \frac{\ell_0}{\ell}(P_{раб} - P_у)}\right]. \qquad (4)$$

где $V_{см}$ – скорость газожидкостной смеси, м/с;

$Q_{ж}$ – производительность скважины, м^3/сут;

Γ – удельный расход воздуха с учетом газового фактора, м^3/м^3;

$P_{раб}$ – рабочее давление, (кГс/см^2) мПа;

$P_0, P_у$ – атмосферное и устьевое давление, мПа (кГс/см^2);

ℓ, ℓ_0 – длина подъемных труб и глубина спуска устройства МУПС, м;

$\mathcal{D}, d$ - внутренний диаметр подъемных труб (в мм) и наружный диаметр магнита устройства МУПС (в мм).

6.4. Зависимость для определения диаметра магнита устройства имеет следующий вид:

$$d = 1.27\left\{0.785\mathcal{D}^2 - \frac{Q_ж}{V_{см}}\left[1 + \frac{\Gamma P_0}{P_у + P_0 + \frac{P_0}{\ell}(P_{рад} - P_у)}\right]\right\}^{1/2}. \quad (5)$$

6.5. Для наибольшего сохранения магнитной энергии (во времени) длину магнитов, по сравнению с их диаметром, увеличивают в несколько раз. Практика показала, что в устройстве МУПС с числом магнитов от 4 до 10, длину их в условиях скважин можно принять $L_м = (1.5 \div 2)d$.

6.6. При двукратном пересечении потока жидкости каждым магнитным контуром необходимое число магнитов в устройстве определяется из выражения:

$$П_м = \frac{\Sigma\Phi}{\Phi_к \cdot \delta},$$

где $\Sigma\Phi$ - необходимый суммарный магнитный поток во всех контурах устройства МУПС с учетом состава и количества обрабатываемой жидкости, Вб;

$\Phi_к$ - магнитный поток одного контура, Вб;

δ - коэффициент биполярности (б=2).

6.7. Для подбора диаметра МУПС в различных условиях (скважины, выкидные линии и др.) по вышеприведенным формулам составлена номограмма (рис.10). При составлении номограммы был использован ряд значений $Q_ж$, $\mathcal{D}$, $P_{рад}$, $P_у$, P_0, Γ и др., часто встречающихся на практике.

6.8. Подбор диаметра магнита по предлагаемой номограмме производится следующим образом:

а) по заданному ℓ_0/ℓ и (Р раб - Ру) находим точку I, (см. ключ номограммы);

б) проведя горизонтальную линию от точки "I" до пересечения с Ру + Ро и опустив перпендикуляр на ось 0 - $P_и$, находим точку 2, выражающую давление на месте установки устройства МУПС, т.е.

$$\frac{\Gamma P_0}{P_y + P_0 + \frac{\ell_0}{\ell}(P_{раб} - P_y)};$$

в) соединив точку "2" с заданным значением Г, находим точку "3", далее, следуя по наклонным прямым, находим точку "3";

г) соединив точку "3" с заданным значением производительности скважин $Q_ж$ и опуская перпендикуляр к оси $Q_ж$-Q, находим точку "4";

д) найденную точку "4" соединяем с требуемым значением скорости на оси 0-$V_{см}$ и получаем точку "5";

е) для определения диаметра магнита проводим перпендикуляр из соответствующего значения диаметра эксплуатационной колонны на оси 0 - D в дюймах до пересечения с горизонталью, проведенной через точку "5" и находим точку "6", т.е. искомый диаметр МУПС.

6.9. Для наглядности приведем пример определения диаметра магнита, используя номограмму и исходные данные скв. 1697 НГДУ "Орджоникидзенефть" объединения "Азнефть": $Q_ж$ = 600 м^3/сут, подвеска 4" труб - ℓ = 1091 м, ℓ_0 = 300 м, P_y = 0,5 мПа, Рраб = 45 мПа, Г = 45 м^3/м^3.

При заданных значениях скорости и других устьевых параметров этой скважины из номограммы получаем диаметр магнитного устройства при $V_{см}$ = 4 м/с, d = 45 мм (см. пунктирные линии в номограмме на рис.10).

Таким образом, используя приведенные номограммы в промысловых условиях в зависимости от параметра работающих скважин можно подобрать один из параметров диаметра МУПС [7].

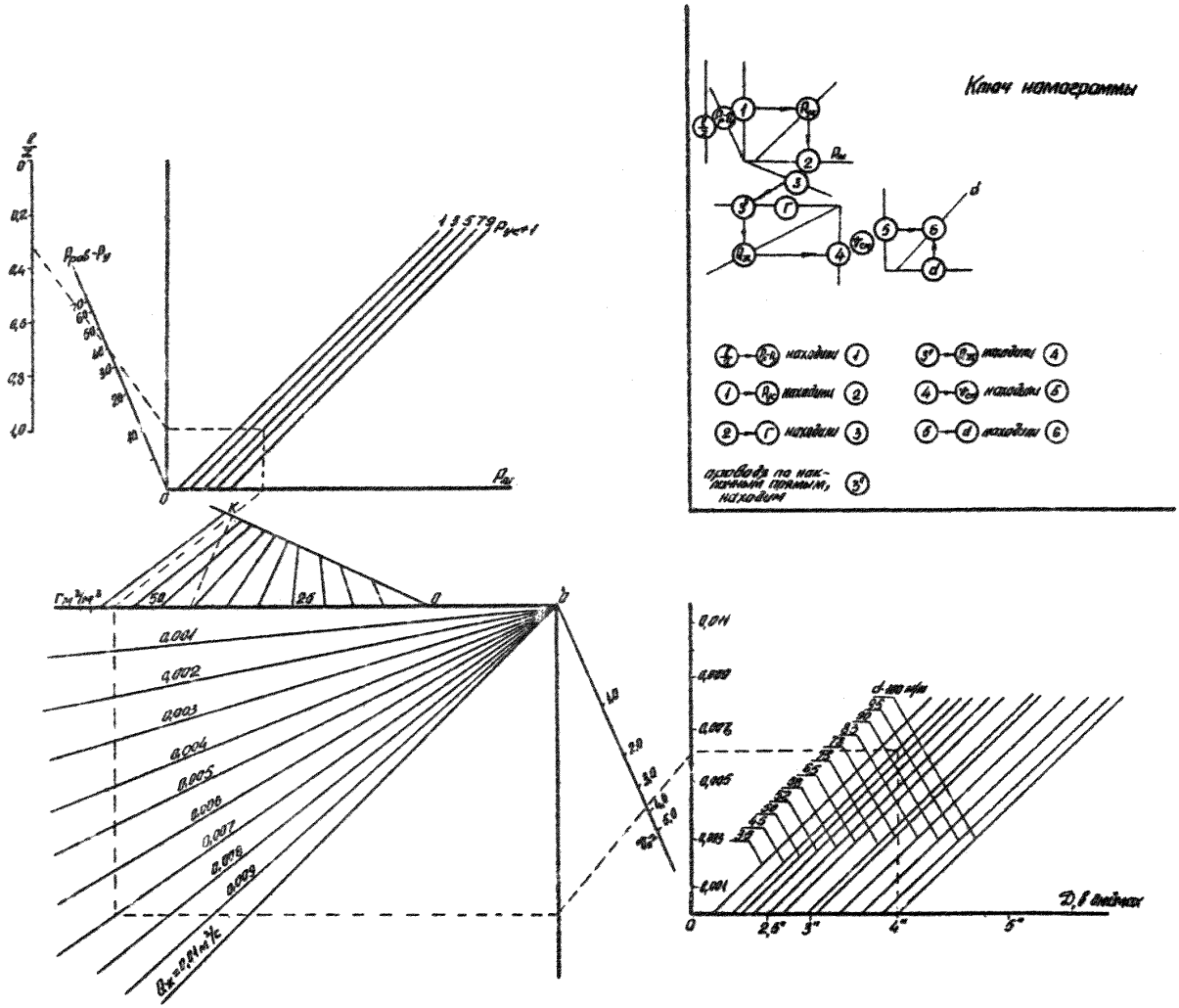

Рис.IO. Номограмма для выбора диаметра магнита МУПС

С О Д Е Р Ж А Н И Е

стр.

1. Общие положения 2
2. Особенности эксплуатации солеобразующих нефтяных скважин 3
3. Магнитное устройство против солеотложения МУПС-АзНИПИнефть 6
4. Исследование тормозящего действия магнитного поля на осаждение солей из пластовых вод нефтяных горизонтов 18
   лабораторные исследования 18
   промысловые исследования 24
5. Технико-экономические показатели применения МУПС в солеобразующих нефтяных скважинах 30
6. Подбор размеров элементов МУПСа 32

Р У К О В О Д С Т В О
по применению метода магнитной обработки нефтегазоводяной смеси "МУПС-АзНИПИнефть"
РД 39 - 3-597-81

Ответственный за выпуск Р.Т.КУЛИЕВ
Ведущий редактор К.Ю.ФАЙДЕР
Технический редактор И.И.ЧЕРНОМЫРДИНА
Корректор Л.Е.ЖЕЛТАРИЯ

Формат бумаги 60/90 1/16 Подписано к печати 14.12.81г.
ФГ 33813 П.л. 2 Уч.изд.л. 1,5+ Вкл. Зак. 535 Т.300
Цена 7 коп.

Группа многотитульных машин АзНИПИнефти 370055, Баку, Аге-Нейматулла, 39

gost.e-ecolog.ru