

6  
А-60

И 36

**СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ  
НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО И НЕФТЕМЕХАНИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТОВ  
АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
ИНСТИТУТА НЕФТИ И ХИМИИ ИМ. М. АЗИЗБЕКОВА**

---

На правах рукописи

Инженер **Б. Б. ГУЛИЕВ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ  
ДВУХФАЗНОЙ ПЕНЫ И ПРИМЕНЕНИЕ ЕЕ  
ПРИ ПРОМЫВКЕ ПЕСЧАНЫХ ПРОБОК**

(315 — Разработка и эксплуатация нефтяных,  
газовых и газоконденсатных месторождений)

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации, представленной на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Баку — 1970

СОВЕТ ПО ПРИСУЖДЕНИЮ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ НЕФТЕПРОМЫСЛОВОГО  
И НЕФТЕМЕХАНИЧЕСКОГО ФАКУЛЬТЕТОВ АЗЕРБАЙДЖАНСКОГО ОРДЕНА  
ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ИНСТИТУТА НЕФТИ И ХИМИИ  
ИМ. М. АЗИЗБЕКОВА

---

На правах рукописи

Б. Б. ГУЛИЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВ ДВУХФАЗНОЙ ПЕНЫ  
И ПРИМЕНЕНИЕ ЕЁ ПРИ ПРОМЫВКЕ ПЕСЧАНЫХ ПРОБОК

(315 - Разработка и эксплуатация нефтяных,  
газовых и газоконденсатных месторождений)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т  
диссертации, представленной на соискание  
ученой степени кандидата технических наук

Б в к у - 1970



Намеченный партией и правительством план развития народного хозяйства СССР требует дальнейшего увеличения добычи нефти и газа на новых месторождениях и стабилизации её на старых нефтяных площадях страны.

На месторождениях, где пласты сложены из слабосцементированных песков, добыча нефти и газа сопровождается обильным пескопроявлением и образованием песчаных пробок в скважинах. Несмотря на применение различных методов борьбы с пробкообразованием, на ликвидацию песчаных пробок затрачивается еще много средств и времени. На нефтяных промыслах Азербайджана на промывку песчаных пробок уходит 50-55% всего баланса времени подземного ремонта скважин. Поэтому, наряду с мероприятиями, направленными на предотвращение пробкообразования, большое народнохозяйственное значение имеет совершенствование способа промывки песчаных пробок. Промывка песчаных пробок с применением воды отрицательно влияет на состояние призабойной зоны, особенно при низких пластовых давлениях. Вода, проникая в нефтяной коллектор, разрушает призабойную зону, снижает фазовую проницаемость для нефти и при наличии набухающих глин способствует проявлению начального градиента давления. Поэтому радикальным путем ликвидации песчаных пробок может явиться промывка их пенами. При этом в значительной степени предотвращаются недостатки, свойственные существующим методам.

В отличие от других жидкостей при промывке пеной возможно регулировать забойное давление в широком диапазоне. Благодаря свойствам пены предотвращается поглощение её призабойной

зоной и создаются благоприятные условия для выноса твёрдых частиц на дневную поверхность.

Теоретические и лабораторные исследования, а также первые промышленные испытания свидетельствуют о том, что пены могут быть успешно применены при вскрытии пластов с вязкими пластическими давлениями.

В этой связи в диссертации рассмотрены вопросы, связанные с исследованием некоторых свойств двухфазной пены, и результаты промышленного применения её при промывке песчаных пробок.

Работа состоит из введения, трёх глав и выводов.

Во введении даётся состояние рассматриваемого вопроса и обоснование постановки темы.

В первой главе приводится краткий обзор и критический анализ известных автору литературных источников, посвященных применению пены в нефтедобыче.

Во второй главе исследуются некоторые гидравлические свойства предложенной автором двухфазной пены.

Первый параграф включает результаты лабораторных исследований по выбору пенообразователя для морской воды. Необходимость этих исследований вызвана тем, что почти все нефтепромыслы Азербайджана при промывке песчаных пробок в основном используют морскую воду.

Исследования с применением в качестве пенообразователей сульфанола, ДС-Рас и ПО-Г<sup>ж</sup>) проводились в дистиллированной, морской и сточной водах.

На основе проведенных исследований в качестве лучшего пенообразователя для морской воды рекомендуется ПО-Г с оптимальной концентрацией в пределах 0,5-0,6%. Поэтому в дальнейшем исследованы в основном свойства этой пены с целью успешного внедрения её при промывке.

Во втором параграфе изложены результаты исследования структурно-механических свойств двухфазной пены. Опыты, проведенные на капиллярном вискозиметре, показали, что для двухфазной пены с заданным воздуходержанием кривые течения прямолинейны и отсекают некоторый отрезок на оси давлений. Показано, что при одинаковых условиях приготовления пены

ж) ПО-Г выпускается Бакинским нефтеперерабатывающим заводом им. XII съезда КПСС.

с увеличением концентрации пенообразователя воздуходержание существенно увеличивается, а также значительно растут предельное напряжение сдвига  $\tau$ , и структурная вязкость  $M$ .

Третий параграф посвящён исследованию влияния некоторых факторов на свойства двухфазной пены.

С целью оценки влияния песчано-глинистых частиц на свойства двухфазной пены исследование проводилось с добавкой глины. Найдено, что при этом кратность  $K$  пены практически не меняется, тогда как стабильность  $S$  её заметно повышается. Так, если при 0,5%-ной концентрации ПО-Г стабильность полученной пены в морской воде равна 5, то при добавке к ней 2% глины стабильность повышается до 15. При добавлении глины значения предельного напряжения сдвига и структурной вязкости двухфазной пены также увеличиваются. С повышением температуры указанные выше свойства двухфазной пены снижаются; с увеличением давления кратность пены уменьшается, а стабильность её увеличивается. При этом до определённого значения давления величины предельного напряжения сдвига и структурной вязкости растут, а затем снижаются.

Для исследования влияния воздуходержания на основные показатели двухфазной пены собрана установка, позволяющая получить двухфазную пену с различным воздуходержанием. Показано, что при постоянной концентрации пенообразователя с увеличением воздуходержания стабильность, предельное напряжение сдвига и структурная вязкость пены увеличиваются, а после определённых значений воздуходержания - несколько снижаются. Наибольшие значения  $S$ ,  $\tau$ ,  $M$  получаются при определённых значениях воздуходержания. Причём максимальные значения  $S$ ,  $\tau$ ,  $M$  тем выше, чем больше содержание пенообразователя. Для практических целей рекомендуется применение исследованной двухфазной пены при соответствующих значениях воздуходержания.

Четвёртый параграф посвящён исследованию гидравлических сопротивлений при движении двухфазной пены. Для вычисления зависимости коэффициента гидравлических сопротивлений  $\lambda$  от обобщённого параметра Рейнольдса  $Re^*$  результаты лабораторных исследований двухфазной пены были обработаны и представлены

на графике в логарифмических координатах.

Результаты обработки зависимости  $\lambda = \lambda(Re^*)$  показали, что для определения коэффициента гидравлических сопротивлений при структурном режиме можно пользоваться выражением, получаемым из формулы Букингама

$$\lambda = \frac{64}{Re^*};$$

$$Re^* = \frac{Vd\gamma}{mg\left(1 + \frac{\rho_0 d}{6mV}\right)},$$

где  $V$  — средняя скорость;  $d$  — диаметр трубы;  $\gamma$  — удельный вес пены.

Опыты показали, что при сравнительно больших значениях средней скорости (порядка 2,6 м/сек) турбулентный режим движения в трубе не наблюдается.

В пятом параграфе исследуются упругие свойства двухфазной пены.

Исследования проводились на полупромышленной экспериментальной установке в следующей последовательности: пробоотборник объемом 580 см<sup>3</sup> под определенным давлением заполняли пеной, а затем определяли её удельный вес. Исследование показывает, что удельный вес пены с повышением давления увеличивается, а с увеличением степени аэрации, при прочих равных условиях, снижается. Причём вначале происходит резкое увеличение удельного веса, а затем темп повышения уменьшается. Так, например, при степени аэрации 40 с увеличением давления от 5 до 35 ат удельный вес пены повышается с 0,11 до 0,30 г/см<sup>3</sup>, а при давлении 65 ат величина его составляет 0,36 г/см<sup>3</sup>. Такая же закономерность наблюдается и при других степенях аэрации.

Расчёты показывают, что с увеличением давления коэффициент сжимаемости снижается, причём до 25–30 ат происходит резкое снижение, а затем темп снижения замедляется. С увеличением степени аэрации коэффициент сжимаемости растёт; при степени аэрации 40 и давлении 20 ат величина его составляет 0,065 1/ат, при давлении 65 ат — 0,038 1/ат. При степени

аэрации 80 и тех же давлениях этот параметр соответственно составляет 0,079 и 0,058 1/ат. При прочих равных условиях с увеличением давления модуль объёмной упругости пены растёт, а с увеличением степени аэрации уменьшается: при степени аэрации 40 и давлении 20 ат модуль объёмной упругости пены составляет 15,0 кг/см<sup>2</sup>, при давлении 65 ат — 27 кг/см<sup>2</sup>, при степени аэрации 80 и указанных давлениях он равен соответственно 13,0 и 17,0 кг/см<sup>2</sup>.

Расчётами показано, что статическое давление по стволу скважины, заполненной двухфазной пеной, значительно меньше, чем при заполнении её водой. При увеличении степени аэрации статическое давление существенно снижается.

Найдена зависимость между расходным и объёмным воздухо-содержанием. С увеличением расходного воздухо-содержания объёмное воздухо-содержание пены увеличивается. Отмечено, что при расчёте потерь давления двухфазной пены может быть применена как однородная модель, так и модель со скольжением фаз.

В шестом параграфе приводятся результаты исследования по определению глубины проникновения двухфазной пены в призабойную зону скважин.

Практика промывки песчаных пробок пенами показывает, что при этом в некоторых случаях забойное давление может превосходить пластовое. В связи с создавшимся перепадом давлений некоторое количество пены будет уходить в пласты. Глубина проникновения пены в призабойную зону скважины определялась на основе экспериментальных данных по фильтрации пены в пористой среде. Эксперименты проводились в кернодержателе длиной 800 мм и внутренним диаметром 30 мм, заполненном очищенным кварцевым песком с последующей трамбовкой на вибрационной установке. Воздухопроницаемость изготовленных пористых сред составляла 18; 26; 39; 80; 111 и 133 дарси, пористость образцов изменялась в пределах 0,36–0,38. Эксперименты показали, что при малых значениях перепада давлений (до 2 ат) процесс фильтрации пены происходит медленно (пена появляется в конце колонки через 8 часов); при сравнительно малых значениях проницаемости (18 дарси) фильтрация пены отсутствует даже при перепаде давления 25 ат.

Специальные опыты подтвердили отсутствие затухания процесса фильтрации во времени.

Обработка экспериментальных данных показала, что проникновение пены в пласты незначительно. Например, при проницаемости 0,5 дарси и перепаде давления 50 ат глубина проникновения пены в пласт составляет 44 см. Возможно, что в условиях малопроницаемых пластов и низких перепадов давлений пена практически не будет проникать в пласт.

Таким образом, при промывке песчаных пробок двухфазной пеной давление на забое скважины может превышать пластовое и на величину, равную давлению, необходимому для преодоления предельного напряжения сдвига двухфазной пены.

Седьмой параграф посвящён изучению процесса взвешивания зернистого материала двухфазной пеной. Для сравнительной оценки способности пен переводить твёрдые частицы во взвешенное состояние проведены специальные исследования, причём пены как циркулирующие жидкости сравнивались с водой. Был изучен процесс взвешивания для одиночной частицы (определены скорости свободного падения цементных шариков в различных средах). Исследования показали, что скорость осаждения твёрдых частиц в пене при прочих равных условиях в несколько раз меньше, чем в воде. С увеличением концентрации пенообразователя скорость свободного осаждения твёрдых частиц уменьшается.

Следующим этапом экспериментальных работ явилось изучение процесса взвешивания твёрдых частиц различных фракций в восходящем потоке двухфазной пены. Эксперименты проводились в стеклянных трубках длиной 193 см, диаметром 3,4 и 7,7 см.

Опыты показали, что при небольших скоростях восходящего потока двухфазной пены (порядка 1,5 см/сек) частицы диаметром до 3,8 мм поднимались вверх в виде поршня примерно до середины трубки, где "поршень" разрушался и частицы выносились на поверхность. При скоростях 4,5 см/сек указанные частицы в виде поршня двигаются вверх и, не разрушаясь, выносятся на поверхность. При более крупных фракциях зернистого материала (4 и 10 мм) образование "поршня" не наблюдалось, а имел место процесс фильтрации пены и псевдооживление. Частицы песка поднимались до определенной высоты и затем оставались во взвешенном сос-

тоянии в восходящем потоке пены. Аналогичные опыты, проведённые с водой, показали, что в этом случае происходит лишь процесс фильтрации.

Анализом фракционного состава частиц, отобранных при промывке песчаных пробок, установлено, что пенами все фракции песка выносятся на поверхность. При промывке песчаной пробки водой выносятся на поверхность в основном мелкие частицы, а крупные, вероятно, приводятся в псевдооживленное состояние. Отмеченное еще раз было подтверждено на основе анализа промышленных данных по замеру забоя скважины после промывки.

В третьей главе дан анализ результатов промышленного применения предложенной двухфазной пены при промывке песчаных пробок.

В первом параграфе на основе исследований, изложенных во второй главе, предлагается расчетная схема (гомогенная модель) для определения гидравлических потерь и распределения давления по стволу скважины. Полученные результаты необходимы для выбора правильной технологии промывки песчаной пробки пеной. Рассматривается движение двухфазной пены в промывочных трубах и в затрубном пространстве с учётом изменения её физико-механических констант при изотермических условиях.

Для исследования движения двухфазной пены в качестве исходного уравнения использовано выражение

$$dp = \gamma dx + dp_2 + dp_3 ;$$

где  $\gamma$  — удельный вес пены;

$P_2$  — потери давления на трение;

$P_3$  — потери давления на ускорение.

Небольшая величина инерционных сил при течении квазигомогенной вязкой нефти в трубах позволяет пренебречь этими силами и при течении двухфазной пены, т.е. принять  $P_3 = 0$ .

Потери давления на трение для двухфазной пены определены по формуле Дарси-Вейсбаха.

При структурном режиме течения в трубах коэффициент гидравлического сопротивления определен по формуле, предложенной для вязко-пластичной жидкости, в частности, для глинистого и цементного растворов. При турбулентном режиме движения пены в

трубах на основе расчётов, приведенных в четвёртом параграфе второй главы, можно принять  $\lambda < 0,02$ . Отмеченное подтверждается опытными данными, полученными В.А.Аминым с сотрудниками.

Для определения гидравлических сопротивлений в затрубном пространстве принята формула, предложенная А.А.Мовсумовым.

Анализ промысловых данных показал, что при сравнительно больших скоростях в затрубном пространстве имеет место структурный режим движения.

Оценено влияние различных факторов на распределение давления в затрубном пространстве. Получено, что: 1) при расчетах распределения давления в затрубном пространстве можно использовать средние значения предельного напряжения сдвига и структурной вязкости; 2) изменение расхода воды в довольно широких пределах (от 1 до 9 л/сек) практически не сказывается на распределении давления в затрубном пространстве; 3) изменение степени аэрации пены оказывает существенное влияние на распределение давления в затрубном пространстве.

Отмеченное находится в полном соответствии с результатами стендовых испытаний, проведённых В.А.Аминым с сотрудниками.

Таким образом, регулирование изменения давления в затрубном пространстве может быть осуществлено путём изменения степени аэрации, структурной вязкости и предельного напряжения сдвига пены.

Во втором параграфе описываются процесс подготовки скважины и технология промывки песчаной пробки двухфазной пеной.

При исследовании двухфазной пены последовательность операций по подготовке скважины к проведению промывки песчаной пробки сохраняется такой же, как и при промывке водой. После извлечения глубинного насоса из скважины определяют мощность образовавшейся песчаной пробки. Наземное оборудование, необходимое для промывки двухфазной пеной, проверяется и подготавливается к работе. Спускают трубы до глубины на 10-15 м выше песчаной пробки и агрегатом АЗИНМАШ-35 восстанавливают циркуляцию воды. После этого осуществляется подача воздуха в смеситель из воздухораспределительной будки или же из передвижного компрессора УПК-80. Одновременно с постепенной аэрацией воды производят наращивание промывочных труб.

Этот процесс производится таким образом, чтобы при достижении глубины на 15-20 м выше верхних отверстий фильтра давление промывочной жидкости на забой скважины было примерно равным пластовому. При достижении необходимой степени аэрации приступают к дозировке пенообразователя. После получения в трубном и затрубном пространстве двухфазной пены приступают к вскрытию фильтровой зоны пеной.

После полного выноса размытой пробки необходимо закачать в скважину определенное количество водного раствора ПАВ или же снизить степень аэрации для восстановления статического уровня. В противном случае после прекращения процесса промывки, вследствие упругих свойств пены, забойное давление может снизиться, в результате чего начнётся поступление песка из призабойной зоны в скважину.

В третьем параграфе излагается опыт промышленного применения двухфазной пены при промывке песчаных пробок. Промышленное внедрение предложенной пены проводилось на промыслах НПУ "Азизбековнефть" (на площади Бузовны), где коллекторы сложены из слабосцементированных пород.

Первые опыты по промывке песчаных пробок аэрированной жидкостью с добавкой ПАВ были начаты в 1964 году. За период внедрения этого метода было проведено более 1000 промывок. Анализ результатов внедрения двухфазной пены с применением сульфанола показал небольшую его эффективность. Отмеченное может быть объяснено тем, что при малых добавках сульфанола к морской и промысловой сточной водам получается двухфазная пена сравнительно низкого качества. В связи с этим, начиная с 1968г., применяется пенообразователь ПО-1, который с морской, промысловой сточной, а также пресной водами даёт практически одинаковую по своим свойствам пену. В течение 1968-1969 г. на промыслах НПУ "Азизбековнефть" по 61 скважине произведено 128 промывок двухфазной пеной с применением пенообразователя ПО-1.

Анализ показал, что при соблюдении правильной технологии промывки достигается значительный эффект. При этом увеличивается межремонтный период и среднесуточный дебит нефти, а также сокращается время освоения после промывки. В случаях, когда нарушается технология промывки или же скважины, подбираемые

для этой цели, имеют дефект в эксплуатационной колонне, эффективность промывки резко снижается.

Нарушение технологии промывки происходит в основном из-за нехватки в воздухораспределительной будке сжатого воздуха для создания необходимой степени аэрации. Подача необходимого количества сжатого воздуха зачастую не представляется возможной из-за нарушения технологического режима работающих скважин. Кроме того, на вооружении нефтепромыслового управления отсутствуют передвижные компрессоры УПК-80, что также не позволяет осуществлять указанный метод при правильной технологии и в широком масштабе.

В четвертом параграфе приводится статистический анализ результатов промывки пробок двухфазной пеной. Для оценки эффективности результаты промывки пенами сравниваются с результатами промывок неаэрированной морской водой. Для анализа взяты скважины, где одновременно с промывками не было проведено никаких геолого-технических мероприятий. За критерий эффективности промывок пенами было принято увеличение межремонтного периода работы скважин, среднесуточного дебита нефти, а также уменьшение времени освоения после промывки.

Результаты статистической обработки данных по промывкам пеной и морской водой приведены в таблице.

Показатели промывки	Промывка пеной	Промывка морской водой
1. Межремонтный период, сутки	48	24
2. Среднесуточный дебит, т	2,1	1,6
3. Время освоения, сутки	3	5

В пятом параграфе приводятся данные об экономической эффективности промывок двухфазными пенами. Установлено, что в среднем на одну промывку получено около 700 руб. экономии.

## ВЫВОДЫ

1. Показано, что лучшим пенообразователем для морской и промышленной сточной вод является ПО-1, который при сравнительно малых добавках к водовоздушной смеси даёт высокостабильную двухфазную пену. Добавление глинистых частиц к пене способствует увеличению её стабильности. При этом кратность пены почти не меняется. С увеличением температуры стабильность и кратность пены снижаются.

2. Вискозиметрическое исследование показало, что реологические кривые течения двухфазной пены могут быть аппроксимированы моделью вязко-пластичной жидкости. Показано, что аппроксимационные константы указанной модели уменьшаются с увеличением температуры и увеличиваются при малых добавках песчано-глинистых частиц.

3. Сконструирован специальный капиллярный вискозиметр для определения свойств пены при различных воздухосодержаниях. Найдено, что : а) стабильность двухфазной пены при заданной концентрации пенообразователя с увеличением воздухосодержания увеличивается до определенного значения, а затем снижается, т.е. наибольшая стабильность получается при определенных значениях воздухосодержания. Причем наибольшая стабильность и соответствующее этому воздухосодержание пены тем больше, чем больше концентрация пенообразователя; б) с увеличением концентрации пенообразователя предельное напряжение сдвига и структурная вязкость растут и при прочих равных условиях до некоторого значения воздухосодержания  $\tau_0$  и  $\mu$  повышаются, а затем снижаются; в) коэффициент гидравлического сопротивления может быть определен по формуле:  $\lambda = 64/Re^*$

4. На полупромышленной экспериментальной установке исследованы упругие свойства двухфазной пены. Показано, что: а) удельный вес пены с увеличением давления, как и следовало ожидать, увеличивается, а с ростом степени аэрации, при прочих равных условиях, снижается ; б) с увеличением давления коэффициент сжимаемости двухфазной пены уменьшается и, следовательно, модуль объемной упругости её увеличивается. Повышение степени аэрации приводит к росту коэффициента сжимаемости



и снижению модуля объемной упругости; в) с увеличением давления до 20 ат кратность пены резко уменьшается. Дальнейшее увеличение давления не приводит к существенному снижению кратности; г) стабильность пены с повышением давления значительно растет и измеряется несколькими десятками часов.

5. Экспериментально изучен процесс фильтрации двухфазной пены. Показана применимость обобщенного закона Дарси и закона фильтрации, соответствующих модифицированной модели Кессона. Определены аппроксимационные константы рассмотренных моделей. На основе анализа опытных данных найдено, что даже при значительных перепадах давлений проникновение двухфазной пены в пласт при промывке скважин может не наблюдаться. Поэтому в процессе промывки песчаной пробки двухфазной пеной давление на забое скважины может превышать пластовое и на величину, равную давлению, необходимому для преодоления предельного напряжения сдвига.

6. Проведенные экспериментальные исследования по определению свободного осаждения твердых частиц в воде показали, что скорость свободного осаждения твердых частиц в пене, при прочих равных условиях, в 3-5 раз меньше, чем в воде. Частицы диаметром меньше 3-4 мм в пене практически неподвижны.

7. Проведены опыты по исследованию процесса взвешивания зернистого материала двухфазной пеной. Показано, что при сравнительно малых скоростях происходит вынос зернистых частиц. Отмеченное подтверждено результатами анализа промысловых данных по промывкам песчаных пробок двухфазной пеной.

8. Разработана и внедрена технология промывки песчаных пробок двухфазной пеной. Рекомендована методика выбора степени аэрации в зависимости от пластового давления и глубины скважины.

9. Статистическим анализом промысловых данных показано, что средневзвешенные значения межремонтных периодов, среднесуточных дебитов нефти и времени освоения соответственно составляют: при промывке песчаной пробки водой 24,0 суток; 1,6 т; 5 суток, а пеной - 48,0 суток; 2,1 т и 3 суток.

10. Расчет экономической эффективности показал, что применение двухфазной пены при промывке песчаных пробок на промыслах НПУ "Азизбековнефть" дало возможность получить экономию в размере примерно 700 руб. на одну промывку.

Работа изложена на 117 страницах машинописи, содержит 49 фигур и 22 таблицы. Перечень использованной литературы включает 81 наименование.

Основное содержание диссертационной работы опубликовано в статьях:

1. Некоторые вопросы исследования двухфазной пены в морской воде и применение её для промывки песчаных пробок. "Нефтепромысловое дело", № 8, 1968 (соавторы Оганов С.С. и Али-заде Ф.Г.).
2. Исследование качества двухфазной пены. "Нефтепромысловое дело", № 9, 1968 (соавторы Быкова Т.И., Мехтиев К.Г., Оганов С.С. и Столяров А.Д.).
3. Вторичное вскрытие пласта пеной, Тематические научно-технические обзоры, ВНИОЭНГ, 1969 (соавторы Оганов С.С. и Мехтиев К.Г.).
4. Анализ результатов промывки скважин аэрированной жидкостью с добавкой ПАВ на промыслах НПУ "Азизбековнефть", "Нефтепромысловое дело" № 5, 1969.
5. Исследование псевдоожижения зернистого материала в восходящем потоке двухфазной пены. "Нефтепромысловое дело", № 8, 1970 (соавтор Мехтиев К.Г.).
6. Об исследовании фильтрации двухфазной пены. "Нефтепромысловое дело", № 9, 1970. (соавторы Гурбанов Р.С., Мехтиев К.Г., Керимов Р.Г.).

---

ФГ 00805 Подписано к печати 2 XII-1970 г. Заказ 1000 Тираж 200  
Печ. лист 1,0 Типография АЗИНЕФТЕХИМА им. М. Азизбекова  
Баку-ГСП, проспект Ленина, 20