

Современный подход к проектированию буровых технологических жидкостей для бурения скважин в сложных горно-геологических условиях.

Процесс строительства нефтегазовой скважины различного назначения и ее стоимость зависит в значительной степени от свойств бурового раствора. Стоимость самого бурового раствора является относительно небольшой (7-30%), но выбор наиболее оптимальной жидкости и поддержания свойств в процессе бурения имеет глубокое влияние на общие затраты на скважину. Например, время, необходимое для бурения на общую глубину зависит от скорости проходки долота, а также от издержек, вызванных обрушением горных пород, прихвата бурильной колонны, потери циркуляции и т.д., все из которых являются следствием взаимодействия бурового раствора со стенками скважины. Кроме того, буровой раствор влияет на оценки параметров продуктивного пласта и последующую продуктивность скважины. Отсюда следует, что выбор подходящего бурового раствора и постоянного контроля его свойств является задачей не только инженера по буровым растворам, но и супервайзера бурения, бурового мастера и инженеров технологов.

По подсчетам А.Б. Ронова, общий объем осадочных отложений неогена (верхний докембрий — фанерозой) достигает 1130 млн. км³. Это составляет всего 11 % объема земной коры и 0,1 % общего объема всей Земли или 9 % массы коры и 0,05 % массы Земли.

Несмотря на столь небольшое, казалось бы, количественное значение, роль осадочных пород огромна. Они занимают почти 80 % общей площади суши (119 млн. км² из общей площади 149 млн. км²) и примерно столько же - 76 % площади дна современного Мирового океана. Вместе с тем, несмотря на эту почти повсеместную распространенность, распределение мощностей и массы осадочных пород по площади весьма неравномерно. Максимальные мощности достигают, видимо, 20 - 25 км, а может быть и больше, в горно-складчатых областях, некоторых краевых впадинах платформ (типа Прикаспийской) и в прогибах окраин континентов.

Среди осадочных пород наиболее распространены в стратифере Земли (без учета эффузивов) **глинистые породы — 51,12 %**; далее следуют обломочные породы (песчаники, так как другие типы обломочных пород — конгломераты и т.д. - встречаются в глобальном масштабе весьма ограничено) - 25,0 %; примерно такое же количество карбонатных пород - 20,4 %. На кремнистые породы приходится 2,3%, на гипсы, ангидриты, соли - 1,2 % общего объема осадочных отложений. Поскольку в стратифере имеются и вулканогенные образования и их количество оценивается в 12,7 % от общего объема данной оболочке, то с учетом этого доля чисто осадочных пород

несколько ниже и для указанных выше пород равна соответственно 44,6, 21,8, 17,8, 2,0 и 1,1 %. Количественное значение других осадочных образований — фосфоритов, аллитов, лимонитов и т.д. — ничтожно, хотя их важное экономическое значение несомненно и не сопоставимо с их количественным распространением.

Химический анализ глин показывает, что они неизменно содержат кремний, алюминий и воду, а также часто значительное количество железа, щелочных и щелочноземельных металлов.

Неустойчивость ствола скважины является серьезным осложнением, характер которого зависит от геологических условий в разбуриваемых горных породах. Поэтому тип бурового раствора, обеспечивающий максимальную устойчивость ствола для каждой площади свой. Многие исследователи пытались положить в основу выбора бурового раствора классификацию глинистых пород по признаку минерального состава и структуры. При таком подходе трудность состояла в том, что свойства глинистых пород определяются слишком большим числом переменных факторов, чтобы их можно было подразделять на отдельные простые категории. Кроме того на устойчивость ствола влияют и другие факторы, такие как тектонические напряжения, поровые давления, характер залегания глинистой толщи и степень ее уплотненности

Анализ и исследование глинистых горных пород показал, что неустойчивость стенок скважин связана со специфическим минеральным составом материала, заполняющего трещины и слагающих стенки скважин в осадочных толщах. Лабораторные исследования показали, что образцы горных пород представляют пористую смесь (0,1-5 мкм) кристаллических и аморфных минералов. Во всех представленных образцах обнаружен монтмориллонит. Разрушение аргиллитов при взаимодействии с буровыми растворами на водной основе связано с их минеральным составом. Вода проникает в микропоры и микротрещины, способствуя раскрытию трещин, гидратации глинистых минералов с образованием площадок скольжения и, как следствие, приводит к разрушению. Наличие тектонических зон снижает устойчивость пород вне зависимости от их минерального состава. ионный насос, засасывая в глинистую породу воду, что впоследствии приводит к повышению подвижности пород и осыпанию стенок скважины.

При первичном вскрытии продуктивных пластов, сложенных песчано-глинистыми горными породами наблюдаются аналогичные явления неустойчивости стенок скважин, связанных с гидратацией горных пород и как следствие приводящие к снижению размера порового пространства.

Анализ мирового опыта проектирования буровых технологических жидкостей для бурения скважин в сложных горно-геологических условиях показал, что невозможно применять одни и те же рецептуры для бурения различных скважин.

Для решения поставленных задач в Институте нефти и газа создан центр по исследованию кернa со сложными фильтрационно-емкостными свойствами (ЦИК). Одним из научных направлений ЦИК является разработка рецептур буровых растворов для первичного вскрытия терригенных и карбонатных коллекторов нефти и газа Восточной Сибири.

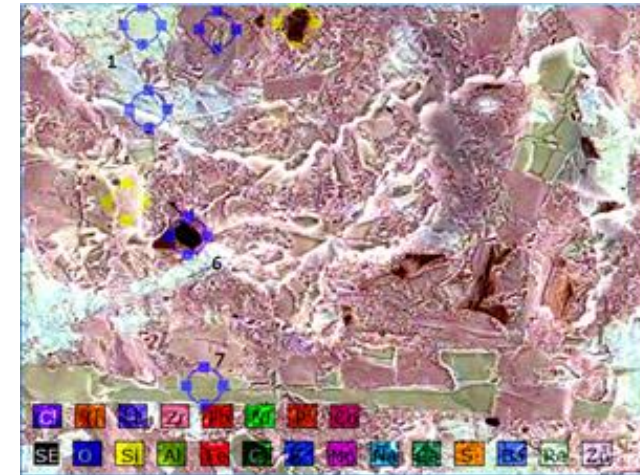
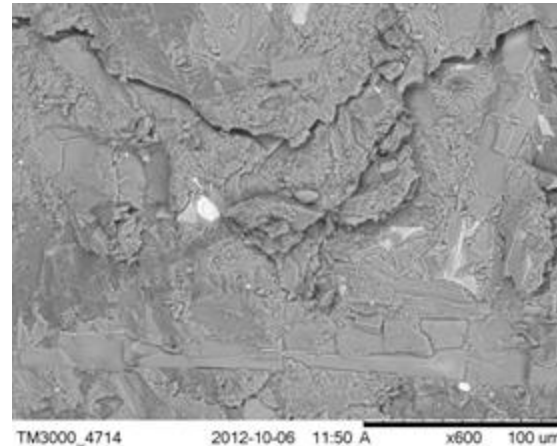
Современный подход к проектированию буровых технологических жидкостей основан на известном методе Ченеверта.

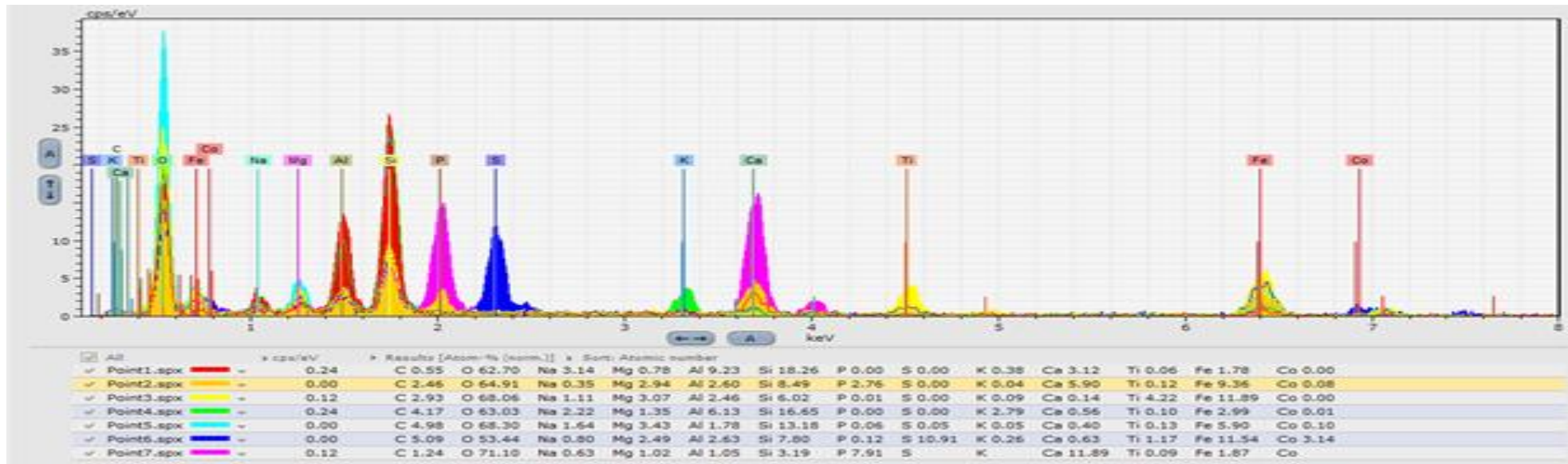
1. Аналитические исследования образцов горных пород.

Определение элементного состава на рентгено-флюоресцентном спектро-метре BRUKER S2 Ranger (детектируемые элементы с Na до U). Для пробоподготовки используется автоматическая установка для сплавления образцов Vulcan 4MA (8 г. $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ + 2 г образца + LiBr).

1.1 Микрофотографирование и микроанализ.

Микрофотографии образцов выполнены на настольном сканирующем электронном микроскопе Hitachi TM3000 (разрешение до 30 нм). Для микроанализа используется рентгеноспектральный анализатор BRUKER XFlash 430 H (детектируемые элементы от В до Am). В качестве объекта исследования берутся свежие сколы образцов горных пород.





Оценочная расшифровка химического состава по точкам:

1. Na, Al, Ca, Si, O; 2. Mg, Al, Fe, Si, O; 3. Na, Mg, Al, Fe, Si, Ti, O; 4. Na, K, Mg, Al, Fe, Si, O; 5. Na, Mg, Al, Fe, Si, O; 6. Mg, Al, S, Si, Fe, Ti, Co, O; 7 Ca, P, O

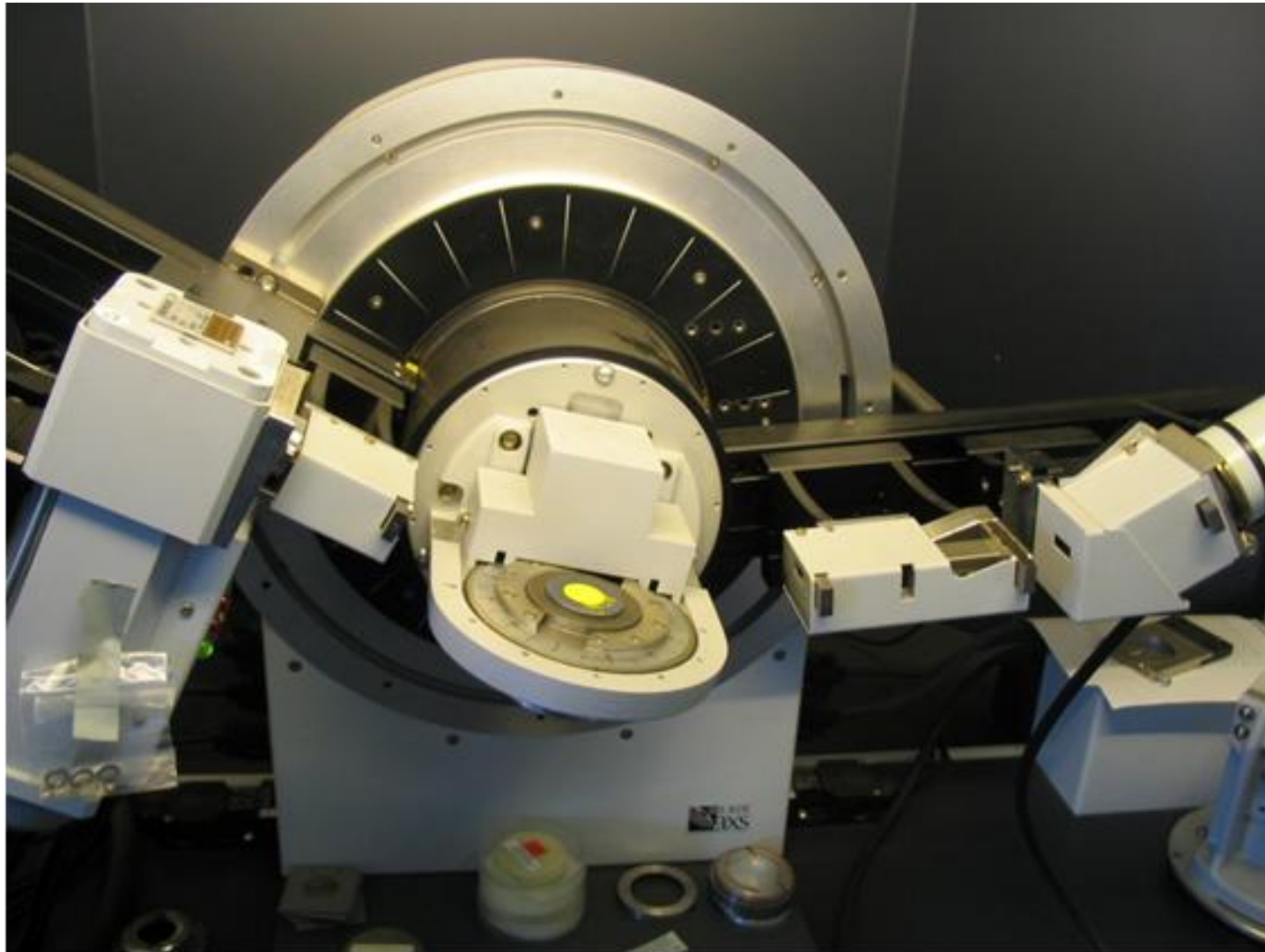
Размер частиц: >5 мкм.

Размер пор: ~ 2 мкм.

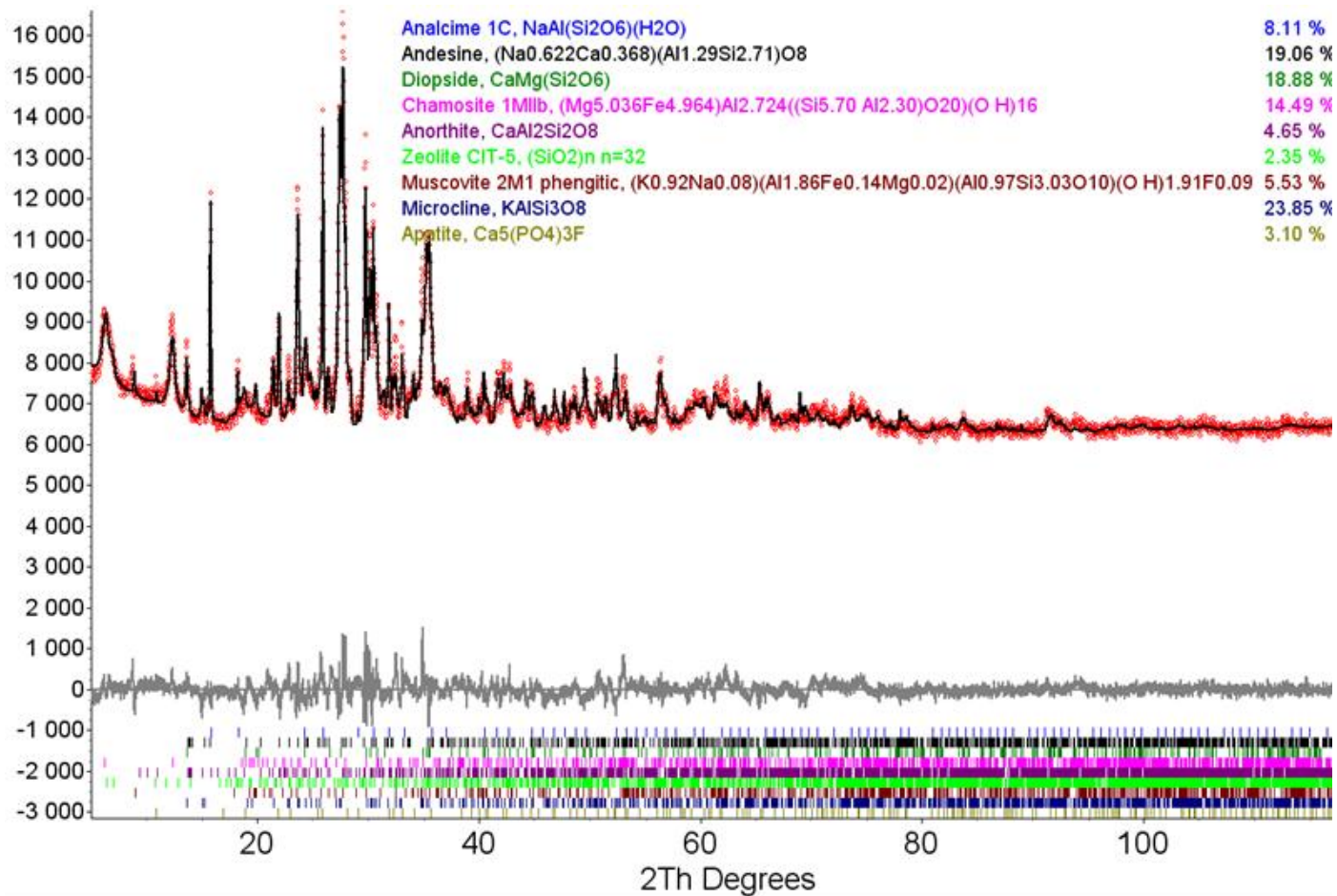
Слоистая структура образца, с вкраплениями (в алюмосиликатной матрице) FeTi до 60 мкм и CaMg до 250 мкм и прожилками Ca длиной ~ 220 мкм и 15-20 мкм в поперечине.

1.2 Рентгенофазовый анализ.

Порошковые рентгенограммы всех образцов получают на дифрактометре D8 ADVANCE фирмы Bruker, используется линейный детектор VANTEC и Cu-K α излучение.



Порошковый дифрактометр D8 ADVANCE



Разностная рентгенограмма результата уточнения фазового состава образца №4

Анализ полученных данных от образца №4

Образец очень тяжело раскалывается и перетирается в порошок. Цвет порошка серый. Эксперимент отснят с экспозицией 5 сек в точке. Уточнение дало следующие факторы недовостовренности: $R_{wp}=2.63\%$; $GOF=1.703$. Значения малы и позволяют утверждать, что уточнение прошло хорошо и основные фазы вещества установлены. Не удалось идентифицировать только 3 рефлекса малой интенсивности. Непроидентифицированные фазы соответствующие этим рефлексам в сумме могут дать не более 1-5% весовой доли от образца, судя по интенсивности.

Таблица. Состав вещества №29

Общее название фазы, хим. формула	Сингония, пр. группа	Параметры ячейки, Å, °	Объем ячейки V, Å ³	Вес ячейки M, г/моль	Плотность фазы ρ, г/см ³	Средний размер кристаллитов, мкм	Весовая доля wt%
Microcline, KAlSi₃O₈	Триклинная <i>C$\bar{1}$</i>	a=8.365(2) b=13.018(3) c=7.255(2) α=91.18(3) β=116.45(2) γ=89.43(3)	707.2	1108.9	2.604(5)	1.4(5)	23.9(4)
Andesine, (Na_{0.62}Ca_{0.38})(Al_{1.3}Si_{2.7})O₈	Триклинная <i>C$\bar{1}$</i>	a=8.177(1) b=12.876(2) c=7.116(1) α=93.35(2) β=116.20(1) γ=90.27(1)	670.7	1075.73	2.663(5)	0.071(3)	19.1(4)
Diopside, CaMg(Si₂O₆)	Моноклинная, <i>C2/c</i>	a=9.782(1) b=8.927(1) c=5.2840(6) β=105.856(9)	443.8	866.20	3.2407(7)	0.058(2)	18.9(3)
Chamosite 1Mпб, (Mg_{5.036}Fe_{4.964})Al_{2.724}((Si_{5.70}Al_{2.30})O₂₀)(OH)₁₆	Триклинная <i>C$\bar{1}$</i>	a=5.505(4) b=9.107(7) c=14.394(6) α=86.41(7) β=94.56(7) γ=90.30(6)	717.9	1271.24	2.940(3)	0.02(1)	14.5(2)
Analcime, NaAl(Si₂O₆)(H₂O)	Кубическая, <i>Ia$\bar{3}$d</i>	a=13.7341(9)	2590.6(5)	3422.4	2.19(1)	0.0143(6)	8.1(3)
Muscovite 2M1 phengitic, (Mg-, Fe-содержащий мусковит)	Моноклинная, <i>C2/c</i>	a=5.182(2) b=9.205(4) c=19.852(7) β=94.73(4)	943.7	1599.33	2.814(2)	0.06(2)	5.5(2)

$(K_{0.92}Na_{0.08})(Al_{1.86}Fe_{0.14}Mg_{0.02})(Al_{0.97}Si_{3.03}O_{10})(OH)_{1.91}F_{0.09}$							
Anorthite, CaAl₂Si₂O₈	Триклинная $I\bar{1}$	a=8.140(1) b=12.856(3) c=14.364(2) α =94.50(2) β =116.21(2) γ =88.55(2)	1334.4	2225.49	2.749(1)	0.2(1)	4.7(2)

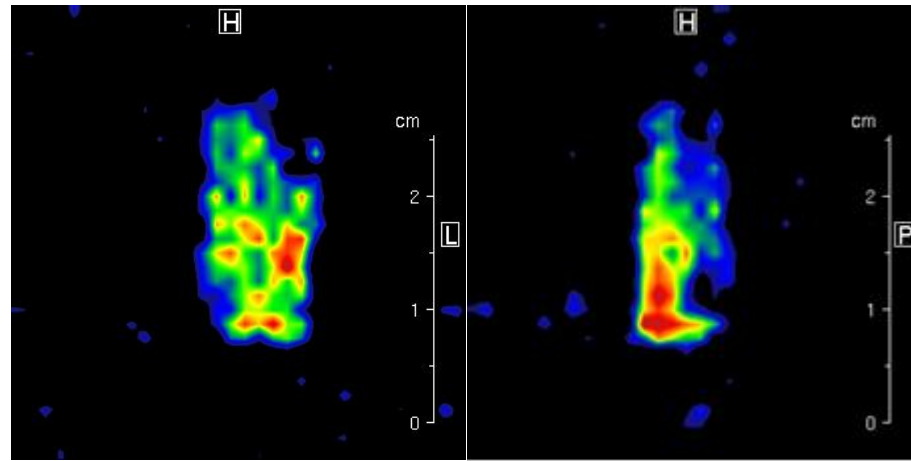
1.3 ЯМР 1H спектроскопический и томографический анализ.

Все измерения выполняются с помощью **ЯМР микротомографа** на основе **Bruker AVANCE DPX 200**. Для получения спектров по ядрам 1H и томографических изображений образцы распиливаются сухим пилением до параллелепипедов нужных размеров (20 мм x 20 мм x 30 мм). Для исследований взаимодействия с водой образцы помещаются вертикально в контейнер с дистиллированной водой с глубиной погружения 3 мм.

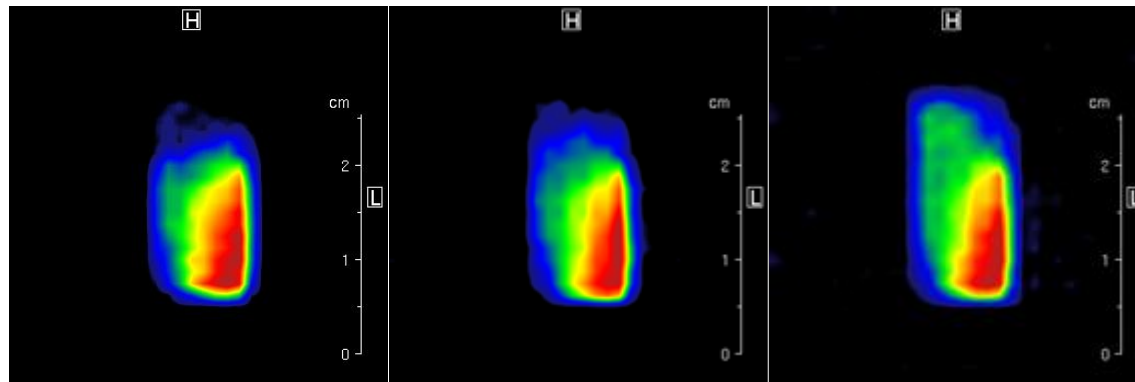
Образец №24, до начала процесса пропитки, Рост=3.2%. Для количественного измерения динамики пропитывания образцу №24 была придана правильная форма (параллелепипед). Томограммы сухого образца:

Для количественного измерения динамики пропитывания образцу №24 была придана правильная форма (параллелепипед). Томограммы сухого образца:

Для количественного измерения динамики пропитывания образцу №24 была придана правильная форма (параллелепипед). Томограммы сухого образца:



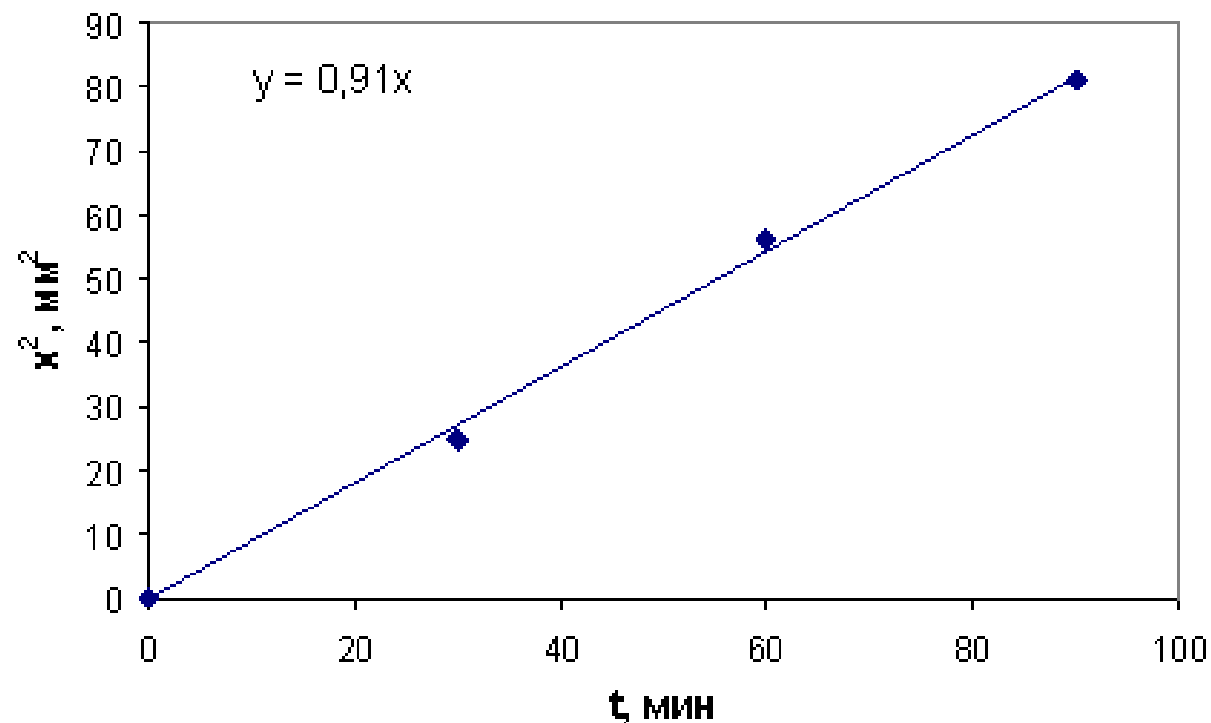
Томограммы в процессе пропитывания:



30мин

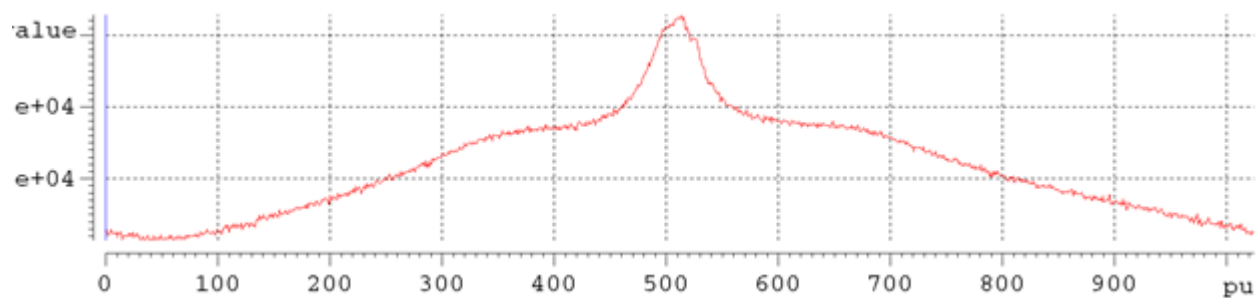
60 мин

3 сут

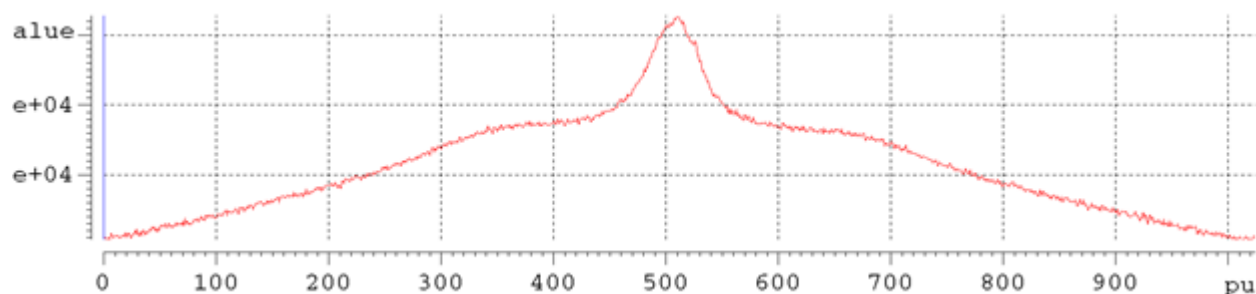


Динамика проникновения воды описывается классическим диффузионным уравнением $x^2=2Dt$, где x – пройденное фронтом расстояние, D – коэффициент диффузии воды, t – время пропитки. Коэффициент диффузии, рассчитанный из представленных на графике данных, составляет $D=7.6\text{мм}^2/\text{с}$.

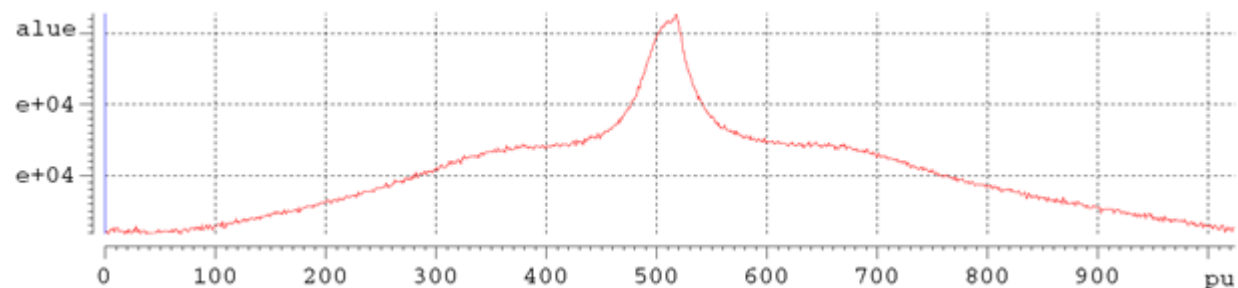
Ниже представлена серия спектров после начала процесса пропитки



30 мин, P = 9.3%



60 мин, P = 9.6%



3 сут, P = 13.2%

1.4 Спектроскопия методом комбинационного рассеяния света.

Для получения спектров комбинационного рассеяния света в качестве источника возбуждения используется поляризованное излучение 514.5 нм Ar⁺ лазера (Spectra Physics Stabilite 2017) мощностью не превышающей 2 мВт на образце. Спектры в геометрии 180° получают на спектрометре Horiba Jobin Yvon T64000 с использованием конфокальной микроскопной приставки. Спектр измеряется с пятна диаметром 10 мкм. Для получения более полной картины для каждого образца измеряется несколько точек, выбранных случайным образом. Исследуется рассеяние как от необработанной поверхности образцов, так и от их свежих сколов.

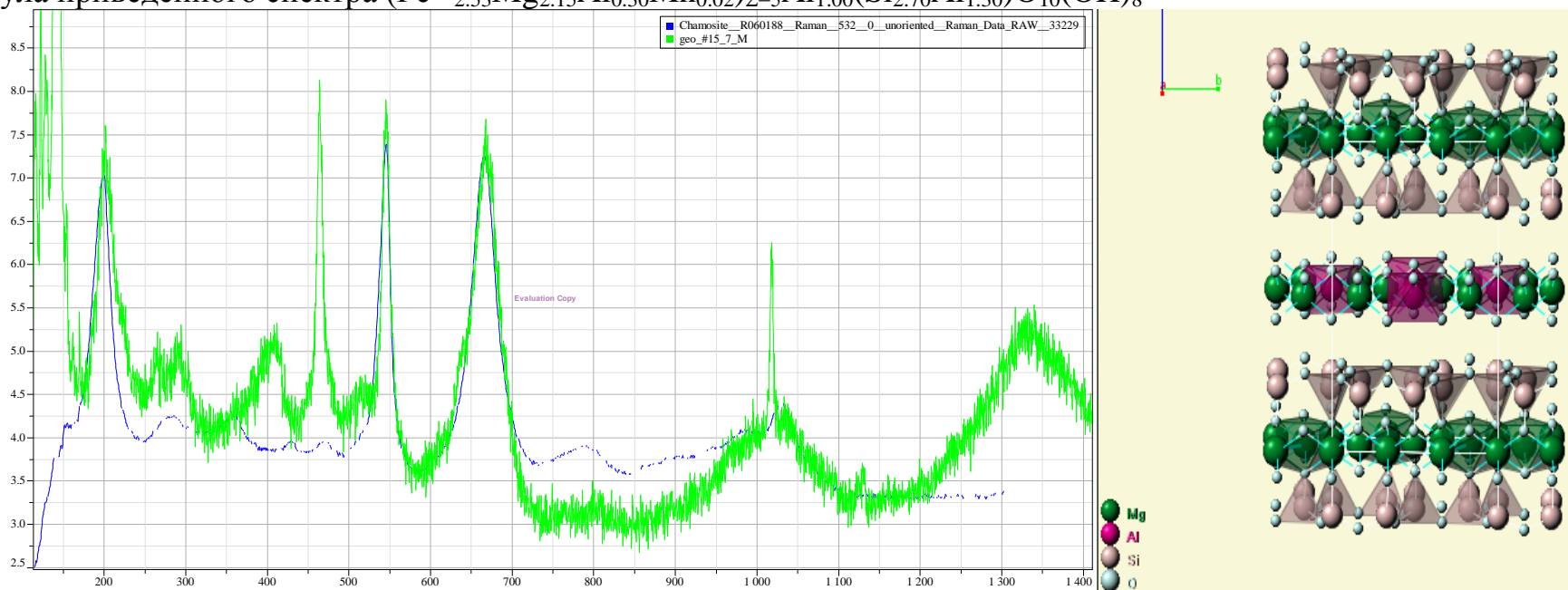
Анализ спектров различных образцов позволяет разделить их на несколько групп по наличию у них характеристических колебаний: 144, 545, 640, 670, 1018, 1090, 1318, 1350, 1608. Эти колебания соответствуют следующим минералам:

- Ангидрид: 1018 cm^{-1} , 1090 cm^{-1}
- Шамозит: 670 cm^{-1} , 545 cm^{-1}
- Анатаз: 144 cm^{-1} , 640 cm^{-1}
- Гематит: 1318 cm^{-1}
- Уголь: 1350 cm^{-1} , 1608 cm^{-1}

Шамозит (Chamosite)

Идеальная формула: $(\text{Fe}^{2+}, \text{Mg}, \text{Al}, \text{Fe}^{3+})_6(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH}, \text{O})_8$

Формула приведенного спектра $(\text{Fe}^{2+}_{2.53}\text{Mg}_{2.15}\text{Al}_{0.30}\text{Mn}_{0.02})_{\Sigma=5}\text{Al}_{1.00}(\text{Si}_{2.70}\text{Al}_{1.30})\text{O}_{10}(\text{OH})_8$



Axial Ratios: a:b:c = 0.5773:1:1.5282

Размер ячейки: a = 5.373, b = 9.306, c = 14.222, Z = 2; beta = 97.88° V = 704.40 Den(Calc) = 3.13

Симметрия: Monoclinic – Prismatic

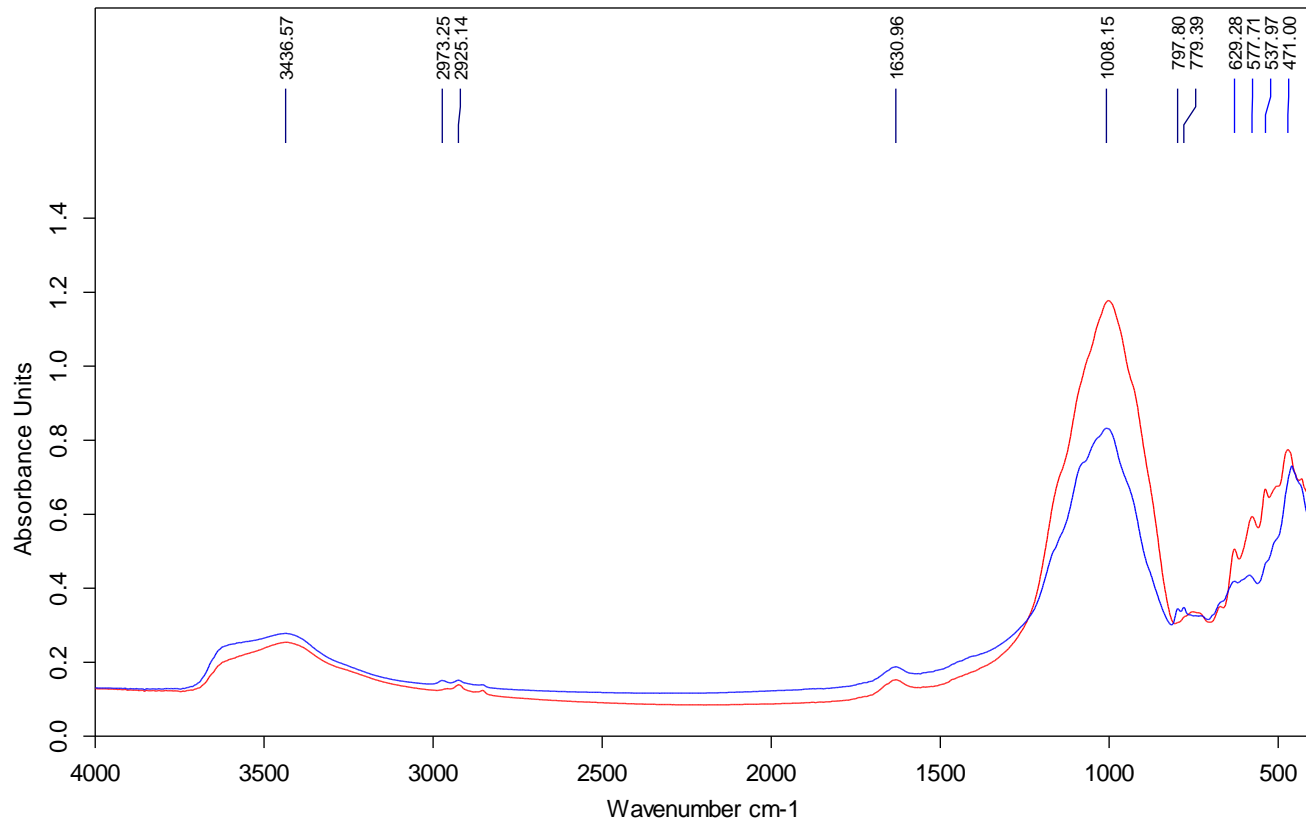
H-M Symbol (2/m)

Пространственная группа: C 2/m

1.5 ИК-спектральные измерения.

Образцы исследуются на пропускание в вакууме с помощью Фурье-спектрометра **Vertex-80V** фирмы **Bruker**. Пробоподготовка: измельченный материал тщательно растирается в ступке в пропорции 1:100÷1:200 с KBr. Смесь прессуется под вакуумом гидравлическим прессом при давлении от 7 до $10 \cdot 10^4$ Н/см².

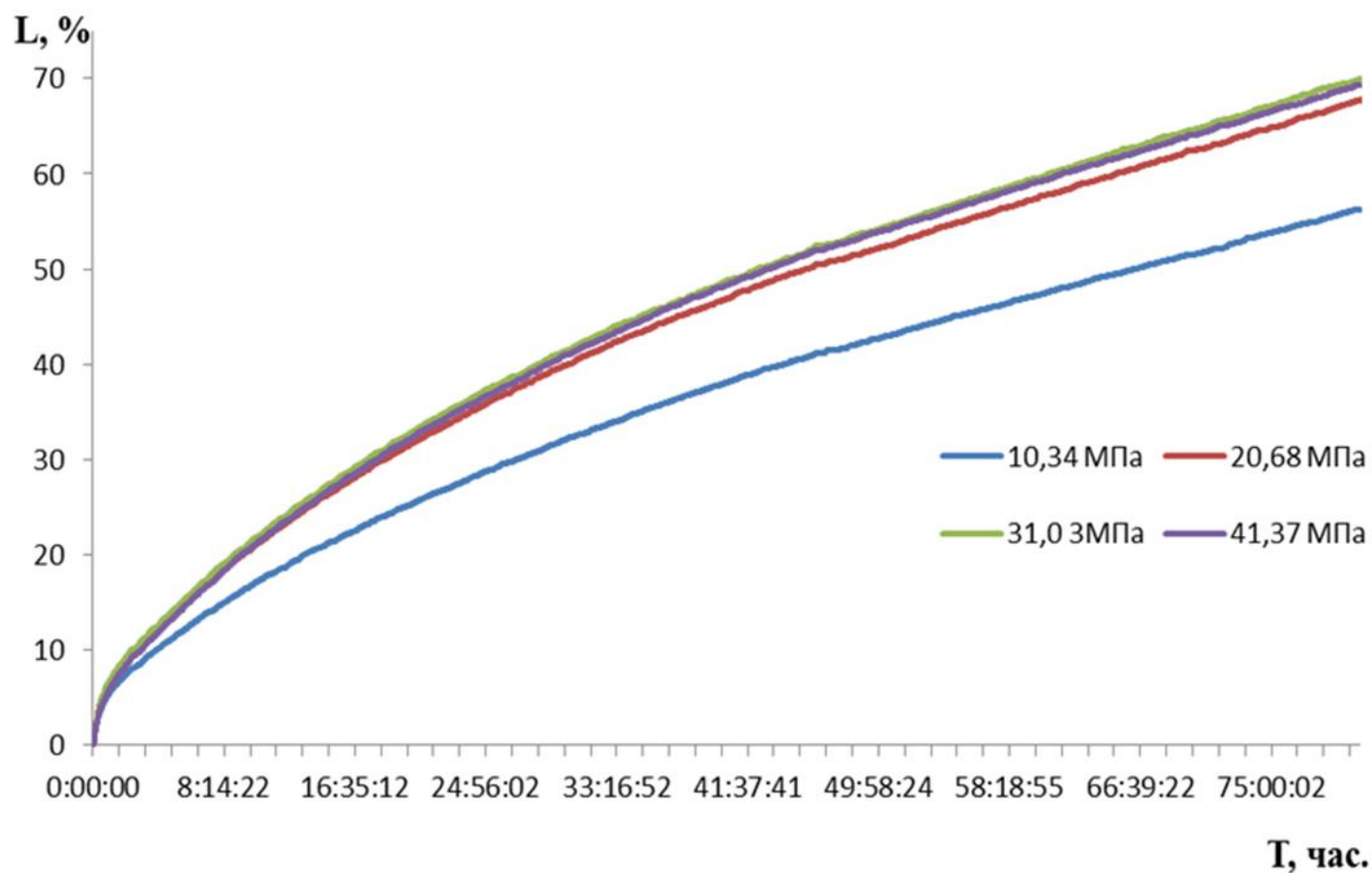
Большая часть спектральных измерений проводится с образцами в виде прессованных таблеток с бромидом калия. Измельченный образец тщательно растирается в ступке в пропорции 1:100÷1:200. Смесь прессуется под вакуумом гидравлическим прессом при давлении от 7 до $10 \cdot 10^4$ Н/см². Полученная таким образом таблетка исследовалась на пропускание в вакууме с помощью Фурье-спектрометра Vertex-80V фирмы Bruker. Для некоторых образцов забор измельченного вещества производился двумя способами. Первый способ – сошлифовкой с поверхности сколов алмазным диском. Сколы получали разламыванием образцов без применения режущих инструментов. Второй способ - радиальным поперечным запиливанием в нескольких местах шайбообразного образца алмазным диском.



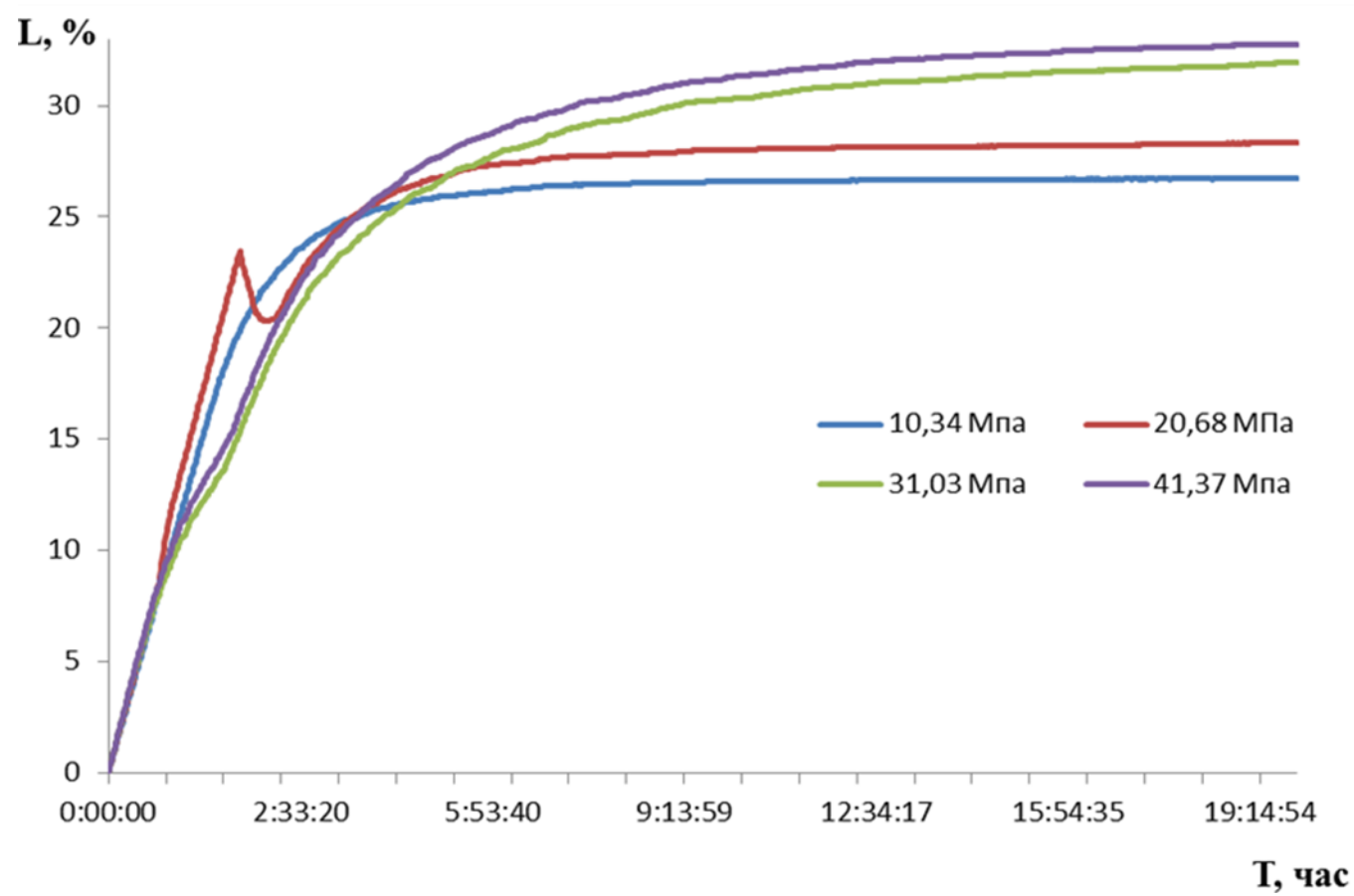
J:\Glina\N17\CleavageSurface\N17_CleavageSurface_KBr_MCT_Wide_T301_64sc_80000_350_vacuum_28.0C.2	N17_CleavageSurface_KBr_M	10/11/2012
J:\Glina\N17\Middle\N17_Middle_KBr_MCT_Wide_T301_64sc_80000_350_vacuum_27.8C.4	N17_Middle_KBr_MCT_Wide_T301_64sc_80000_	10/11/2012

Синяя линия – измерение пробы, полученной путем со шлифовки с поверхности сколов алмазным диском.
 Красная линия – измерение пробы, полученной в результате радиального поперечного зашлифования в нескольких местах шайбообразного образца алмазным диском.

2. Построение изотерм адсорбции для определения активности воды в глинистых горных породах по стандарту АРІ



Типичная кривая степени набухания таблеток, спрессованных из ММГ Таганского месторождения и при различном давлении в дистиллированной воде



Типичная кривая степени набухания таблеток, спрессованных из иллитового глинопорошка при различном давлении в дистиллированной воде

3. Геомеханические исследования (по материалам: Джон Кук, Кембридж, Англия, Рене А. Фредериксен, Клаус Хасбо Несс Denmark Aps, Копенгаген, Дания и др.).



Диаграмма зависимости деформации от напряжения. Упруго-деформированные горные породы запасают энергию деформации при изменении своего объема. При снятии приложенных граничных напряжений порода возвращается в исходное состояние, а энергия деформации возвращается на исходный уровень. В случае достижения большего напряжения породы испытывают неупругое деформирование, при котором происходят необратимые внутренние структурные изменения (начиная с предела текучести), такие, как появление микротрещин растяжения, дробление зерен или скольжение вдоль межзеренных границ. Эти изменения приводят к постоянной объемной деформации, часто называемой пластической деформацией. Дальнейшее повышение напряжения в конечном итоге вызывает разрушение породы (на пределе разрушения), примером чего может являться дробление или растрескивание зерен и цемента или растворение минералов.

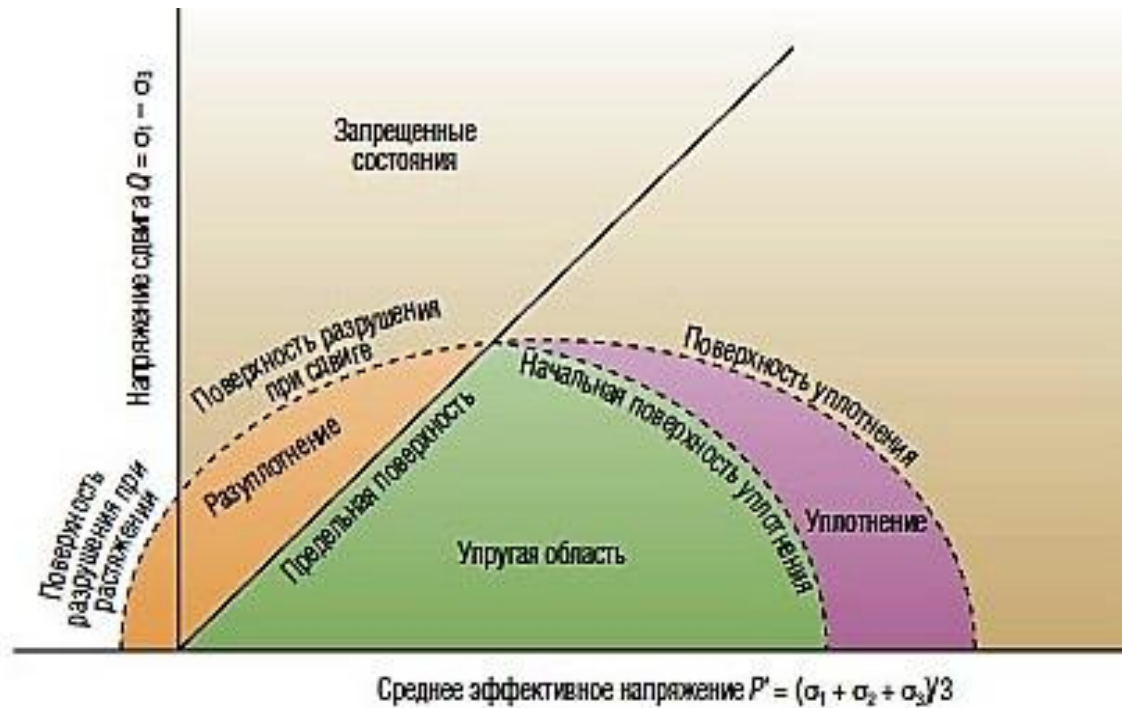


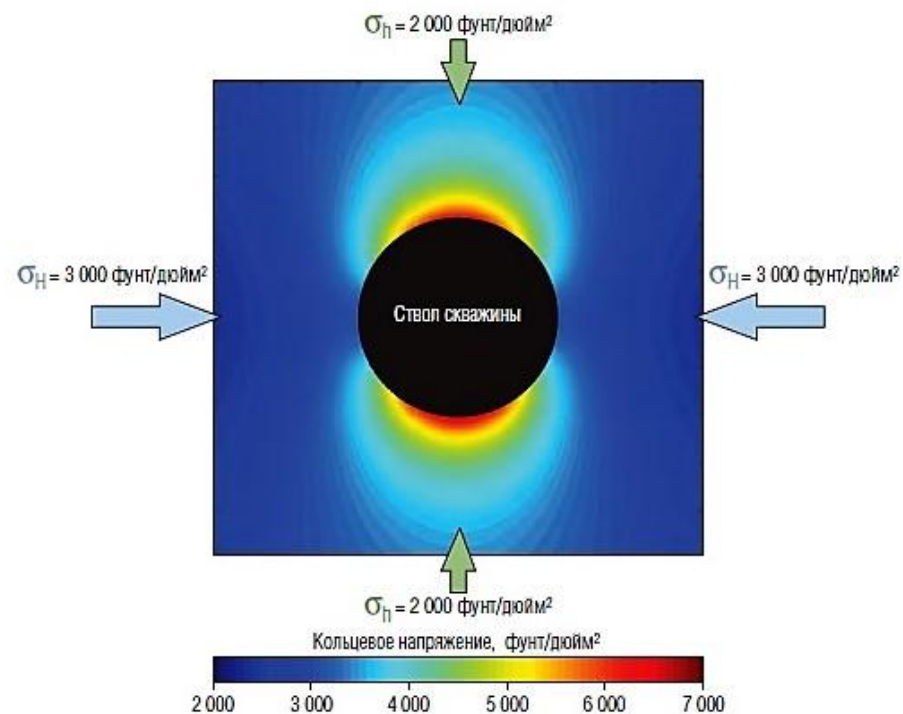
Диаграмма деформирования и разрушения. Различные режимы деформации и разрушения можно представить как функции напряжения сдвига Q и среднего эффективного напряжения P' .

При относительно малом P' и большом Q разрушение геоматериала обычно происходит в виде локального сдвига вдоль плоскости, находящейся под некоторым углом к осям главных напряжений.

При относительно большом P' и малом Q может произойти уплотнение породы за счет закрытия пор.

Поскольку коэффициент теплового расширения воды, заполняющей поровое пространство, гораздо больше, чем у пористого скелета, то тепло, переходящее от бурового раствора в пласт, вызовет большее объемное расширение порового флюида с соответствующим повышением порового давления. Тепловое расширение скелета поровой горной породы в стесненных условиях приводит к дальнейшему росту напряжений. Снижение способности бурового раствора поддерживать устойчивость стенок скважины часто сопряжено с увеличением порового давления в пласте. Такое снижение несущей способности бурового раствора вместе с тепловым расширением скелета пористой среды ухудшает устойчивость ствола скважины. И наоборот, охлаждение пласта может повысить устойчивость ствола скважины благодаря уменьшению порового давления и касательных напряжений в окрестности скважины. Снижение касательных

напряжений может также привести к уменьшению давления гидроразрыва пласта (ГРП), а при дальнейшем снижении касательные напряжения становятся отрицательными и провоцируют возникновение локальных трещин гидроразрыва. Взаимодействия между породой и буровым раствором могут также влиять на напряжения и поровое давление. Особо чувствительными к буровым растворам являются глины, которые присутствуют в большинстве пробуренных разрезов. Эти низкопористые породы, насыщенные, как правило, пластовыми водами, могут вступать в химические реакции с некоторыми буровыми растворами. Если пласт разбуривается с использованием несовместимого бурового раствора, проникающий в него фильтрат может вызвать разбухание глин.



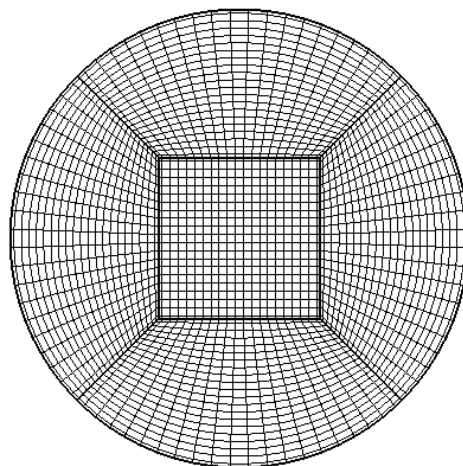
Горизонтальная проекция кольцевых напряжений вокруг вертикальной скважины. В представленном случае поровое и скважинное давления равны, а максимальное и минимальное эффективные давления в пласте составляют 2 000 и 3 000 фунт/дюйм² (13,8 и 20,7 МПа) соответственно. Кольцевое напряжение, зависящее от расстояния от скважины и азимута, является сильно сжимающим в направлении минимального горизонтального напряжения σ_H (красные области выше и ниже скважины), достигая почти 7 000 фунт/дюйм² (48,3 МПа). С наибольшей вероятностью разрушение стенок скважины произойдет вдоль этой оси.

4. Гидравлика буровых растворов (программа гидравлики рассчитывается специалистами из политехнического института)

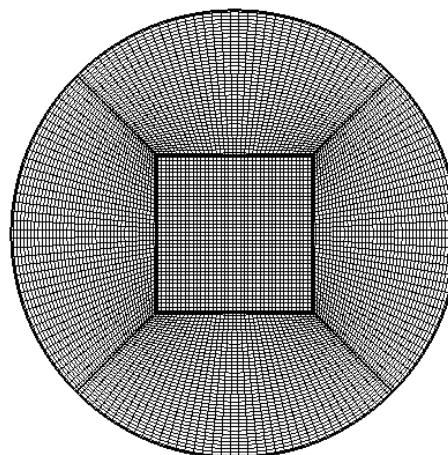
Из всей энергии затрачиваемой на строительство скважины более 80% Приходится на энергию затрачиваемую на промывку скважины.

По данным получаемым в лаборатории промывочных жидкостей и при бурении реальных скважин оцениваются потери давления во всех элементах гидравлической системы скважины и наземном оборудовании. Расчетные данные позволяют учитывать эквивалентную циркуляционную плотность буровых растворов.

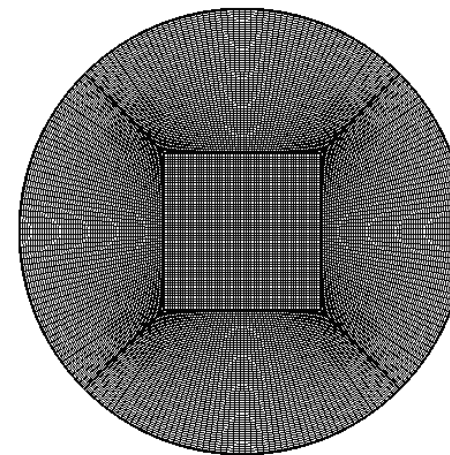
Ламинарное течение неньютоновской жидкости в круглой трубе модель Herschel-Bulkley



60×60×3 узлов

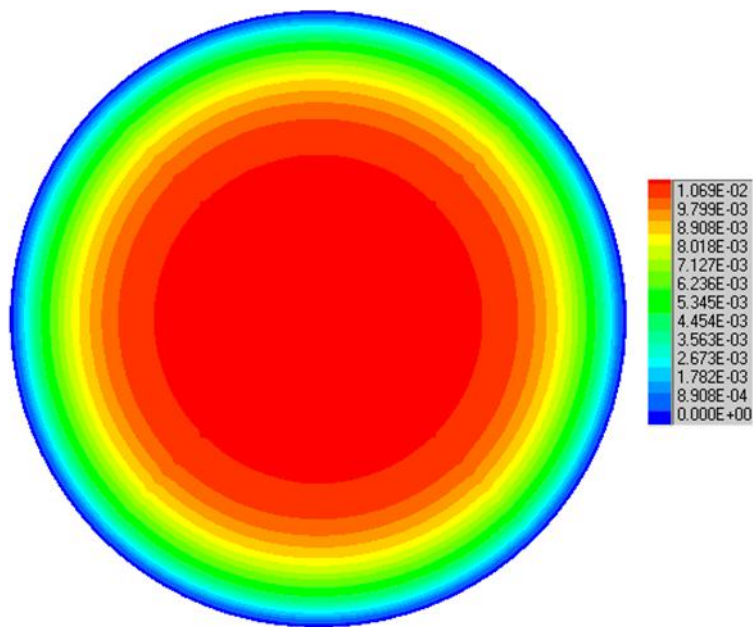


120×120×3 узлов

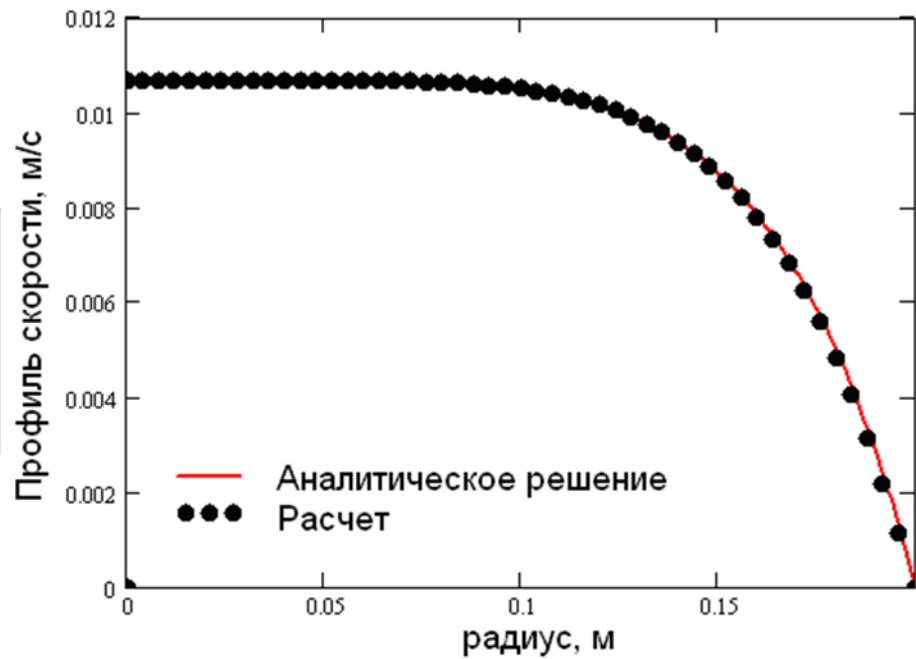


180×180×3 узлов

Расход на входе в трубу $Q=10\text{кг/с}$.

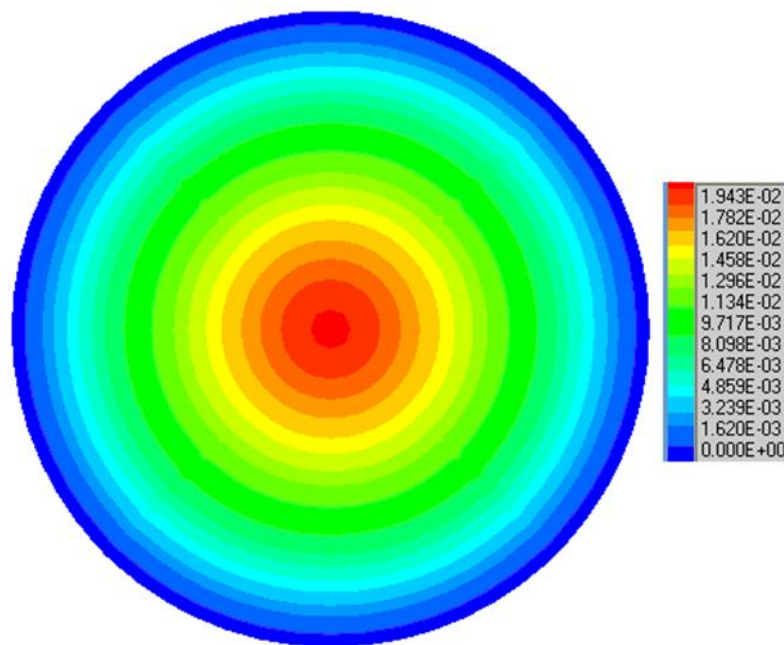


Изолинии скорости

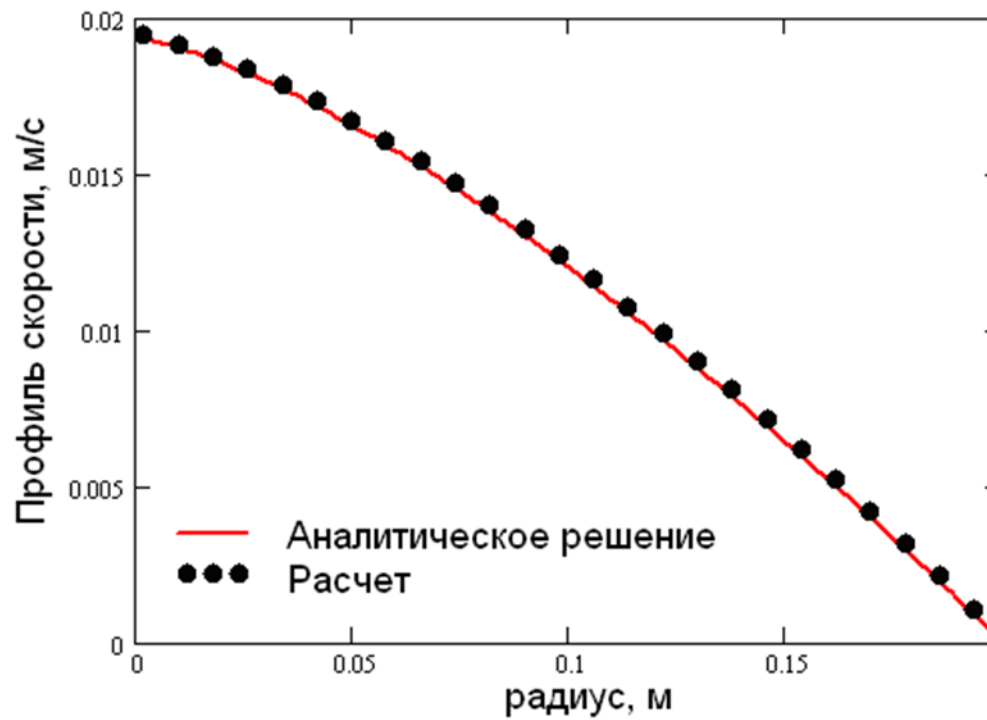


Профиль скорости

$$n = 0.2, k = 0.15 \text{ Па} \times \text{с}^n$$



Изолинии скорости



Профиль скорости

Величина перепада давления ΔP

	ΔP , Па Расчет	ΔP , Па Аналитическое решение	Ошибка, %
$n = 0.5, k =$ $0.001 \text{ Па} \times c^n$	0.00447	0.00446	0.2
$n = 0.2, k = 0.15$ $\text{Па} \times c^n$	1.194	1.193	0.08
$n = 2.5, k =$ $0.044 \text{ Па} \times c^n$	0.002987	0.002962	0.9

5. Разработка рецептов растворов на углеводородной основе (РУО).

Особенностью разработки растворов РУО является способность раствора обеспечивать отбор проб пластовых флюидов высокой степени чистоты.

Для измерения основных характеристик, таких как объёмы фильтрации и проницаемость до и после контакта с буровым раствором будут проводиться в петрофизической лаборатории центра исследования керна на реальных образцах горных пород (насыщенных и ненасыщенных различными флюидами).



Гидравлический стенд для исследования движения жидкостей в скважинных условиях

Тренажер оборудован датчиками давления и расхода, плотности промывочной жидкости и гидравлических импульсов, а также

насосами с давлением до расходом до 5 л/с

Позволяет производить опробование скважинного оборудования в условиях близких к реальным.





Научная лаборатория промывочных жидкостей



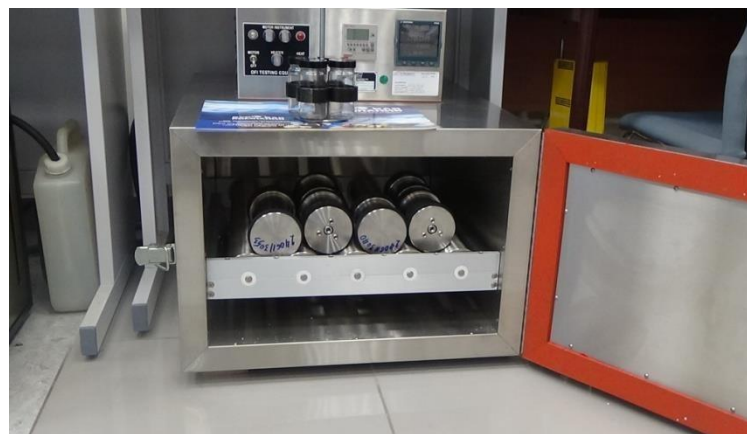
Высокотемпературный пресс-фильтр
высокого давления



Ротационный вискозиметр



Сушильный шкаф



Корозиометр

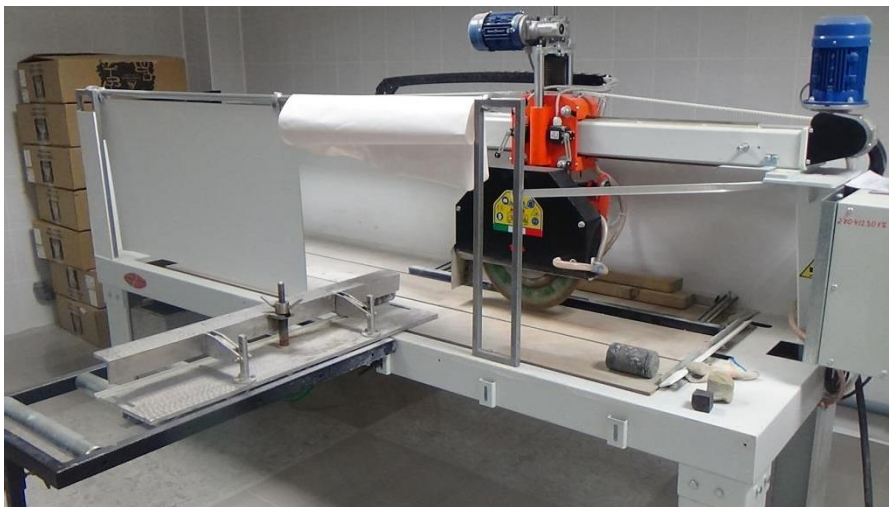
Научно-исследовательские лаборатории



- **Лаборатория подготовки керна к исследованиям;**
- **Лаборатория исследования однофазной проницаемости и пористости;**
- **Лаборатория хроматографии;**
- **Лаборатория исследования сопротивления прочностных свойств;**
- **Лаборатория исследования фильтрации в стационарных условиях;**
- **Лаборатория исследования свойств пластовых флюидов**



Лаборатория подготовки керна к исследованиям



• **Станок для выбуривания цилиндрических образцов керна**
(выбуривание образцов различных диаметров)



• **Станок для обрезки и шлифовки образцов керна**
(обрезка и шлифовка образцов)

- **Пила для продольной и поперечной резки полноразмерного керна**
(продольная и поперечная резка керна)



Зондовый пермеаметр

*Предназначен для исследования
проницаемости горной
породы по керну*





**Цифровая система проведения
фотосъемки керна**
*(дневной свет/ультрафиолетовое
излучение)*





Лаборатория исследования однофазной



- **Порозиметр газовый**
(для измерения пористости)



- **Групповой капилляриметр**
(для измерения остаточной водонасыщенности и



Лаборатория исследования фильтрации в стационарных условиях

Учебное оборудование

Пермеаметр, предназначен для исследования относительной проницаемости PERL-300;

Сжимаемость горных пород, ROCKCOM-200

Система сжимаемости горных пород разработана специально для демонстрации студентам сокращения объема пор, происходящего в поровом пространстве нефтеносных пластах при истощении пластового давления. Это сокращение пор является результатом изменения баланса между горным давлением (вызванным весом вышележащих отложений) и внутренним давлением пласта, которое обычно оценивается по гидростатическому градиенту. Перепад давления между вскрышей и внутренним поровым давлением называется "Эффективное горное давление" или EOP.





Лаборатория исследования фильтрации в стационарных условиях

Заводнение керна. Учебный модуль, UFS-200

Система настроена на экспериментальное вытеснение двумя фазами жидкости в нестационарных условиях или в установившемся режиме и одной газовой фазой в стационарных условиях. Номинально рассчитана на горное давление до 5000 фунт/кв.дюйм изб., давление поры 3500 фунт/кв.дюйм изб. при комнатной температуре. В системе имеется автоматизированный сбор данных, рабочие режимы ручной и полуавтоматический с помощью графического интерфейса на базе Windows. Экранная графика позволяет управлять с ПК работой клапанов, которые контролируют и направляют течение флюида, работать с системой управления насосом для пуска/останова течения флюида и регулирования расхода. Несколько систем могут быть объединены в сеть с ведущим ПК, что позволяет руководителю задавать критерии безопасности и эксплуатационные критерии, в то время как студенты сохраняют контроль над фактическими экспериментальными процедурами.

Лаборатория исследования прочностных свойств



Лаборатория исследования свойств пластовых флюидов

6. Экологическая оценка разработанных буровых растворов до и после бурения скважины и разработка мероприятий по утилизации буровых отходов.

Оценка и программа утилизации проводится совместно со специалистами из Института экологии и географии (кафедра экологии и природопользования).