

214

Министерство образования и науки Российской Федерации
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»
Кафедра «Бурения нефтяных и газовых скважин»

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
«Химия тампонажных и буровых растворов»

Предназначено для студентов 2 курса направления 130504 «Нефтегазовое дело» специальности 13050465 "Бурение нефтяных и газовых скважин".

Приведены общие правила работы в химической лаборатории, ведения лабораторного журнала, обработки результатов экспериментов, описаны методики выполнения предусмотренных по курсу лабораторных работ, а также методики лабораторных исследований, необходимых при выполнении специальных тем дипломных и курсовых проектов по дисциплинам "Промывка скважин и промывочные жидкости", "Заканчивание скважин".

Составители: Агзамов Ф.А., проф., д-р техн. наук

Комлева С.Ф., доц., канд. техн. наук

Токунова Э.Ф., канд. хим. наук

Мухина Л.М., инженер

Рецензент Нигматуллина А.Г., нач. отдела ОАО «Азимут», канд. техн. наук

ВВЕДЕНИЕ

Внедрение в процесс бурения все более новых реагентов: полимеров, поверхностно-активных веществ, смазочных материалов, а также необходимость выявления новых граней традиционных глинистых растворов в связи с освоением больших глубин, появление новых технологий регулирования дисперсности и физико-химических свойств буровых растворов, изобретение и внедрение безглинистых промывочных жидкостей требуют от инженера-буровика знаний и навыков по физической и коллоидной химии, освоения физико-химических методов исследований растворов, эмульсий, коллоидных систем.

Особое внимание уделено изучению вопросов взаимодействия глин с водными растворами: то с точки зрения сохранения устойчивости стенок скважин, то с точки зрения очистки бурового раствора от выбуренной глины.

Должное место отведено изучению влияния различных веществ на свойства воды как основной дисперсионной среды буровых растворов.

Плодотворность лабораторных занятий существенно зависит от рациональной организации рабочего места, правильного ведения наблюдений и умения обработать полученные результаты.

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1 Правила работы в химической лаборатории

Работа в химической лаборатории требует ответственного и осведомленного поведения. В противном случае не исключена возможность аварий и несчастных случаев, для предотвращения которых необходимо соблюдать правила работы в лаборатории.

1.1 Каждый студент должен знать, где находятся распределительные газовые и водопроводные краны, аптечка, средства тушения огня.

1.2 В лаборатории запрещается принимать пищу и курить.

1.3 Порядок и чистота на рабочем месте не только повышают безопасность работы, но являются также предпосылкой для успешного ее проведения. Проводить эксперименты можно лишь тогда, когда в лаборатории находятся, по крайней мере, два человека, и имеется официальное разрешение на работу. Практическую работу можно начинать после тщательного изучения методики. Работать можно только с исправными приборами.

1.4 Для хранения химических веществ нужно применять только стандартные лабораторные сосуды. Необходимо делать отчетливые и прочные надписи на склянках. Запрещается использовать вещества, находящиеся в склянках без этикеток.

1.5 Небрежное обращение с кислотами или щелочами может привести к несчастному случаю, причем преимущественно к повреждению глаз, кожи рук и лица, слизистых оболочек носа, горла и органов дыхания. Для защиты глаз надевают специальные очки. Отбирать пипеткой едкие и ядовитые жидкости ртом запрещается. Для этого пипетки снабжают всасывающими устройствами.

При разбавлении концентрированных кислот надо вливать кислоту в воду, а не наоборот.

1.6 Опыты с едкими, ядовитыми или дурно пахнущими веществами следует проводить только в вытяжном шкафу.

1.7 Особой осторожности требует работа с ядами (синильной кислотой и

ее солями, мышьяком, ртутью и их соединениями, белым фосфором). Остатки, содержащие яды, нельзя бросать в раковины или корзины, а следует обезвреживать химическими путями или уничтожать сжиганием. После окончания опытов нужно вымыть руки с мылом.

1.8 Различные газы и пары (эфир, сероуглерод, водород, ацетилен, сероводород, углеводороды и др.) образуют с воздухом взрывчатые смеси. Воспламенение этих смесей может привести к тяжелым последствиям. Перед зажиганием горючих газов и паров всегда нужно проводить пробу на гремучий газ. Необходимо следить, чтобы аппаратура и источник газа были герметичны.

1.9 Осторожность нужна при обращении с такими самовоспламеняющимися веществами, как белый фосфор, щелочные металлы, некоторые тонкоизмельченные металлы.

1.10 При неправильном обращении со стеклянными приборами могут быть поранены руки. Стеклянные трубки, палочки, термометры надо смазывать водой или глицерином и вставлять в цанги и пробки, вращая их при слабом нажатии. Пробки при этом следует обертывать полотенцем.

1.11 По окончании работы нужно привести в порядок рабочее место, закрыть все газовые и водопроводные краны, выключить электроприборы и сообщить лаборанту об этом.

1.12 На время занятий назначается дежурный, который следит за порядком и чистотой в лаборатории, соблюдением студентами правил безопасности.

2 Указания по ведению лабораторного журнала

Ход выполнения и результаты каждой экспериментальной работы подробно и тщательно записывают в лабораторном журнале. Для журнала наиболее подходит общая тетрадь в клеточку. На первом листе подписывают названия предмета, фамилию, имя, отчество студента, номер группы и курс. Страницы тетради нужно пронумеровать. Запрещается вести запись лабораторных работ на отдельных листках или в черновых тетрадях. Каждую

работу следует начинать с новой страницы. В первую очередь ставят дату, затем название. Обычно отчет о лабораторной работе состоит из краткой характеристики принципа выполнения и цели работы, описания и зарисовок приборов, предварительных расчетов. Затем описывают выполнение работы и результаты непосредственных наблюдений и измерений. Отчет заканчивают объяснением наблюдаемых явлений, составлением уравнений реакций, расчетной обработкой результатов, построением графиков, вычислением ошибок. В заключение приводят вывод и окончательный цифровой результат.

Работу защищают у преподавателя. Защита заключается в ответе на вопросы, связанные с принципом метода и практическим его осуществлением, сущностью наблюдаемых явлений и причинами отклонения полученных результатов от ожидаемых значений физико-химических величин. При выполнении экспериментальной работы не исключены неудачи в проведении отдельных опытов, получение ошибочных результатов. В этом случае приходится повторить весь эксперимент или какую-то его часть, разобравшись сначала в причине ошибки. При этом запрещается вырывать из журнала листы или вычеркивать какие-либо записи.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

«ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ГЛИН С РАСТВОРАМИ»

1 Основные понятия и теоретические представления

Известно, что потеря устойчивости глинистых пород может быть обусловлена:

- изменением напряженного состояния горной породы как результат углубления скважины;
- физико-химическим взаимодействием промывочной жидкости со стенками скважины.

При поддержании разности между горным и боковым давлением меньше первоначального предела прочности породы основную роль в разупрочнении

стенок скважины в процессе бурения можно отнести к физико-химическим процессам, суть которых заключается в изменении природы структурных связей и увеличении расстояния между частицами глины в результате протекания капиллярных, осмотических и сорбционных явлений.

Структурные связи между частицами - одна из важнейших структурных характеристик глинистых пород, которые в основном определяют величину и характер их прочностных и деформационных свойств. Согласно В.И.Осипову [1], в различные этапы диагенеза и литогенеза для глинистых частиц можно выделить структурные связи, обусловленные следующими силами:

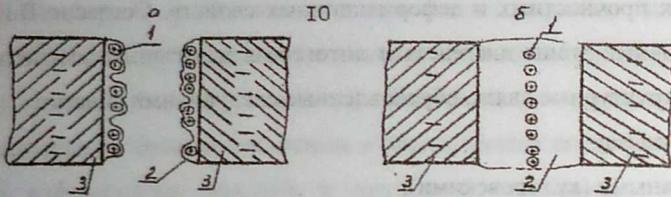
- магнитными;
- дипольными (кулоновскими);
- молекулярными;
- капиллярными;
- ионно-электростатическими;
- химическими.

Магнитные и дипольные силы играют существенную роль лишь в стадии осадконакопления и начальных стадиях диагенеза, а химические силы как силы внутри элементарных пакетов не оказывают влияния на прочностные характеристики глинистых пород. Поэтому при рассмотрении вопросов разупрочнения стенок нефтяных и газовых скважин достаточно принимать во внимание лишь молекулярные, ионно-электростатические и при определенных влажностях (50 %) капиллярные силы.

Молекулярные силы, имеющие электромагнитную природу, обуславливают прочность глин воздушно-сухого (субаэрального) происхождения, глин, перемятых в результате тектонических процессов, и слаболитифицированных глин независимо от их происхождения (дисперсная структура) (рисунок 1.1, а).

В условиях средней и высокой степени литификации глинистых пород пресноводного (субаквального) происхождения частицы глин удерживаются вместе ионно-электростатическими силами и имеют более упорядоченную

текстуру (конденсационная структура) (рисунок 1.1, б). Эти силы возникают за счет электростатического протяжения отрицательно заряженных частиц находящимся между ними обобществленным слоем катионов. Моделирование глинистых пород с молекулярными связями частиц (образца с дисперсной структурой) возможно путем прессования воздушно-сухих порошков (влажность 20-28%).



а – дисперсный; б – конденсационный;
1 – обменные катионы; 2 – вода; 3 – частицы глины
Рисунок 1.1 - Типы структурных связей между частицами глин

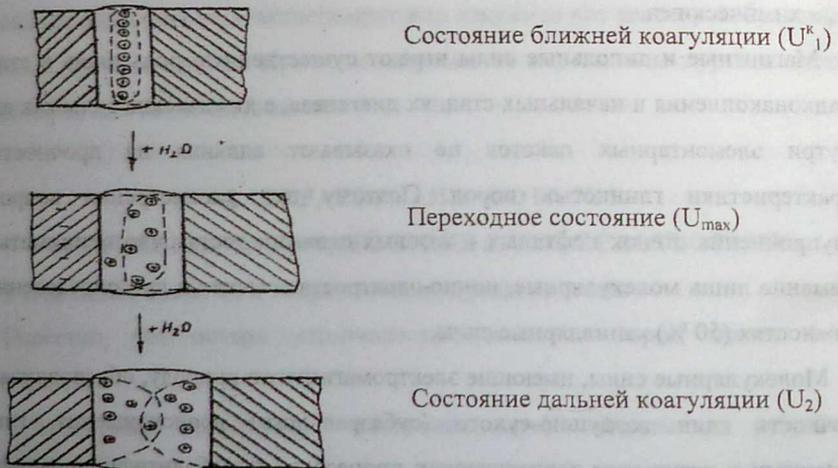


Рисунок 1.2 - Схема перехода частиц конденсационного типа связности из области ближней коагуляции в область дальней коагуляции (обозначения те же, что и на рисунке 1.1)

Сближаемые сухие частицы сохраняют свои автономные оболочки при любых давлениях. Таким образом, очевидно, формировались глины

субазерального происхождения. К глинам, дисперсная структура которых образовалась в условиях воздействий тектонических процессов, относятся кыновские аргиллиты.

Модели глинистых пород с ионно-электростатическими связями частиц (образцы с конденсационной структурой) создаются путем прессования влажной (35-50%) глинистой пасты. В таких условиях имеется возможность слияния автономных катионных слоев сближаемых частиц с образованием связующего слоя посередине. Подобные процессы могли иметь место при уплотнении глин из пресноводных бассейнов. В отсутствие тектонических процессов весь массив глины мог сохранить конденсационную структуру. Условия формирования и залегания глин третичного периода в разрезах Западной Сибири благоприятны для образования таких массивов.

При контакте с буровыми растворами на водной основе главным фактором самопроизвольного диспергирования глин обоих типов является проникновение молекул воды в промежутки между частицами.

Возникающее при этом расклинивающее давление и электростатическое отталкивание диффузных слоев разрушают структурные связи между частицами и вызывают самопроизвольное диспергирование глин (рисунок 1.2).

2 Цели работы

- 2.1 Изучение процесса взаимодействия модельных образцов двух типов глин в одном и том же растворе.
- 2.2 Подбор для каждого типа глин ингибирующего раствора и оптимальной концентрации соли.

3 Приготовление образцов

3.1 Для получения образцов глин дисперсной структуры воздушно-сухой глинопорошок выдерживается в эксикаторе при относительной влажности 0,95-1,00 в течение двух суток. Затем порошок, имеющий влажность 20-25%, прессуется под давлением 100 МПа в течение 30 минут.

3.2 Образцы глин конденсационной структуры получают путем

предварительного замачивания глинопорошка дистиллированной водой в весовом соотношении 1:2, прессованием под действием давления, равного 100 МПа и последующим высушиванием при $T=60^{\circ}\text{C}$.

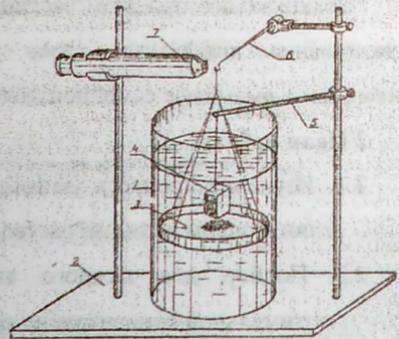
При сближении частиц с развитыми диффузными слоями ДЭС обменные катионы одних частиц попадают в область действия сил соседних частиц, что приводит к возникновению переходного состояния с хаотическим расположением катионов между соседними поверхностями. После преодоления потенциального барьера между частицами образуется связь, обусловленная ионно-электростатическими силами, которая обеспечивает состояние ближней коагуляции.

4 Описание методики

Образцы глины в форме прямоугольных таблеток, полученные прессованием для моделирования уплотнения глин в процессе литификации в пласте, подвешиваются в стакане с раствором 1 над измерительной чашечкой 3 прибора (рисунок 1.3).

Одна сторона образца открыта для воздействия среды - эта сторона представляет собой как бы стенку скважины. Остальные стороны обернуты, изолированы или пропитаны парафином.

Раствор представляет собой модель промывочной жидкости. В ходе воздействия растворов образец намокает и начинает обваливаться. Продукты обвала, попадая на чашечку, перемещают ее вниз. За перемещением чашки следят в отчетный микроскоп МИР-1 7. Перемещение чашечки будет пропорционально массе осыпавшейся



- 1 - стакан с раствором электролита;
- 2 - основание прибора; 3 - чашечка;
- 4 - образец глины; 5 - держатель;
- 6 - коромысло из стеклянного капилляра;
- 7 - микроскоп МИР-1

Рисунок 1.3 - Установка для изучения самопроизвольного диспергирования глин в растворах

глины, т.к. она подвешена на тонкой упругой стеклянной нити 6 весов Фигуровского. Длина тонкой нити - коромысла весов Фигуровского - подобрана так, что перемещение конца нити X в каждый момент прямо пропорционально массе глины на чашке (M): $M = K \cdot X$.

Если известен коэффициент пропорциональности K , то, отсчитывая X , по микроскопу можно найти массу осевших частиц M .

Для определения K строят калибровочную кривую следующим образом. На чашку последовательно кладут разновесы в 100, 200, 500, 300 и т.д. миллиграммов и отсчитывают соответствующие перемещения конца нити в микроскоп X_{100} , X_{300} , X_{500} , X_{1000} , X_{1300} (таблица 1.1).

Таблица 1.1 - Калибровочная таблица

Вес разновесов	100	300	500	1000	1300
Перемещение по шкале	X_{100}	X_{300}	X_{500}	X_{1000}	X_{1300}
Цена деления микроскопа	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5

Затем находят:

$$K_1 = \frac{100}{X_{100}};$$

$$K_2 = \frac{300}{X_{300}} \quad \text{и т.д.}$$

Константа прибора или цена деления микроскопа:

$$K = \frac{K_1 + K_2 + K_3 + \dots + K_n}{n},$$

где n – количество замеров.

5 Выполнение работы

5.1 В стакан наливаются растворы, подвешиваются чашечки.

5.2 На конец коромысел весов Фигуровского настраивается нуль отсчетного микроскопа.

5.3 Готовая таблетка на ниточках подвешивается над стаканом.

Одновременно включается секундомер. Во время опыта регистрируется время по секундомеру и перемещение конца коромысла по шкале микроскопа.

Опыт заканчивается тогда, когда прекращается обваливание (осыпание) образца. Опыты одновременно ведутся в нескольких местах с разными растворами, и, соответственно, строится несколько таблиц по примеру таблицы 1.2.

Таблица 1.2 - Устойчивость образцов сухой куганакской глины в дистиллированной воде (или в растворе соли)

Время от начала опыта, с									
Перемещение конца коромысла по микроскопу									
Масса осыпавшихся частиц, мг от начала опыта									

Тип и концентрация растворов задаются преподавателем. По данным таблицы в координатах "время - масса осыпавшихся частиц" строятся графики диспергирования образцов изучаемой глины в изучаемых растворах. Затем по заданию преподавателя строится график зависимости устойчивости образцов от концентрации изучаемой соли в координатах "масса осыпавшихся частиц за определенный промежуток времени - концентрация соли".

Делается вывод о целесообразности применения той или иной соли для ингибирования увлажнения данного типа глины и об оптимальной концентрации соли.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ОЦЕНКА ИХ ГИДРОФИЛЬНОСТИ»

1 Основные понятия и теоретические представления

Пикнометрический способ определения плотности предусматривает определение объема тела по объему вытесняемой им жидкости, при этом предполагается, что жидкость не взаимодействует с поверхностью твердого

тела, т.е. отсутствует растворение или другое физико-химическое осаждение. Если тело имеет малую поверхность контакта с водой, то, если даже имеет место какое-либо взаимодействие, приводящее к изменению объемных свойств воды, но не может оказать заметного влияния на результаты замера.

Положение усложняется при определении плотности высокодисперсных систем гидрофильных веществ (например, глинопорошков). Интенсивно взаимодействуя с водой, они существенно изменяют структуру и объем воды в непосредственной близости от поверхности частиц. Следовательно, при определении объема вытесняемой воды путем помещения в нее навески глинопорошка можно получить искаженные результаты. Поэтому при определении удельного веса порошков пикнометрическим способом используют неполярные жидкости, в частности керосин, содержащий в основном предельные углеводороды.

При достаточно тщательном проведении анализов путем сравнения результатов при использовании воды и неполярной жидкости можно оценить гидрофильность глины как отношение объема вытесненной неполярной жидкости (керосина) к аналогичному объему воды. Чем больше это отношение, тем гидрофильнее материал.

При определении плотности глинистых минералов возникает затруднение еще и по другой причине - глины содержат различные категории связанной воды, удаляющиеся при различных температурах. Рекомендуемая перед определением плотности температура сушки 105-110⁰С до постоянного веса не позволяет удалять из глин всю адсорбционно-связанную воду. При этом остается еще до 1,5 % воды, удаляющейся в интервале до 260-300⁰С в зависимости от типа обменных катионов. Поэтому при выполнении работы следует обратить внимание на эту особенность.

2 Цель работы

Изучение способа определения плотности дисперсных материалов пикнометрическим способом и оценка гидрофильности поверхности глинистых

минералов, цемента, кварцевого песка по электрострикционному эффекту уменьшения удельного объема воды.

3 Необходимые приборы, оборудование и реактивы

Аналитические весы, сушильный шкаф, муфельная печь с терморегулятором, водяной термостат, мерные колбы с длинным горлом на 1000 и 200 мл, глинопорошок, цемент, кварцевый песок, дистиллированная вода, керосин.

4 Выполнение работы

4.1 Вид материала для анализа указывается в индивидуальном задании. Для примера далее будет рассмотрен бентонитовый глинопорошок.

4.2 При помощи карандаша по стеклу нумеруют восемь пикнометров на 200 мл (колбы с узким горлом и отметкой на 200 мл) и взвешивают, занося эти данные в рабочую таблицу.

4.3 Берут два пикнометра и помещают в них около 30 г глинопорошка. Пикнометры с пробами взвешивают. Далее в один из пикнометров наливают 200 мл дистиллированной воды, а в другой - 200 мл керосина и взвешивают. Отмечают уровни жидкостей и оставляют под наблюдением до достижения равновесного состояния.

4.4 Взвешивают две просушенные фарфоровые чашки, набирают в них по 30 г глинопорошка и помещают в сушильный шкаф и сушат при температуре 105-110 °С до достижения постоянного веса (около 2 часов). По завершении процесса определяют количество удельной влаги - № 1. Пересыпают просушенные пробы в пикнометры и взвешивают. В один пикнометр наливают 200 мл дистиллированной воды, а в другой - такой же объем керосина, оставляют под наблюдением. По достижении постоянного уровня жидкости пикнометры взвешивают.

4.5 Аналогично п.4, но сушку ведут в муфельной печи при 260-280°С. Все данные заносят в таблицу 2.1.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

«ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ДИСПЕРСНОСТИ
КОМПОНЕНТОВ ПРОМЫВОЧНЫХ ЖИДКОСТЕЙ»

I Теория метода седиментационного анализа

В технике очень часто приходится иметь дело с суспензиями. Так, например, при бурении применяются глинистые "растворы", представляющие собой взвесь мелких частичек глины в воде.

Реальные суспензии состоят из частичек самой разнообразной формы и величины. Суспензии более или менее быстро разрушаются: взвешенное вещество оседает. При этом отдельные частички оседают с различной скоростью: крупные оседают быстрее, мелкие медленнее.

Технические свойства суспензии – устойчивость, вязкость и др. – зависят от распределения частичек по размерам. Распределение частичек по размерам можно изучать различными методами. Для анализа систем грубодисперсных или систем, содержащих некоторое количество частиц относительно больших размеров, употребляют набор сит из мелкой проволоки. Стандартные сита характеризуются числом отверстий - меш (от слова петля) на линейный дюйм или сантиметр. Путем применения набора сит можно фракционировать измельченные вещества (глинопорошок, цемент), размеры частиц которых больше 44 мкм.

Для глин важно знать распределение частиц по размерам, меньшим 44 мкм, поскольку именно они определяют важные технологические свойства промывочной жидкости. Наибольшее распространение для этой цели получил метод седиментационного анализа, основанный на определении скорости оседания частиц под действиями силы тяжести с применением закона Стокса. Если шарообразная частица радиуса r свободно падает в какой-нибудь среде, то падение происходит под влиянием силы, равной

$$P = \frac{4}{3} \pi R^3 (\rho_1 - \rho_2) \cdot g ,$$

где R - радиус частицы;

ρ_1 - плотность вещества частицы;

ρ_2 - плотность среды (жидкости), в которой падает частица;

g - ускорение свободного падения.

При этом, однако, возникает новая сила, действующая на частицу - сила трения падающей частички и среды. Величина этой силы по Стоксу выражается следующим уравнением:

$$F = 6\pi R \eta \cdot v,$$

где η - вязкость среды (жидкости);

R - радиус падающей частички;

v - скорость падающей частички.

Сила F направлена против силы P , т.е. вверх (рисунок 3.1). Таким образом, движение частички определяется разностью сил P и F .

Сила P во время падения частички остается постоянной. Сила F же растет в связи с возрастанием скорости падения частички. Вследствие этого разность

уменьшается и, наконец, становится равной нулю. Начиная с этого момента движение частички, бывшее до этого ускоренным, становится равномерным и остается таким в продолжение всего последующего падения.

Следовательно, период равномерного падения частички характеризуется равенством

$$\frac{4}{3}\pi R^3(\rho_1 - \rho_2) \cdot g = 6\pi R \eta v.$$

Из последнего равенства может быть выражен радиус частички

$$R = \frac{3}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\eta}{(\rho_1 - \rho_2)g}} v = c \sqrt{v},$$

$$\text{где } c = \frac{3}{\sqrt{2}} \sqrt{\frac{\eta}{(\rho_1 - \rho_2)g}}.$$

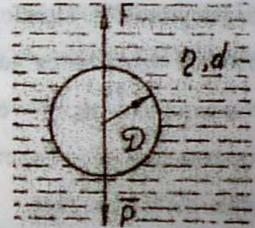


Рисунок 3.1

Существует несколько методов седиментационного анализа. Из них наибольшее распространение получили: метод, основанный на измерении гидростатического давления в процессе оседания (метод Вигнера), и метод, основанный на определении скорости накопления осадка на площадке, помещенной в суспензии (весовой метод Фигуровского).

2 Цель работы

Сопоставить дисперсность глин гидрослюдистого, каолинового, монтмориллонитового типов путем изучения распределения частиц по размерам весовым методом Фигуровского.

3 Описание метода Фигуровского и выполнение работы

Схема прибора Фигуровского дана

на рисунке 3.2. Прибор состоит из стакана А, в который опускается чашечка В, подвешенная на стеклянную иглу с крючком на конце (коромысло) С. Толстым своим концом игла закреплена в зажиме.

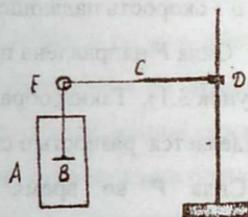


Рисунок 3.2 - Прибор Фигуровского

За положением тонкого конца коромысла наблюдают в отсчетный микроскоп Е.

В стакан А помещается изучаемая суспензия. Ее готовят в стакане следующим образом: в стакан наливают почти доверху (не доливая на 1-2 см) воды и всыпают навеску изучаемого вещества, например глины. Навеска берется по указанию преподавателя.

Вещество с водой тщательно перемешивается специальной мешалкой до получения однородной массы (суспензии). Необходимо размешивать осторожно, чтобы в жидкости не оказалось пузырей воздуха. Затем быстро опускают чашечку, осторожно надевают ее на коромысло и записывают положение коромысла по шкале микроскопа. Надо стараться поставить микроскоп так, чтобы конец коромысла в начале опыта был виден в нижней части шкалы микроскопа. По мере оседания частичек на чашечку В, последняя

будет становиться тяжелее, будет больше прогибать коромысло С. Это прогиб, поскольку мы находимся в области упругих деформаций стеклянной иглы, будет по закону Гука пропорционален количеству осевшего вещества. По мере того, как чашечка опускается, изображение конца коромысла будет подниматься. Если в начальный момент изображение коромысла находилось на делении шкалы n_0 , а в момент τ на n_τ , то $n_\tau - n_0$ будет пропорционально количеству осевшего вещества за время $\tau - \tau_0$. Таким образом, мы также можем построить кривую осаждения, откладывая по оси абсцисс время, а по оси ординат значения $n_\tau - n_0$.

4 Обработка результатов сближения и построение кривой распределения

Имея кривую осаждения, можно построить кривую распределения частиц данной суспензии по величине эффективных радиусов. Кривая осаждения дает количество осевшего вещества как функцию времени (рисунок 3.3)

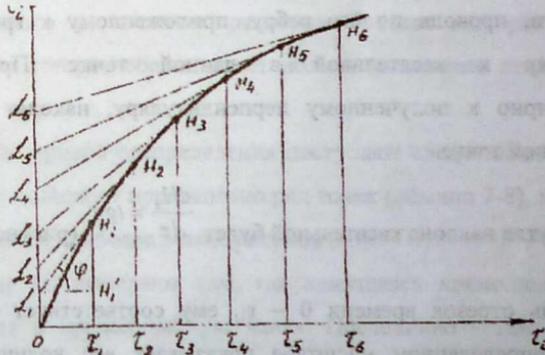


Рисунок 3.3 - Интегральная кривая осаждения

Средняя скорость осаждения для данного момента будет $\frac{dH}{d\tau}$. Производную можно найти графически, проводя в данной точке касательную к кривой. В графической обработке результатов очень важным является правильное

проведение касательной к кривой. Один из способов состоит в следующем: в данной точке к кривой прикладывают ребром перпендикулярно листу тонкое зеркало. В зеркало получается изображение участка кривой. Если зеркало приложено правильно, то изображение MM_1 представляет собой плавное продолжение кривой OM (рисунок 3.4).

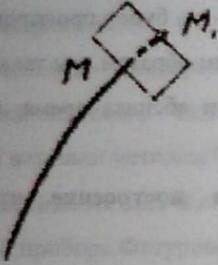


Рисунок 3.4 - Зеркало приложено правильно

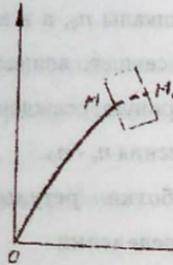


Рисунок 3.5 - Зеркало приложено неправильно

Если зеркало приложено неправильно, то изображение кривой M образует с кривой OM точку перегиба (рисунок 3.5). Если зеркало приложено правильно, то, проводя по его ребру, приложенному к графику, получим перпендикуляр к касательной в данной точке. Проводя прямую перпендикулярно к полученному перпендикулярю, находят касательную к кривой в данной точке.

Тангенс угла наклона касательной будет $\frac{dH_r}{d\tau} = \operatorname{tg} \varphi$ (рисунок 3.3). Возьмем

какой-нибудь отрезок времени $0 - \tau_1$, ему соответствует ордината $H_1\tau_1$, которая в определенном масштабе показывает вес количества вещества, осевшего за время τ_1 . Это количество вещества состоит из частичек разного размера. Все эти частички можно разбить на 2 группы: на частички такого размера, которые к данное моменту времени должны были полностью выпасть, и частички таких размеров, которые выпали частично, продолжают еще выпадать и будут выпадать в последующие промежутки времени

$$n_r = P + m,$$

где P - количество вещества с радиусом частиц, полностью выпавших;

m - количество вещества с радиусом частиц, еще продолжающих выпадать.

По кривой осаждения можно найти эти два слагаемых. Проведем касательную (рисунок 3.3) к кривой в точке N_1 до пересечения с осью ординат в точке L_1 , через L_1 проведем $L_1 N_1'$ параллельно оси абсцисс.

Чтобы определить m , надо скорость осаждения умножить на прошедший отрезок времени, следовательно:

$$m = \tau_1 \frac{d\theta}{d\tau},$$

где m - количество вещества, осевшее к моменту времени τ_1 .

Из рисунка 3.3 видно, что $\tau_1 \frac{d\theta}{d\tau}$ изображается отрезком $N_1 N_1'$, так как

$$\frac{d\theta}{d\tau} = \operatorname{tg} \varphi.$$

Тогда отрезок OL_1 дает в соответствующем масштабе количество вещества, состоящего из частичек размером больше или равных такому значению радиуса, которое обеспечивает полное выпадение этих частичек к моменту τ .

Для построения кривой распределения поступают следующим образом: на кривой осаждения выбирают произвольно ряд точек (обычно 7-8), в тех местах, где кривизна меняется наиболее резко (рисунок 3.3).

Первую точку N_1 выбирают там, где кажущаяся прямолинейная часть кривой переходит в криволинейную часть. Последнюю - там, где кривая переходит в прямую L . Через выбранные точки проводят касательные к кривой до пересечения с осью ординат.

Опуская из точек $N_1, N_2, N_3 \dots$ перпендикуляры на ось абсцисс, находят $\tau_1, \tau_2, \tau_3 \dots$, а затем для каждого τ_i вычисляют v_i и g_i . Одновременно деля отрезки $OL, L_1 L_2, L_2 L_3, L_3 L_4 \dots$ на OL_∞ и умножив результат на 100, получают соответствующие значения.

Составляют таблицу данных:

Интервал времени	Интервал радиусов	$v = \frac{H}{r}$	\sqrt{v}	$r = c\sqrt{v}$	$r_{\text{ср}}$	$\Delta Q = \frac{L_{i+1} - L_i}{OL} \cdot 100$	Δr	$\frac{\Delta Q}{\Delta r}$

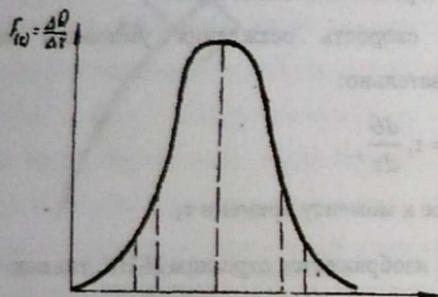


Рисунок 3.6 - Дифференциальная кривая распределения частиц

Построив кривые распределения для всех заданных глин, делается заключение об их сравнительной дисперсности.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

«ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ КОАГУЛЯЦИИ И ФЛОКУЛЯЦИИ ГЛИНИСТЫХ ЧАСТИЦ»

1 Теория процесса коагуляции и флокуляции

Технологические свойства промывочных жидкостей в значительной степени определяются их устойчивостью, т.е. способностью сохранять во времени неизменными основные характеристики системы: дисперсность (удельная поверхность) и равномерность распределения частиц дисперсной фазы в дисперсионной среде (одинаковая плотность суспензии по объему системы).

Различают кинетическую (седиментационную) и агрегативную устойчивость.

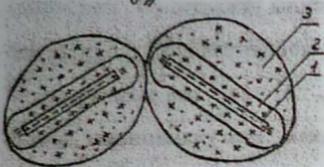
Система может быть и кинетически, и агрегативно-неустойчивой. Однако большинство промыточных жидкостей должны быть агрегативно неустойчивыми, но устойчивыми против действия силы тяжести.

Эти особенности зависят от частичной концентрации (количества свободных частиц в единице объема). Ниже ККС, т.е. ниже той минимальной концентрации, когда образуется пространственная коагуляционная сетка, система является и кинетически, и агрегативно неустойчивой. Этот случай наиболее благоприятен для очистки промыточных жидкостей при бурении в глинистых отложениях, где за счет «самозамеса» нарабатываются большие объемы излишнего глинистого раствора.

Промыточные жидкости для бурения должны быть агрегативно неустойчивыми, но седиментационно устойчивыми. Это достигается регулированием толщины гидратно-ионной оболочки (рисунок 4.1) и соответствует случаю лиофильной коагуляции. Почему такая система седиментационно устойчива, т.е. не наблюдается осаждение частиц при их коагуляции (укрупнении)? Это наблюдается потому, что при образовании лиофильной коагуляционной структуры (пространственной сетки) во всем объеме системы она уподобляется твердому телу, которое способно сохранить свою форму. Находящиеся в зацеплении частицы играют роль своеобразной «арматуры», в пустотах которой находятся молекулы воды координационной сферы. Другими словами, слипшиеся частицы удерживают друг друга от оседания под действием силы тяжести. Своеобразными «клеем» здесь служит вода гидратной оболочки (адсорбционной части ДЭС, рисунок 4.1).

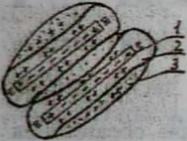
Управление свойствами промыточных жидкостей практически сводится к регулированию толщины гидратно-ионной оболочки, а точнее, толщин координационной сферы, где содержатся газообразные, «горячие» молекулы воды (диффузная часть ДЭС) при концентрации твердой фазы несколько выше ККС. Чем меньше толщина гидратно-ионной оболочки, тем прочнее структура.

ЛИОФИЛЬНАЯ КОАГУЛЯЦИЯ ($C \geq KКС$)



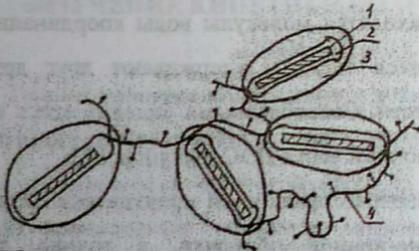
Система агрегативно неустойчива, но седиментационно устойчива за счет образования пространственной коагуляционной сетки с определенной прочностью

ЛИОФОБНАЯ КОАГУЛЯЦИЯ ($C < KКС$)



Система неустойчива и агрегативно, и седиментационно.

ФЛОКУЛЯЦИЯ ($C < KКС$)



1 - глинистая частица; 2 - гидратно-ионная оболочка адсорбционного слоя ДЭС; 3 - гидратно-ионная оболочка диффузного слоя ДЭС; 2+3 - гидратно-ионная оболочка; 4 - линейная макромолекула полимерного реагента ПАА

Рисунок 4.1 - Схематичное изображение процессов коагуляции и флокуляции

Однако необходимо иметь в виду, что уменьшение толщины ДЭС за счет введения, например, в суспензию натриевой глины хлористого натрия или алюминиевой соли (например, алюмокалиевых квасцов) лиофильная коагуляция может перейти в лиофобную. А лиофобная коагуляция – слипание частиц по плоскостям – приводит к уменьшению количества самостоятельных частиц в единице объема, следовательно, «арматура» структуры уже образуется не отдельной частицей, а несколькими слипшимися по плоскостям.

Поэтому наступает момент, когда (при неизменной концентрации) количества свободных частиц недостаточно для образования каркаса структуры во всем объеме системы, и она становится седиментационно неустойчивой. Для процесса бурения потеря седиментационной устойчивости опасна, может привести, например, к прихвату при непредвиденной остановке циркуляции. Но в то же время для улучшения эффективности работы очистных устройств перевод лиофильной коагуляции в лиофобную может оказаться желательным.

Рассмотренный пример снижения частичной концентрации твердой фазы был основан на изменении электрических свойств дисперсной фазы, в частности заряда гранулы (электрокинетического потенциала). Однако существует более эффективный и «безболезненный» для промысловой жидкости способ. Он заключается в применении реагентов флокулянтов органического происхождения. Это синтетические (полиакриламид - ПАА и др.) или природные (крахмал и др.) полимерные соединения. Наиболее эффективны полимеры с линейными макромолекулами типа ПАА. Механизм их действия пояснен на рисунке 4.1. При небольшой (несколько тысячных долей процента от объема суспензии или несколько сотых долей процента от весовой концентрации твердой фазы) концентрации полимера макромолекулы находятся в развернутом состоянии (особенно, если раствор пресный). Линейная макромолекула гибкая. Под действием (ударами) горячих молекул координационной сферы они «приклеиваются» к гидратной оболочке адсорбционного слоя ДЭС глинистых частиц. Коллоидные частицы,

«связанные» одной макромолекулой, участвуют в броуновском движении уже как одна кинетическая единица. Если их кинетическая энергия недостаточна для удержания их во взвешенном состоянии, то они оседают под действием силы тяжести, образуя рыхлый осадок. Этот осадок легко удаляется в желобной системе, отстойных емкостях очистных устройств.

2 Цель работы

Изучение кинетики коагуляции под действием хлористого кальция, алюмокалиевых квасцов и кинетики флокуляции под действием макромолекул ПАА, а также зависимости скорости протекания этих процессов от типа глинистых минералов (монтмориллонит - бентонит; гидрослюда - куганакский глинопорошок). Концентрация твердой фазы во всех опытах ниже ККС.

3 Необходимые материалы и оборудование

Мерные цилиндры на 500 мл - на каждом рабочем месте, секундомеры (часы), технологические весы, проволочная мешалка со спиралью на конце, алюмокалиевые квасцы, порошкообразный полиакриламид.

4 Выполнение работы

4.1 В мерные цилиндры наливают 500 мл воды и при перемешивании насыпают 1% глинопорошка (тип глины по индивидуальному заданию). Перемешивание продолжают до распускания всех видимых комочков.

4.2 Прекращают перемешивание, включают секундомер и по имеющейся на цилиндре шкале берут отсчет объема оседающего осадка через 1, 5, 10, 30, 60 с и 2, 3, 4, 5 мин.

4.3 Аналогичные опыты делают после добавок 0,000001; 0,000005; 0,00001; 0,00005; 0,0005; 0,001; 0,005; 0,01; 0,05 % ПАА и 0,01; 0,05; 0,1; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0 % масс. алюмокалиевых квасцов. Указанные концентрации полиакриламида готовят из 1,0; 0,1; 0,01; 0,001 % исходных растворов. Ниже приводится вспомогательная таблица 4.1 для определения добавок ПАА для флокуляции.

Таблица 4.1 - Количество ПАА в мл, добавляемого к 500 мл суспензии

Исходный р-р ПАА	Требуемая концентрация ПАА									
	0,000001	0,000005	0,00001	0,00005	0,0001	0,0005	0,001	0,005	0,01	0,05
0,001	0,5	2,5								
0,01			0,5	2,5						
0,1					0,5	2,5	0,5	2,5		
1,0									5	25

4.4 Результаты опытов записывают в виде таблиц 4.2 и 4.3.

Таблица 4.2 -Для полиакриламида

Тип глины	Время осаждения при концентрации ПАА, масс. %									
Монтмориллонитовая										
Гидрослодистая										

Таблица 4.3 - Для алюмокалиевых квасцов

Тип глины	Время осаждения при концентрации КА									

За время осаждения берут время, по истечении которого не наблюдается заметного изменения объема осадка.

4.5 На основе данных таблиц 4.2, 4.3 находят оптимальную концентрацию флокулянта и выражают ее в граммах на 1 грамм глины. Выявляют, какой тип глинистого минерала лучше поддается очистке коагулянтом и флокулянтом. Объясняют изменение скорости осаждения частиц при изменении концентрации флокулянта.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5
«ИЗУЧЕНИЕ МЕТОДОВ ПОЛУЧЕНИЯ
БЕЗГЛИНИСТЫХ ПОЛИМЕРСОЛЕВЫХ РАСТВОРОВ
МЕТОДОМ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ»

1 Понятие о кольтатирующих безглинистых полимерсолевых растворах

Традиционно применяемые в бурении глинистые растворы имеют ряд недостатков. При солевой агрессии у них ухудшаются структурно-механические, фильтрационные свойства. Вследствие структурированности (связанности частиц между собой) глинистые растворы обладают плохими кольтатирующими свойствами: основная масса твердой фазы откладывается на поверхности в виде глинистой корки, которая не задерживает фильтрации в пласт, вместе с фильтратом в него глубоко проникает мельчайшая часть глинистой фазы. Таким образом, резко ухудшается проницаемость призабойной зоны продуктивного пласта.

Кафедрой бурения УНИ совместно с ПермНИПИнефть разработаны новые типы безглинистых полимерсолевых растворов с кольтатирующими свойствами. Они по реологическим свойствам аналогичны воде (имеют условную вязкость 15-17 с), в то же время имеют регулируемую водоотдачу и кольтатируют песчаники с проницаемостью $0,1-1,0 \text{ мкм}^2$, а при добавлении низкодисперсных кольтатантов и породы с большей проницаемостью.

Рентгеновское и микроскопическое изучение дисперсного состава указанных полимерсолевых растворов показало, что они являются полидисперсными: в них имеется микрогетерогенная фракция (0,1-100 мкм) и коллоидная (0,010-0,1 мкм) с преобладанием коллоидной фракции. В то же время в песчаниках размеры пор меняются от 1-70 мкм. Как известно, для надежной кольтатации размер кольтатанта должен составлять $1/5 - 1/3$ размера пор. Таким образом, в растворе имеется так называемая сводообразующая фракция (0,3 - 25 мкм) для образования сводовой перемычки на входе в поры и

более мелкая (0,01 - 0,3 мкм), которая затем уплотнит этот свод.

Кроме того, в отличие от глинистых растворов полимерсолевые системы являются свободнодисперсными. Хотя глинистые растворы тоже полидисперсны по своей сути, но вследствие структурированности полидисперсность их не может проявиться, поскольку при встрече с проницаемым пластом на поры ложится структурная сетка, а не отдельные частички.

В полимерсолевых растворах со свободными частицами в самом начале фильтрации происходит эффект «захлопывания» каждой поры целым набором частиц разного размера, подобный тому явлению, когда несколько человек, одновременно ринувшиеся в одну дверь, застревают в ней.

Строгая корреляция между показателем фильтрации и кольматирующим свойством полимерсолевого раствора (если $\Phi=6-15 \text{ см}^3$, то через керн фильтрат не проходит) позволяет предположить, что механизм снижения показателя фильтрации на приборе ВМ-6 заключен также в кольматации пор фильтровальной бумаги дисперсной фазой раствора.

Таким образом, в случае глинистых растворов фильтрационной перегородкой и в скважине, и на приборе ВМ-6 является глинистая корка на поверхности пласта или бумаги, а в случае безглинистых полимерсолевых растворов фильтрация идет через кольматационный экран, образованный в порах пласта или фильтра на некоторой глубине. Толщина кольматационного экрана составляет 3-5 см по срезу керна. Далее идет «сухая» зона, где проникновение фильтрата и дисперсной фазы практически отсутствует. Такой экран выдерживает давление до 8,0 МПа.

Основой для получения полимерсолевых систем являются растворы анион-активных полимеров в воде. Например, КМЦ, полиакриламид, нитронный реагент. Эти длинноцепочные полимеры, имеющие от одной до нескольких групп $-\text{COOH}$ в каждом элементарном звене. При затворении их в пресной воде группы $-\text{COOH}$ диссоциируют по схеме $-\text{COO}^- + \text{H}^+$, и молекула по всей длине

заряжается отрицательно. Молекула находится в развернутом состоянии, т.к. одноименно заряженные участки не дают сворачиваться ей в клубок. Когда в такой раствор вводится определенное количество ионов трехвалентного металла (1,2-1,8 %), то происходит пространственная «сшивка» линейных молекул полимера по местам расположения групп $-COO^-$ ионами металла: в результате получается упругая гелеобразная система.

Если дать очень малое количество ионов металла (0,03-0,05 %), то сшивка распространяется не на весь объем системы, а на локальные участки, состоящие из нескольких молекул, путем сворачивания их в статистические клубки. Термин «статистический клубок» применен здесь неслучайно: количество молекул в клубках меняется так, что получается полидисперсная система, имеющая размер частиц от 0,01 до 100 мкм. Сшивка ионами полимера происходит за счет электростатического взаимодействия положительно заряженных ионов с отрицательно заряженными функциональными группами полимера.

Это явление подобно комплексообразованию в неорганической химии, поэтому случай локальной сшивки полимеров многовалентными ионами назван методом комплексообразования.

Для изучения процесса комплексообразования и установления оптимальной концентрации сшивающих ионов предлагается колориметрический метод.

Суть колориметрического метода состоит в том, что когда длина волны падающего света соразмерима с размерами частиц дисперсной фазы, то свет рассеивается, а когда размер частиц больше длины волны падающего луча, то луч отражается.

Полимерсоловые растворы с оптимальными концентрациями реагентов имеют в основном коллоидный размер частиц 0,01-0,1 мкм и небольшое количество микрогетерогенной фракции: 0,1-100 мкм. Так что ультрафиолетовый свет с длиной волны $\lambda = 0,4$ мкм будет в основном

рассеиваться в этих растворах при оптимальных концентрациях $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$. В области рассеивания интенсивность проходящего света будет около 50-70 %. Причем с увеличением доли микрогетерогенной фракции (с размером ближе к 100 мкм), что происходит при передозировке $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (полимер может даже высолиться), рассеяние будет переходить в отражение, и интенсивность прошедшего света будет резко падать (рисунок 5.1).

Через разбавленные растворы полимеров (0,1-1,5 %), где они имеют молекулярную дисперсность (10-100 нм) ультрафиолетовый цвет проходит, почти не рассеиваясь и $J = 80-95$ %.

Таким образом, варьируя концентрациями полимера или комплексообразующей соли и пропуская через них ультрафиолетовый свет, можно установить оптимальные концентрации реагентов по области, где будет наблюдаться максимальное светорассеяние.

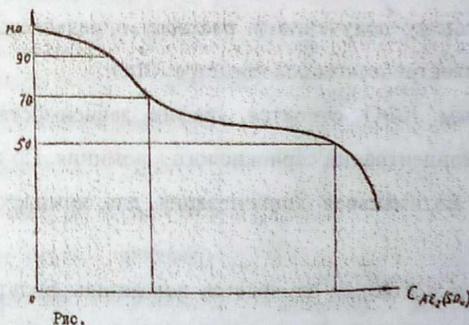


Рисунок 5.1 - Зависимость интенсивности проходящего света от концентрации комплексообразующей соли

2 Цель работы

Изучение приемов получения и анализа коагулирующих безглинистых растворов, содержащих коллоидную и микрогетерогенную фракции.

Предполагается изучить раствор, содержащий около 1 % КМЦ, 0,005-0,2 % сернокислого алюминия и 1-6 % КССБ.

3 Необходимые приборы и материалы

Миксер типа "Воронеж", градуированные пипетки, мерные стаканы на 200, 500, 1000 мл, фотоэлектрический колориметр, прибор ВМ-6. Раствор КМЦ 5 %-ной концентрации, раствор сернокислого алюминия 10 %-ной концентрации, сухая КССБ.

4 Выполнение работы

4.1 Из 5 %-ного раствора КМЦ готовится 1 %-ный раствор путем пятикратного разбавления. Объем 1 %-ного раствора должен быть 5 л. Для этого смешивается 1 л 5 %-ного раствора КМЦ и 4 л воды.

4.2 Полученный 1 %-ный раствор КМЦ разливаем по 500 мл по стаканам.

4.3 В стаканы поочередно приливаем по 0,005; 0,001; 0,003; 0,05; 0,06; 0,08; 0,1; 0,2 % сернокислого алюминия, что составляет 0,25; 0,5; 1,5; 2,5; 3,0; 4,0; 5,0; 10 мл 10 %-ного раствора. Приливать сернокислый алюминий к раствору КМЦ необходимо при перемешивании в миксере. Начиная с 1 %-ного раствора КМЦ каждому полученному раствору определяется интенсивность светорассеяния на электрическом колориметре КФО.

4.4 По данным КФО отроится график зависимости интенсивности светорассеяния от концентрации сернокислого алюминия. По точкам излома на кривой находится оптимальная концентрация для комплексообразования с КМЦ.

4.5 Далее всем растворам замеряется показатель фильтрации. Строится график зависимости показателя фильтрации от концентрации. Точки перегиба на этом графике должны совпадать с точками излома на кривой светорассеяния, что свидетельствует о правильности нахождения области оптимальных концентраций.

4.6 Изучается влияние КССБ на величину показателя фильтрации растворов. Для этого по заданию руководителя в один из растворов из оптимальной области добавляется 1, 2, 4, 6 % КССБ и определяется соответствующий показатель фильтрации.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6

«ИЗМЕРЕНИЕ УДЕЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПОРОШКООБРАЗНЫХ МАТЕРИАЛОВ»

1 Цель работы

Определение удельной поверхности цементов и других порошкообразных материалов: гипс, песок, мел, глина методом воздухопроницаемости.

2 Оборудование: прибор для определения удельной поверхности, секундомер, пробы порошкообразных материалов.

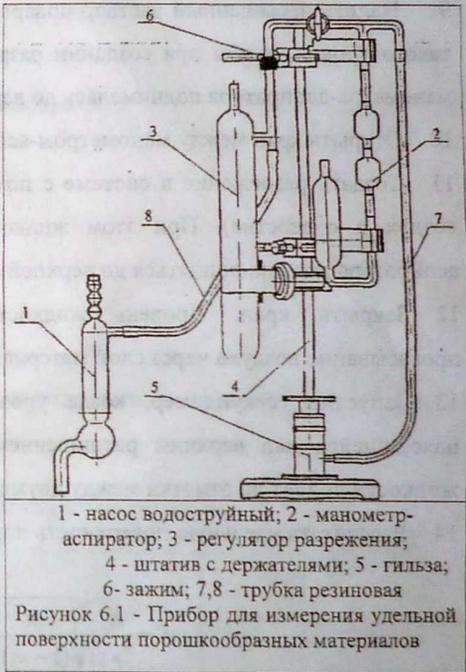
Прибор состоит из пяти основных частей (рисунок 6.1) манометра-аспиратора, регулятора разрежения, гильзы, штатива и водоструйного насоса.

Принцип действия прибора основан на продувании определенного объема воздуха через слой порошкообразного материала.

Продолжительность продувания воздуха зависит не только от площади поперечного сечения, высоты слоя и пористости порошка, но и от его удельной поверхности, что дает возможность вычислять величину последней.

3 Порядок выполнения работы

- 1 Установить диск в корпус гильзы.
- 2 Положить поверх диска кружок фильтрованной бумаги.
- 3 Поместить навеску 10,7 г порошка в корпус гильзы.
- 4 Разровнять порошок, слегка постукивая по стенкам корпуса гильзы.



- 5 Положить на слой порошка второй кружок фильтровальной бумаги.
- 6 Спрессовать порошок при помощи плунжера до тех пор, пока упорное кольцо плунжера не придет в соприкосновение с верхним краем корпуса гильзы.
- 7 Присоединить гильзу к манометру-аспиратору при помощи резиновой трубки.
- 8 Налить в манометр-аспиратор дистиллированную воду, чтобы уровень жидкости доходил до нижней отметки.
- 9 Налить насыщенный раствор поваренной соли в регулятор разрежения до такого уровня, чтобы при создании разрежения жидкость в закрытом колене манометра-аспиратора поднималась до верхней отметки.
- 10 Открыть кран между манометром-аспиратором и регулятором разрежения.
- 11 Создать разрежение в системе с помощью водоструйного насоса (вдувая воздух в отверстие). При этом жидкость в закрытом колене манометра-аспиратора должна подняться до верхней отметки.
- 12 Закрыть кран. Уровень жидкости начинает опускаться, вызывая просасывание воздуха через слой материала, находящегося в корпусе гильзы.
- 13 Запустить секундомер, когда уровень жидкости дойдет до отметки, находящейся над верхним расширением, и остановить его, когда уровень жидкости дойдет до отметки между двумя расширениями.
- 14 Рассчитать удельную поверхность порошка по формуле

$$S = \frac{K}{\gamma} \cdot \sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\eta}} \cdot \sqrt{T},$$

где S — удельная поверхность порошка, $\text{см}^2/\text{г}$;

K — постоянная прибора, $K = 25$;

γ — удельный вес материала, $\text{г}/\text{см}^3$;

m — пористость порошка в долях единицы;

T — время снижения уровня жидкости от отметки сверху расширения до

отметки снизу расширения, с;

η - вязкость воздуха при температуре опыта, пз.

Величина коэффициента пористости вычисляется по формуле

$$m = \frac{(V \cdot \gamma) - P}{V \cdot \gamma}$$

где $V = \frac{\pi d^2}{4} \cdot h$ (h - высота навески);

$V \approx 7,85 \text{ см}^3$ (цемент); $d = 25 \text{ мм}$; Δh - измеряем +1,5 см;

P - масса навески; $P = 10,7 \text{ г}$;

γ - плотность навески.

Удельный вес порошкообразных материалов:

- цемент - $3,15 \text{ г/см}^3$;

- бентонит - $2,3 \text{ г/см}^3$,

- глина - $2,6 \text{ г/см}^3$,

- песок - $2,7 \text{ г/см}^3$;

- мел - $2,6 \text{ г/см}^3$.

Числовые значения $\sqrt{\eta}$ и $\sqrt{\frac{1}{\eta}}$ в зависимости от температуры воздуха

приведены в таблице 6.1

Таблица 6.1 – Зависимость вязкости воздуха от температуры.

Температура	Вязкость воздуха η , в пуазах	$\sqrt{\eta}$	$\sqrt{\frac{1}{\eta}}$
18	0,0001798	0,01342	74,58
20	0,0001808	0,01344	74,37
22	0,0001818	0,01348	74,16
24	0,0001828	0,01352	73,96
26	0,0001837	0,01355	73,78

Пример расчета:

Объем слоя материала в гильзе $V = 7,5 \text{ см}^3$.

Удельный вес материала $\gamma = 3,1 \text{ г/см}^3$.

Навеска материала $P = 12 \text{ г}$.

Постоянная прибора $K = 25$.

Продолжительность опыта $T = 65 \text{ с}$.

Температура 20°C .

Расчет

Величина коэффициента пористости

$$m = \frac{7,5 \cdot 3,1 - 12,0}{7,5 \cdot 3,1} = 0,484;$$

$$\sqrt{\frac{m^3}{(1-m)^2}} = \sqrt{\frac{0,484^3}{(1-0,484)^2}} = 0,652;$$

$$\sqrt{\frac{1}{\eta}} = 74,37;$$

$$S = \frac{25,0}{3,1} \cdot 0,652 \cdot 74,37 \cdot \sqrt{65} = 3152 \text{ см}^2 / \text{г}.$$

По данным расчетов делают выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАБУХАНИЯ ПОРОД, СОДЕРЖАЩИХ ГЛИНИСТЫЕ МАТЕРИАЛЫ»

1 Цель работы

Изучение набухания образцов пород в различных жидкостных средах.

2 Материалы и приборы:

- навески исследуемых пород;
- пробы различных растворов и жидкостных сред;
- прибор Жигача-Ярова.

3 Методика определения набухания

Набухание - процесс поглощения дисперсионной среды дисперсной фазой, сопровождаемый увеличением объема последней с одновременным уменьшением суммарного объема обеих фаз, т.е. контракцией системы.

Контракция обусловлена сжатием адсорбированного вещества в сольватном слое. Набухание является основной причиной пептизации глинистых агрегатов, подготавливающей переход их в суспензированное состояние при избытке воды.

Для определения величины набухания применяется прибор конструкции Жигача-Ярова (рисунок 7.1). Прибор позволяет с достаточной точностью определить начальный и конечный (максимальное набухание при достижении равновесия в системе «глинопорошок – жидкость») объем глинопорошка.

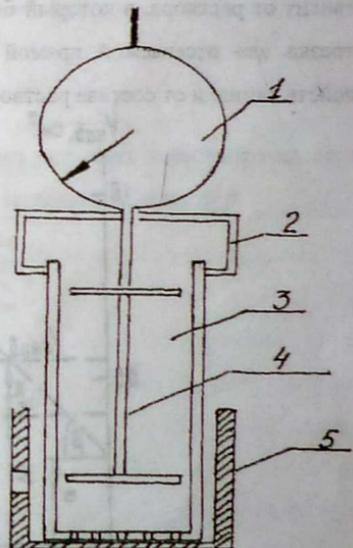
4 Порядок выполнения работы

1 На днище цилиндра 3 укладывают два кружка фильтровальной бумаги.

2 Мессура (индикатор часового типа) устанавливается в нулевое положение. Для этого сообщают измерительному стержню натяг 20-25 делений и поворотом ободка совмещают нулевой штрих шкалы со стрелкой.

3 Пробу диспергированного вещества (5 или 10 г) помещают между кружками фильтровальной бумаги. Поршнем 4 производится уплотнение пробы.

4 Цилиндр 3 в сборе с поршнем 4 и крышкой 2 устанавливается в центр скобы и ножки мессуры.



1 - мессура; 2 - крышка мессуры;
3 - цилиндр; 4 - поршень; 5 - стакан

Рисунок 7.1 - Прибор Жигача-Ярова

5 Замеряем толщину пробы.

6 Прибор помещается в стакан 5 с водой или раствором химического реагента, глинистого или другого вида раствора.

7 Снимаем показания высоты пробы с мессуры через 1, 3, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 60, 120 минут. Контрольный замер делаем через 12 часов.

Произведение высоты пробы, определяемой по показаниям мессуры до и после набухания на площадь основания цилиндра ($S=1256 \text{ мм}^2$), дает величину $V_{\text{нач}}$ и $V_{\text{наб}}$. Фильтровальная бумага набухает в водных средах, поэтому мы устанавливали нулевое положение, учитывая ее толщину.

По результатам исследований строится зависимость между набухшим и начальным объемами проб. Эта зависимость носит прямолинейный характер. Тангенс угла прямой для данной глины является постоянной величиной и не зависит от раствора, в который была помещена проба (рисунок 7.2). Величина отрезка «а» отсекаемой прямой на оси ординат зависит и от химических свойств глины и от состава раствора.

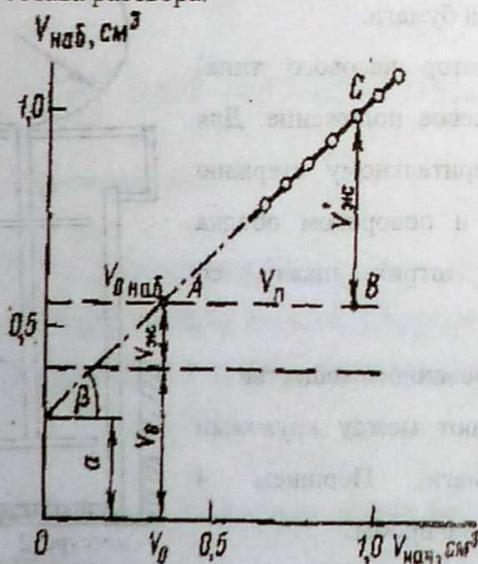


Рисунок 7.2 - Зависимость между набухшим и начальными объемами пробы каолина

Коэффициент набухания рассчитывается по уравнению

$$K_{\text{наб}} = \frac{\rho \cdot a}{m} + \text{tg} \beta - 1,$$

где ρ — плотность глины ($\approx 2,6 \text{ г/см}^3$);

m — масса навески, г;

$K_{\text{наб}}$ — отношение объема жидкости, связанной пробой, к объему сухих частиц;

$\text{tg} \beta$ — коэффициент, показывающий, какая доля от объема пор в сухой пробе сохраняется в набухшей пробе.

Для получения $K_{\text{наб}}$ глины в воде с какой-либо химической добавкой при известном значении $\text{tg} \beta$ достаточно получить для исследуемой жидкости одну точку зависимости $V_{\text{наб}} = f(V_{\text{нач}})$. $K_{\text{наб}}$ при этом рассчитывается по уравнению

$$K_{\text{наб}} = \frac{V_{\text{наб}} - V_0}{V_0} - \frac{V_{\text{нач}} - V_0}{V_0} \cdot \text{tg} \beta,$$

где $V_0 = \frac{m}{\rho}$ — объем сухих глинистых частиц, см^3 .

Если исследуемый образец глинопорошка испытать в растворе на двух приборах, меняя только массу навески, можно также определить $\text{tg} \beta$.

$$\text{tg} \beta = \frac{V_{\text{наб}}^{10\text{г}} - V_{\text{наб}}^{5\text{г}}}{V_{\text{нач}}^{10\text{г}} - V_{\text{нач}}^{5\text{г}}},$$

где $V_{\text{нач}}$ — объем наб. за 5 мин;

$V_{\text{наб}}$ — объем наб. за 1 час.

Показатель набухания $K_s = \frac{V_{\text{жид. наб.}}}{m} \left[\frac{\text{см}^3}{\text{г}} \right],$

где $V_{\text{жид. наб.}} = V_{\text{наб}}^{5\text{г}} - V_0 - (V_{\text{нач}} - V_0) \cdot \text{tg} \beta,$

$V_{нач} - V_{наб.}$ за 5 мин.

Средняя скорость набухания

$$\omega_{cp} = \frac{K_z}{\Delta t} [\text{см}^3 / \text{г} \cdot \text{ч}],$$

где Δt – период набухания.

Для анализа динамики процесса набухания глины по полученным опытным данным строятся зависимости объема набухания от времени или скорости набухания от времени.

По результатам работы делаются выводы.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №8

«ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫХОДА ГЛИНИСТОГО РАСТВОРА»

Метод основан на измерении вязкости глинистой суспензии (с известной массовой долей глинопорошка). Выход раствора определяется по графику $\lg \eta_{эф} = 1,3$ или по плотности раствора.

1 Материалы и оборудование:

- установка смесительная «Воронеж»;
- вискозиметр ротационный «ВСН-3»;
- секундомер;
- весы лабораторные;
- навески глинопорошка;
- цилиндр мерный;
- насыщенный раствор (плотность $1,2 \text{ г/см}^3$) хлористого натрия.

2 Порядок выполнения работы

В зависимости от марки глины суспензию готовят на воде (для бентонитового порошка) или на насыщенном растворе хлористого натрия (для низкосортных порошков).

В три стакана смесительной установки «Воронеж» заливают по 400 см^3

воды или хлористого натрия, нагретых до температуры 100°C . В стаканы отдельно вводят три навески глинопорошка. Массу глинопорошка берут в зависимости от предполагаемой марки по таблице 8.1 (для бентонитовых глин) или таблице 8.2 (для палыгорскитовых глин) - в расчете на сухое вещество при температуре 110°C .

Если при перемешивании в стакане получается пастообразная масса, суспензию не используют для испытания, а готовят новую с меньшей навеской глинопорошка. Затем измеряют устойчивое показание шкалы вискозиметра ϕ при частоте вращения 600 об/мин после двух минут перемешивания.

Таблица 8.1

Марка глинопорошка	Масса пробы глинопорошка, г на 400 см^3 воды		
	ПБЛ	16.5	20
ПББ, ПБМБ	20	25	34
ПБВ, ПБМВ	25	34	52
ППГ, ПБМГ	34	52	86
ПБД, ПКГД	52	86	130
ПБН, ПКГН	112	156	190

Таблица 8.2

Марка глинопорошка	Масса пробы глинопорошка, г на 400 см^3 насыщенного раствора хлористого натрия		
	ППВМ	25	34
ППМГ, ПППГ	34	52	86
ППД	52	86	130
ППН	112	156	190

Если показания шкалы менее 50 делений или более 160 делений, дальнейшие испытания с этой суспензией не проводят. Если менее 50 делений, готовят глинистую суспензию с большей навеской, если более 160 делений - с меньшей.

Затем определяют условную вязкость на СПВ-5.

Если условная вязкость более 25 с, суспензию разбавляют водой, доводя время истечения до 25 с. Замеряют плотность суспензии с условной вязкостью 25 с.

3 Обработка результатов

При определении выхода раствора с нормированной эффективной вязкостью рассчитывают эффективную вязкость суспензии по формуле

$$\eta_{\text{эф}} = \frac{A \cdot \varphi}{600},$$

где A - константа ВСН-3 по первой нити;

φ - показание шкалы ВСН-3.

Выход раствора определяют построением графической зависимости $\lg \eta_{\text{эф}}$ от количества глинопорошка в 400 см³ воды или насыщенного раствора хлористого натрия. По навеске глинопорошка в 400 см³ воды или насыщенного раствора хлористого натрия, соответствующей $\lg \eta_{\text{эф}} = 1,3$, находят выход раствора глинопорошка, используя таблицу 8.3.

Таблица 8.3

Количество глинопорошка на 400 см ³ воды	Выход раствора, м ³ /т	Количество глинопорошка на 400 см ³ воды	Выход раствора, м ³ /т	Количество глинопорошка на 400 см ³ воды	Выход раствора, м ³ /т
1	2	3	4	5	6
12,0	33,7	17,6	23,1	23,6	17,3
12,4	32,7	18,0	22,6	24,0	17,0
12,8	31,6	18,4	22,1	24,4	16,0
13,2	30,7	18,8	21,7	24,8	16,1
13,6	29,9	19,2	21,2	25,6	15,9
14,0	29,0	19,6	20,7	26,4	15,5
14,4	28,2	20,0	20,3	26,8	15,2
14,8	27,5	20,8	19,6	27,2	15,0
15,2	26,7	21,2	19,2	27,6	14,8
15,6	26,0	21,6	18,9	28,0	14,6
16,0	25,3	22,0	18,5	28,4	14,4
16,4	24,7	22,4	18,2	28,8	14,2

1	2	3	4	5	6
16,8	24,2	22,8	17,9	29,2	14,1
17,2	23,6	23,2	17,6	29,6	13,9
30,0	13,7	39,7	10,5	52,9	7,9
30,4	13,5	40,3	10,2	54,5	7,7
30,8	13,3	40,0	10,1	54,9	7,6
31,2	13,2	41,3	10,0	55,7	7,5
32,6	13,0	41,7	9,9	56,1	7,4
32,0	12,9	42,1	9,8	58,9	7,1
32,4	12,7	42,9	9,7	59,7	7,0
32,9	12,5	43,3	9,6	60,5	6,9
33,3	12,4	43,7	9,5	61,3	6,8
33,7	12,2	44,1	9,4	63,7	6,6
34,1	12,0	44,5	9,3	64,5	6,5
34,5	11,9	44,9	9,2	66,1	6,4
34,9	11,8	45,3	9,1	66,9	6,3
35,3	11,7	46,1	9,0	68,5	6,2
35,7	11,6	46,5	8,9	69,3	6,1
36,1	11,4	47,3	8,8	70,1	6,0
36,5	11,3	47,7	8,7	71,7	5,9
36,9	11,2	48,1	8,6	73,1	5,8
37,3	11,1	48,9	8,5	75,3	5,6
37,7	10,9	49,7	8,4	76,9	5,5
38,1	10,8	50,1	8,3	78,4	5,4
38,5	10,7	50,9	8,2	80,0	5,3
38,9	10,6	51,7	8,1	82,1	5,1
88,4	5,0	114,7	3,9	161,3	2,9
90,7	4,9	118,7	3,8	168,5	2,8
92,9	4,7	121,3	3,7	176,0	2,7
94,7	4,6	125,3	3,6	183,5	2,6
98,0	4,5	129,3	3,5	193,9	2,5
100,3	4,4	133,3	3,4	203,3	2,4
103,5	4,3	138,7	3,6	228,4	2,2
105,3	4,2	144,3	3,2	242,2	2,1
108,0	4,1	150,0	3,1	255,0	2,0
112,0	4,0	156,0	3,0		

По плотности выход раствора рассчитывают по формуле

$$B.P. = \frac{0,63}{\rho - 1},$$

где $B.P.$ - выход раствора, м³/т;

ρ - плотность суспензии вязкостью 25 с.

Допускаемое расстояние между результатами двух параллельных испытаний не должно превышать $0,5 \text{ м}^3/\text{т}$.

Примечание

Вышеизложенный метод определения выхода раствора является экспресс-методом.

Пример расчета

Марка глинопорошка ПБМВ.

По таблице 8.1 находим массу глинопорошка, с учетом массовой доли влаги 9% пересчитываем массу проб.

$$25: (1-0,09) = 27,7 \text{ г} \quad 1 \text{ стакан}$$

$$34: (1-0,09) = 37,4 \text{ г} \quad 2 \text{ стакан}$$

$$52: (1-0,09) = 57,1 \text{ г} \quad 3 \text{ стакан}$$

После перемешивания в 3-м стакане образуется пастообразная масса. Ее не используют. Готовят новую суспензию из меньшей навески - 53г (48 без влаги) глинопорошка. Замеряют ϕ на ВСН-3. В 1-м стакане 40 делений, значит, суспензию не используют, а готовят новую с вводом 32г (29 без влаги) глинопорошка. После испытания трех суспензий получили значения:

Количество глинопорошка	ϕ
29	64
34	76
48	152

Рассчитываем эффективную вязкость и находим логарифмы. Строим график зависимости $\lg \eta_{\text{эф}}$ от навески глинопорошка в 400 см^3 воды.

Из графика навеска глинопорошка, соответствующая $\lg \eta_{\text{эф}} = 1,3$, равна 35,5 г. По таблице 8.3 находим выход раствора, который составляет $11,7 \text{ м}^3/\text{т}$.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

- 1 Какие основные правила работы со щелочами и кислотами в лаборатории?
- 2 Как правильно обращаться со стеклянными приборами?
- 3 Какова последовательность вычисления ошибок эксперимента?
- 4 Какова природа сил связи в глинах субаэрального и субаквального происхождения? Назовите места наиболее вероятного залегания таких глин.
- 5 Какие глины легче всего подвергаются разрушительному действию растворов: субаэральные или субаквальные?
- 6 Почему нельзя определить истинную плотность глин, используя воду при пикнометрическом способе?
- 7 Почему с увеличением гидрофильности материала увеличивается ошибка в определении его плотности по воде?
- 8 Почему нельзя применять метод седиментационного анализа для определения размеров частиц коллоидной степени дисперсности?
- 9 Можно ли применять метод седиментационного анализа для структурированных систем, т.е. где концентрация частиц больше ККМ?
10. Нужна ли для глинистых растворов агрегативная и седиментационная устойчивость?
11. Чем опасен переход лиофильной коагуляции в лиофобную в буровых растворах?
12. Чем отличается коагуляция от флокуляции?
13. В чем принципиальное отличие полимерсолевых растворов от глинистых?
14. Как вы понимаете термин "сводообразующие" частицы и каково их назначение в создании кольматационного экрана?

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Осипов В.И. Природа прочности и деформационные свойства глинистых минералов. - М.: Изд-во Моск.ун-та, 1979. - 231с.
- 2 Воюцкий С.С. Курс коллоидной химии. - М.: Изд-во «Химия», 1964. - 574с.
- 3 Дж. Р. Грей, Г.С. Дарли. Состав и свойства буровых растворов. - М.: Недра, 1965. - 509с.
- 4 Ахмадеев Р.Г., Данюшевский В.С. Химия промывочных и тампонажных жидкостей. - М.: Недра, 1981. - 151с.
- 5 Кистер Э.Г. Химическая обработка буровых растворов. - М.: Недра, 1972. - 391с.

Редактор Н.В. Исхакова

Подписано в печать 22.07.10. Бумага офсетная. Формат 60x84 1/16.

Гарнитура «Таймс». Печать трафаретная. Усл. печ. л. 2,3. Уч.- изд. л. 2,5.

Тираж 150. Заказ 134

Издательство Уфимского государственного нефтяного технического университета
Типография Уфимского государственного нефтяного технического университета

Адрес издательства и типографии:

450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1