

**МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«УРАЛЬСКАЯ ГОРНАЯ ШКОЛА – РЕГИОНАМ»**

24-25 апреля 2017 года

ТЕХНОЛОГИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РАЗВЕДКИ

УДК 622.733

**СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ВЫХОДА ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ
ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВА САХАРА**

Усов Г. А., Талалай А. Г., Еллиев Д. К., Герасименко А. С., Пильников Н. А.
Уральский государственный горный университет

Пектин - это натуральное желирующее и структурообразующее вещество, которое содержится в клеточных стенках и межклеточном пространстве всех растений. Особенно им богаты фрукты, ягоды и многие овощи. Пектин в переводе с греческого «pektos» - свернувшийся, замерзший. Пектиновые вещества выполняют в растительных тканях различные физиологические функции структурных и связывающих компонентов и регулируют водный обмен растений.

Благодаря природному происхождению и уникальным свойствам пектин и пектинопродукты, не имеющие полноценных искусственных заменителей, завоевали прочное место в современной технологии пищевой промышленности и некоторых областях медицины. По международной классификации пектиновые вещества зарегистрированы под номером Е 440 и вошли как одна из главных пищевых добавок в очень широкий ассортимент продуктов питания, выпускаемых во всех развитых странах Европы и США (кондитерские, молочные, хлебобулочные и консервные изделия).

Помимо обеспечения безопасности питания необходимость расширения производства пектина обусловлена его профилактическими свойствами природного детоксиканта. Пектины обладают способностью выводить из организма человека тяжелые металлы (свинец, цинк, молибден и др.). Замечательным природным санитаром пектин выступает в борьбе с долгоживущими изотопами цезия, стронция и других радионуклидов. Пектиновые вещества обладают широким спектром биологической активности и используются в лечебно-профилактических целях: при лечении диабета, атеросклероза, ишемии сердца, желудочно-желудочных заболеваний. Пектины повышают устойчивость организма к аллергии, нормализуют количество холестерина, используются в качестве регуляторов обменных процессов в организме человека. В литературе появились данные об эффективности пектинов при лечении раковых опухолей. Ранее пектины не находили должного признания на рынке, поскольку они не дают прямого энергетического баланса в пищевом рационе. Однако в настоящее время результаты проведенных многолетних научно-исследовательских работ показывают, что пектины оказывают положительное влияние на состояние здоровья человека. Согласно рекомендациям Минздрава, суточное потребление пектина в лечебно-профилактических целях составляет 2-4 грамма в сутки.

После распада СССР из-за отделения бывших союзных республик, а также из-за несовершенства технологии и морального износа оборудования отечественная промышленность утратила производство пектина, а потребность в пектине в России растет,

особенно в условиях осложненной экологии. Россия вынуждена полностью удовлетворять потребность в пектине за счет импорта данного продукта (см. рис.), среди крупнейших поставщиков пектинов на российский рынок можно выделить компании Hercules Incorporated, Herbstreith & Fox KG, Obipectin, Copenhagen Pectin A/S, Danisco, Cesaplina di Milano и ряд других. В связи с создавшейся ситуацией возникла острая необходимость в восстановлении пектинового производства в России, которое обеспечит новые рабочие места, поддержит отечественного производителя и позволит получать продукт с лечебно-профилактическими свойствами. Российскими и зарубежными учеными интенсивно проводятся исследования по разработке технологии выделения пектинов из различного сырья и использованию их в качестве пищевых и лечебно-профилактических добавок. Традиционная технология для выделения пектинов использует яблочные и цитрусовые выжимки, корзинки подсолнечника, свекловичный жом и др. Таким образом, пектин представляет собой уникальный биологически активный продукт с радиопротекторными и другими лечебно-профилактическими свойствами.

Свекловичный жом, получаемый как побочный продукт при производстве сахара, содержит пектин по своему составу идентичный пектину яблок и цитрусовых. Пектин обладает способностью давать в водных растворах с сахаром и кислотой прочные гели. На этом свойстве основано применение пектина. Традиционно пектин производят по следующей схеме.

В автоклав подают определенное количество сушеного жома и воду с температурой 60-70° С в отношении 15:1 по массе сухого жома и раствор соляной кислоты (25% к массе жома). Смесь нагревают открытым паром в течение 2-3 часов. При этом происходит гидролиз протопектина. По окончании гидролиза экстракт отфильтровывают и направляют на нейтрализацию. Нейтрализацию проводят 12,5%-ным аммиаком до рН 7,0-7,5. Нейтрализованный экстракт фильтруют, к нему прибавляют 20%-ный раствор хлористого алюминия для осаждения пектина в таком количестве, чтобы рН снизился до 3,7. Осадок отжимают на центрифуге и высушивают. Теперь необходимо из этого осадка удалить алюминий. Для этого осадок обрабатывают 70%-ным этиловым спиртом, к которому добавляют 4% HCl. пектин не растворяется в 70%-ном спирте и остается в осадке, а алюминий вымывается из него в виде AlCl₃. Затем осадок промывают 60%-ным спиртом для удаления HCl. Осадок отжимают и высушивают. Спирт регенерируют и снова используют.

В лабораторных условиях на кафедре ТТР МПИ опробован способ получения пектиновых веществ из свекловичного жмыха с выходом полезного продукта на 50% выше чем у традиционных технологий. Данный эффект получен за счет предварительного сверхтонкого измельчения исходного сухого сырья на лабораторном стенде каскадной центробежной мельницы в режиме криоизмельчения, создаваемого за счет добавления “сухого льда” (СО₂). Благодаря добавке “сухого льда” в измельчительной камере продукт не контактирует с кислородом воздуха, т.е. не окисляется, не перегревается и становится более хрупким, что в итоге значительно улучшает качество готового продукта. Традиционно из свекловичного жома по выше описанной технологии удается извлечь 10-12 % пектиновых веществ, тогда как по разработанной авторами технологии выход пектиновых веществ достигает 28-30%. Не смотря на дешевизну исходного сырья (стоимость сухого гранулированного свекловичного жома составляет 7-9 руб/кг) технология производства пектина достаточно затратная и энергоемкая, соответственно и стоимость импортного пектина колеблется от 2000-3000 руб/кг (китайское производство) и до 7000 руб/кг (производство Франции). Повышенный выход (в 2-2,5 раза) пектина по новой технологии позволит создать высокорентабельное быстро окупаемое производство и снизить стоимость отечественного пектина, при сохранении качественных показателей, до 1000-1300 руб/кг.

ИССЛЕДОВАНИЕ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ МЕХАНОАКТИВИРОВАННЫХ ГЛИН ЛЮЛЬИНСКОГО УЧАСТКА ВУЛКАНОГЕННЫХ ПОРОД (ХМАО)

Усов Г. А., Фролов С. Г., Эйнгорн С. Г., Холкин С. В., Герасименко А. С.
Уральский государственный горный университет

Бурение скважин Западно-Сибирского нефтегазового комплекса в настоящее время крайне нуждается в местном, недорогом сырье для приготовления промывочных жидкостей. Таким исходным сырьем могут служить многие месторождения глин на севере Тюменской области. В связи с этим на кафедре “ТТР МПИ” были проведены лабораторные исследования разведанных местных глин применительно к их использованию в качестве структурообразователей буровых промывочных жидкостей.

Объектом лабораторных исследований являлись пробы монтмориллонитовых комовых глин. Данные монтмориллонитовые глины были установлены буровыми работами среди порфиристов при разведке Люльинского участка вулканогенных пород в 2014-2016 гг. в вулканогенно-осадочном комплексе трахиандезитового состава (25 км к юго-западу от с. Саранпуль, Березовский р-н, Хантымансийский национальный округ). Пробы проанализированы по нескольким скважинам.

Количественный минеральный состав исходных проб показал, что преобладающим минералом является монтмориллонит (60-90 %), который представлен изометричными, чаще неправильной формы агрегатами чешуйчатого строения, непрозрачный с матовой, глянцевой гладкой или неровной поверхностью. Цвет разнообразный: от светлых до темных оттенков. Окраска определяется примесью гидроксидов железа, марганца и других соединений. В агрегатах отмечаются тонкие включения рудных минералов, лейкоксена, хлоритов. Более крупные агрегаты содержат включения цеолитов, полевого шпата. Агрегаты монтмориллонита довольно легко разрушаются при механическом воздействии.

При исследовании глин были поставлены следующие задачи:

- определение выхода бурового раствора при использовании глин Люльинского участка в качестве структурообразователей, т.е. материалов для приготовления буровых глинистых промывочных жидкостей;
- модификация буровых растворов, приготовленных на основе исследуемых глин;
- разработка рекомендаций по приготовлению и использованию буровых глинистых растворов из исследованных глин в бурении.

Согласно техническим условиям на глинистое сырье исследуемые бентонитовые глины следует отнести к глинам IV сорта и для придания им улучшенных технологических свойств, в случае использования их в качестве сырья для приготовления буровых растворов, необходима дополнительная обработка химическими реагентами. При этом положительным фактором для исследуемых глин является сравнительно малое содержание в них песка - 2,6 % (в глинах четвертого сорта содержание песка допускается до 8 %). Другим положительным фактором для исследуемых глин является сравнительно высокая их обменная емкость - 48 мг/экв на 100 г сухой глины, которая достаточно близка к нижней границе высококоллоидальных монтмориллонитовых (бентонитовых) глин - 60-100 мг/экв на 100 г сухой глины, и наличие в обменном комплексе достаточно большого количества обменных катионов кальция (32,8 мг/экв на 100 г сухой глины). Последнее позволяет существенно улучшить качество буровых растворов, приготовленных на основе исследуемых глин, переводом кальциевых глин в натриевые с помощью реагентов-пептизаторов типа Na_2CO_3 , NaOH и др.

Следует отметить, что для улучшения технологических параметров буровых растворов, приготовленных на основе исследуемых глин, также целесообразно применять другие химические реагенты: КМЦ (0,2-0,5 %), ССБ (1-3 %), УЩР (2-5 %), различные полимеры и пр. В полимерных глинистых растворах целесообразно использовать полиакриламид (ПАА) и

гидролизированные его разновидности РС-2 и РС-4, метас, гипан, реагенты К-4, К-9, М-14 в количестве 0,05-0,5 % в пересчете на сухое вещество.

Рекомендации по применению буровых растворов, приготовленных на основе бентонитовых глин Люльинского участка, исходя из полученных результатов лабораторных исследований и изученности данных глин, могут быть следующие:

1. Для бурения в несложных условиях необходимо использовать данные глины с добавками реагентов и предварительной механоактивации мокрым или сухим способом. При этом, в случае необходимости существенного повышения технологических свойств бурового раствора, необходимо произвести принудительную их очистку. В этом случае, ориентировочно, можно достичь следующих технологических параметров бурового раствора: плотность - 1,08-1,15 г/см³; условная вязкость (по СПВ-5) - 17-25 с; водоотдача - 10-15 см³/30 мин. и менее; толщина корки - 1-3 мм; содержание песка - не более 3-4 %; статическое напряжение сдвига в пределах - 1,5-6,0 Па и более.

2. При бурении скважины в сложных геологических условиях для уменьшения или полного устранения отрицательных явлений необходимо разработать специальные рецептуры буровых растворов на основе исследуемых глин и технологию приготовления данных растворов: утяжеленные, азрированные, эмульсионные или специально химически обработанные буровые растворы. Такие буровые растворы могли бы применяться при бурении геологических разрезов, представленных толщами слабоустойчивых, трещиноватых, перемятых, легкоразрушающихся при обнажении пород, водонефтегазоносных пластов, многолетнемерзлых пород. Основными отрицательными явлениями в процессе бурения скважины в таких условиях являются обрушение и оплывание стенок скважины, вывалы кусков пород, поглощение промывочной жидкости или, наоборот, интенсивный приток в скважину пластовой жидкости (т.е. воды или нефти) или газа вплоть до выбросов из скважин фонтанов.

3. В связи с достаточно распространенной в нефтяном бурении проблемой предупреждения выбросов нефти и газа при сооружении буровой скважины имеются все основания рекомендовать буровые растворы, приготовленные на основе исследуемых глин, в качестве утяжеленных. Как показывают лабораторные исследования, из таких глин можно получить буровые растворы с достаточно высокой плотностью - до 1,25-1,30 г/см³ и более с небольшими значениями условной вязкости до 25-35 с. Другие необходимые значения технологических параметров по данным лабораторных исследований, в зависимости от требований геолого-технических условий бурения скважин, могут быть достигнуты вышеприведенными рекомендациями по химической обработке и технологии приготовления буровых растворов.

Анализируя выше изложенное, следует сделать следующие выводы:

– исследованные бентонитовые глины Люльинского участка могут быть использованы в качестве структурообразователей для приготовления буровых промывочных жидкостей, применительно к достаточно разнообразным геолого-техническим условиям бурения скважин;

– для повышения качества буровых растворов на основе исследованных глин необходимо широкое использование высокоэффективных измельчительных машин сухого и мокрого помола и механизмов очистки буровых растворов при их приготовлении от крупных фракций труднодиспергируемых глинистых частиц;

– необходимо дальнейшее проведение всесторонних комплексных лабораторных и опытно-производственных исследований по разработке и внедрению новых рецептур буровых растворов на основе исследованных глин применительно к конкретным геологотехническим условиям по заданию заказчика;

– бентонитовые глины Люльинского участка являются экологически чистым, недорогим отечественным сырьем, использование которого позволит решить ряд сложных геолого-технических задач. В области имеется достаточное количество месторождений местных бентонитовых глин, во многом аналогичных исследованным нами глинам. С учетом рекомендаций, изложенных в настоящей статье, запасы этих глин могут вполне обеспечить потребности в недорогих и хорошего качества отечественных материалах для приготовления промывочных жидкостей при проведении буровых работ в Западно-Сибирском нефтегазовом регионе.

МЕТОДЫ ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА ТВЕРДОЙ ФАЗЫ БУРОВЫХ ОЧИСТНЫХ АГЕНТОВ И ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ

Усов Г. А., Фролов С. Г., Эйнгорн С. Г., Сердюков Ф. П., Герасименко А. С.
Уральский государственный горный университет

Тонкодисперсные системы широко изучаются в практике нефтегазового и геологоразведочного бурения в виде продуктов измельчения бентонитовых глин, утяжелителей и кальматантов, тампонажных цементов и различных органических и неорганических реагентов. Основными методами дисперсионного анализа являются микрометрический, ситовой, седиментационный, адсорбционный, оптической профилометрии и сканирующей зондовой микроскопии. Гранулометрические границы применения рассматриваемых методов дисперсионного анализа различных дисперсных систем наглядно иллюстрируются классификацией, разработанной авторами (см. табл.).

Таблица - Классификация методов и приборов дисперсионного анализа.

Методы дисперсионного анализа	Приборы дисперсионного анализа	Диапазон размеров частиц, мкм
Методы прямого измерения размеров частиц	Лупа	200-500
	Микроскопы и микрометрические измерения;	1-200
	Микроскопические измерения	1-200
	Анализатор размеров частиц методом лазерной дифракции Sald 1000 (Япония)	0,25-500
	Лазерная спектроскопия, прибор культер-Н4 (Франция)	0,003-3
	Электронные микроскопы	0,0001-1
Ситовой анализ и методы фильтрации	Ультрамикроскопические измерения	0,0001-1
	Анализатор ситовой 236-Б-ГР (Россия)	70-1600
	Анализатор ситовой AP-2B (Чехия)	40-160
	Фильтры:	
	фильтры Шота	10-80
	бумажные	5-50
керамические	0,5-8	
ультрафильтры	0,005-2	
Метод фильтрации воздуха, прибор ПСХ-4, Т-3	1-150	
Седиментационные методы	Счетчик Культера-3М (Франция)	0,6-250
	Седиграф 500 (Франция)	0,1-100
	Центрифугальный анализатор размеров частиц SA-CP-2 (Япония)	0,1-150
Адсорбционные методы	Хроматографический сорботометр, цвет-211 (Россия)	0,015-15
	Sorpty-1750 (Италия)	0,015-20
Оптическая профилометрия	Оптический профилометр Wyko NT 1100, Veeco, США	0,0001-1000
Сканирующая зондовая микроскопия (СЗМ), полуконтактная атомно-силовая микроскопия (пк-АСМ)	Зондовые нанолaborатории NTEGRA-Prima, NTEGRA-Therma, NTEGRA-Aura	0,04-2

Для оценки качественных характеристик продуктов сверхтонкого помола твердых материалов, наиболее широко используемым, является анализатор размеров частиц SA-CP2 фирмы Шимадзу (Япония). Прибор позволяет проводить измерения в двух режимах: в

гравитационном поле (поле земного тяготения) и в поле действия центробежных сил (используя центрифугу с тремя скоростями: 500, 1000 и 1500 об/мин.). Диапазон измерений размеров (диаметров) частиц от 0,1 до 150 мкм. Измеряемым параметром является интенсивность светового пучка, проходящего через слои жидкости со взвешенными в ней частицами. Измерение относительной оптической плотности, пропорциональное концентрации, фиксируется оптической системой, включающей источник света и силиконовый фотоэлемент.

Данные по изменению светопоглощения суспензии в процессе опыта выводятся на экран компьютера, заносятся в долговременную память и после завершения опыта обрабатываются по специальной программе. Результаты измерений выдаются на печать в виде цифровых данных зависимости массы частиц (%) и их размеров (D, мкм), а также в виде интегральных и дифференциальных кривых распределения массы частиц по размерам.

Одним из новейших методов дисперсионного анализа твердой фазы дисперсных систем, широко используемым в нанотехнологиях, является метод сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). В основе метода сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ) лежит один из режимов полуконтактной атомно-силовой микроскопии (пк-АСМ), позволяющий получать трехмерные изображения рельефа поверхности с субнанометровым пространственным разрешением. Метод пак-АСМ заключается в регистрации сил межатомного взаимодействия между исследуемой поверхностью и колеблющимся на резонансной частоте зондовым датчиком, представляющим собой механическую иглу, закрепленную на конце кантилевера (балки). Механические колебания балки возбуждаются с помощью пьезокерамического привода, а амплитуда и фаза этих колебаний детектируется с помощью силового оптического сенсора, представляющего собой четырехсекционный фотодетектор, позволяющий регистрировать положение луча лазера, отраженного от кантилевера и попадающего на фотодетектор. В процессе сканирования образца (построчного перемещения зонда над исследуемой поверхностью) электронная подсистема СЗМ, управляемая персональным компьютером, регистрирует вертикальные перемещения кантилевера и, таким образом, реконструирует рельеф поверхности.

Вследствие очень сильной зависимости сил межатомного взаимодействия от расстояния между зондом и поверхностью, пак-АСМ оказывается очень чувствительной методикой и позволяет измерять рельеф поверхности с субнанометровым вертикальным разрешением. Горизонтальное разрешение методики определяется радиусом закругления острия зонда, который обычно составляет величину от 1 до 20 нм (см. рис.).

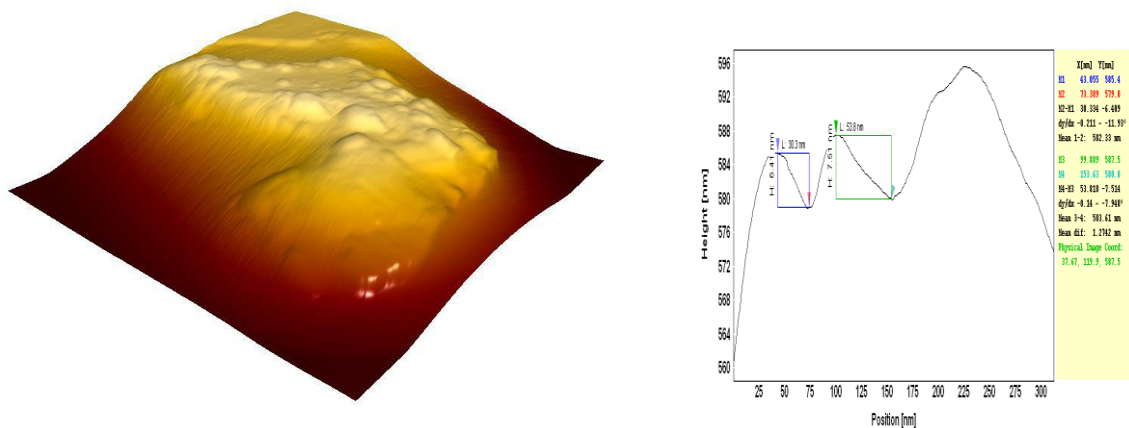


Рисунок - Структура частиц-агрегатов бурового модифицированного крахмального реагента и профиль рельефа поверхности изображения (визуализация с помощью полуконтактной АСМ, размер изображения 1.4x1.4 мкм², максимальная высота рельефа 0.5 мкм.).

СВОЙСТВА БУРОВЫХ КРАХМАЛЬНЫХ РЕАГЕНТОВ ПОЛУЧЕННЫХ НЕПОСРЕДСТВЕННО ИЗ КРАХМАЛОСОДЕРЖАЩИХ ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ МЕТОДОМ МЕХАНОАКТИВАЦИИ

Усов Г. А., Палицина А. А., Еллиев Д. К., Герасименко А. С., Пильников Н. А.
Уральский государственный горный университет

Для значительного снижения себестоимости процесса модификации крахмала, сокращения технологической линии, исключения ряда энергоемких операций и создания безотходного производства авторами разработана технология и техника по сверхтонкому измельчению и механоактивации, а значит и модификации, непосредственно крахмалосодержащих зерновых культур (фуражное зерно, ячмень, рожь, кукуруза и др.).

Теоретически и практически доказано что при интенсивном механохимическом воздействии реализуются большие скорости изменения нагрузки на полимер. Во время деструкции полимеров, при этом способе нагружения, возникают явления, которые в корне отличаются от процессов в полимерах, подвергнутых мягкой обработке. Структура и текстура полимерных твердых веществ претерпевают радикальные изменения. Происходит возрастание избыточной свободной энергии системы, разрыв межмолекулярных связей, стабилизирующих надмолекулярную структуру полимеров, понижение плотности, возрастание площади поверхности, изменения валентных углов и межмолекулярных расстояний полимерных цепей, ослабление кристалличности. Все эти процессы вместе взятые объединяют под названием механохимической дезагрегации.

В качестве исследуемых крахмалосодержащих материалов были выбраны наиболее распространенные и доступные на территории Российской Федерации зерновые культуры: пшеница 5 класс (фуражное не продуктивное зерно), ячмень, рожь и кукуруза. Методикой исследований предусматривалось проведение опытного измельчения и модификации различных видов крахмалосодержащих зерновых культур несколькими последовательными повторяющимися циклами. Эффективность измельчения оценивалась на основании исследований грансостава пробы, который характеризовался удельной поверхностью, средним диаметром и кривыми распределения массы частиц в пробе. Степень модификации крахмальной части зерна оценивалась по вязкости 5-ти процентного водного раствора.

В процессе лабораторных исследований решались следующие задачи: выбор вида исходного крахмалосодержащего продукта, наиболее подходящего для применения в качестве бурового реагента; подбор химических реагентов максимально улучшающих качество готового продукта; определение оптимальной концентрации модифицирующих добавок; влияние процентного содержания разработанного реагента на свойства буровых промывочных жидкостей.

Модификация исходных продуктов производилась на экспериментальном стенде многосекционной мельницы “МКС-М” центробежного типа с различной степенью механоактивации конечного продукта по упрощенной схеме (в отличии от традиционной) исключая стадию производства непосредственно самого нативного крахмала. Наиболее подходящие образцы были использованы для приготовления глинистых растворов по следующей рецептуре: H_2O (1л) + Глина 4кл. (100 г) + исслед. крахмал. смеси (20 г) + $NaOH$ (5 г).

Параметры исследуемых промывочных жидкостей на основе модифицированных крахмалов из различных зерновых продуктов приведены в таблице. Лабораторными исследованиями экспериментально установлено следующее: наиболее подходящий для производства буровых крахмальных реагентов тип исходного крахмалосодержащего продукта является пшеница 5 класса, не являющаяся дорогой и дефицитной; более эффективным химическим реагентом для обработки пшеничного крахмалосодержащего материала в процессе его модификации является соль сернокислого алюминия $AlNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$; оптимальная концентрация химического реагента $AlNH_4(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ в буровом

крахмальном реагенте составляет 3,5%; определен оптимальный расход разработанного бурового крахмального реагента в глинистом растворе - 20 кг/м³.

Крахмальный реагент марок “МКЗ-М” и “МКЗ-2М”, фактически, имеет многоцелевое использование при модификации буровых растворов, в первую очередь, - глинистых, в процессе бурения, вскрытия и ремонта скважин в нефте-газодобывающей промышленности. Широкий диапазон допустимой минерализации делает возможным его использование в ингибированных и утяжеленных растворах. В буровых растворах с низким содержанием твердой фазы данный реагент способствует ограничению диспергирования глинистой породы, обеспечивая при этом хорошие реологические показатели, так же может быть использован в широком диапазоне температур.

Таблица - Сравнительный анализ параметров разработанных реагентов с зарубежными аналогами.

Состав	Параметры						Примечания
	Плотность-ρ, г/см ³	Вязкость - Т, с	Водоотдача В, см ³ /30 мин	Толщина корки - К, мм	Стат. напр. сдвига - θ ₁ , Па	Стат. напр. сдвига - θ ₁₀ , Па	
100 г глина + 1 л вода	1,05	16÷17	32÷35	3,5	0,045	0,06	замеры после приготовления раствора
	1,05	18÷20	28÷30	2,5÷3	0,7	0,85	замеры через 2 суток
100 г глина + 1 л вода + 20 г МКЗ-М + 5 г NaOH	1,055	50÷55	6÷7	0,5÷1	0,495	0,55	замеры после приготовления раствора
	1,055	32÷35	4÷5	0,5÷1	0,27	0,315	замеры через 2 суток
100 г глина + 1 л вода + 20 г МКЗ-2М + 5 г NaOH	1,055	28÷30	6÷7	0,5÷1	0,185	0,21	замеры после приготовления раствора
	1,055	22÷25	5÷6	0,5	0,36	0,385	замеры через 2 суток
100 г глина + 1 л вода + 20 г зарубежный крахмал FLOXAN HH-HF	1,05	50÷55	5÷6	1	1,255	1,485	замеры после приготовления раствора
	1,05	30÷35	4÷5	0,5	1,06	1,095	замеры через 2 суток
100 г глина + 1 л вода + 20 г зарубежный крахмал Dextria LTF	1,05	21÷25	5÷7	0,5	0,21	0,245	замеры после приготовления раствора
	1,05	17÷19	5÷6	0,5	0,165	0,19	замеры через 2 суток

Основными преимуществами разработанного бурового модифицированного крахмального реагента являются: хорошая растворимость в холодной воде; повышенная стойкость к бактериологическому разложению; эффективное снижение водоотдачи как пресных, так и соленасыщенных буровых растворов; стабильность реологических параметров очистных агентов в процессе бурения; устойчивость к минерализации; снижение себестоимости производства в 2-2,3 раза, за счет сокращения нескольких энергоемких технологических операций (выделение из зерна самого нативного крахмала, его клейстеризации, сушки и вторичного дробления).

ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕЛЬЧАЕМОСТИ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ, СОВМЕСТНО С ДИОКСИДОМ УГЛЕРОДА (“СУХОЙ ЛЕД”) В ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ ЦЕНТРОБЕЖНОГО ТИПА

Усов Г. А., Палицына А. А., Еллиев Д. К., Герасименко А. С., Пильников Н. А.
Уральский государственный горный университет

Исследования процесса сверхтонкого криоизмельчения сухого растительного сырья проводились на лабораторном стенде роторно-каскадной мельницы центробежного типа. Данный лабораторный комплекс состоит из роторно-каскадной мельницы с приводом от электродвигателя, регулируемого питателя щелевого типа, приемного устройства, системы водяного охлаждения корпуса мельницы, контрольно-измерительной и пусковой аппаратуры. Техничко-технологические показатели лабораторной роторно-каскадной мельницы позволяют в достаточном объеме исследовать возможности тонкого и сверхтонкого измельчения различных твердых материалов, в том числе в среде инертных газов или совместно с хладагентами (например - “сухой лед” CO_2).

В качестве хладагента для экспериментального криопомола был выбран углекислый газ (CO_2) в агрегатном состоянии - “сухой лед” ГОСТ 12162-77.

В качестве эталонных растительных материалов для исследований были выбраны два объекта: *Pimenta officinalis* Lind - душистый перец (многокомпонентная по ароматическому составу, широко применяемая пряность) и *Inonotus obliquus* - чага (древесный гриб содержащий лечебные и биологически активные вещества).

Перец душистый (*Pimenta officinalis* Lind) содержит эфирное масло-3-5%, острое жирное масло, дубильные вещества, смолы и др. В составе эфирного масла обнаружены эвгенол, цинеол, кариофиллен и фелландрон. Необычайно широко используют перец душистый в пищевой промышленности нашей страны. Его добавляют в горчицу, соусы, в закусочные, мясные, обеденные консервы, маринады. Перец душистый включен в состав пряных смесей для сарделек, сосисок, зельца, печеночного паштета, кровяных, ливерных, вареных, полукопченых и сырокопченых колбас.

Гриб чага (*Inonotus obliquus*) содержит щавелевую, муравьиную, уксусную, масляную, ванилиновую, параоксибензойную кислоты, две тритерпеновые кислоты из группы тетрациклических тритерпенов, обликвиновая, инонотовая и др., а также свободные фенолы, полисахарид (в результате гидролиза которого образуются редуцированные сахара), птерины, лигнин, клетчатка, стерины - эргостерол, ланостерол, инотодиол. Положительное действие чаги при злокачественных опухолях обусловлено наличием в ней птеринов. Чагу применяют в основном как симптоматическое средство при язвенной болезни, гастритах, злокачественных опухолях, особенно в случаях, когда не показана лучевая терапия и хирургическое вмешательство.

При лабораторных исследованиях измельчаемости сухого растительного сырья (влажность 10-12%) совместно с “сухим льдом” (CO_2) для каждого опыта отбирались пробы исходного материала весом 1,5 кг. Каждый опыт по измельчению отобранной пробы состоял из нескольких последовательных циклов измельчения. Каждый цикл измельчения в диапазоне входа и выхода измельчаемого материала осуществлялся в мельнице, оснащенной 10-ю каскадами мелющих тел цилиндрической формы. Количество циклов в опыте определялось фракционным составом измельчаемого материала на предварительных пробных помолах без “сухого льда”. Для определения фракционного состава измельчаемого материала на выходе отбирались пробы весом 200 г. Оперативный контроль гранулометрического состава измельчаемого материала в процессе проведения опыта осуществлялся методом сухого рассева через сито, с размером ячейки в свету - 56 микрон. Детальное изучение гранулометрического состава при тонком криоизмельчении растительного сырья осуществлялось методом дисперсионного анализа на анализаторе размеров частиц SA-

CP2. Прибор позволяет производить измерения на двух режимах: в гравитационном поле (поле земного тяготения) и в поле действия центробежных сил (центрифуга). Диапазон измерений размеров частиц от 0,1 до 150 микрон.

Таблица

№ опыта	Кол-во сухого льда (CO ₂) в пробе, %	Произв-ность мельницы, кг/час	Потребл. мощность на изм-ие, кВт\час	Выход контрольной фракции, (-56 мкм), %	Средн. размер частиц порошка на выходе, мкм	Удельная поверхность порошка, см ² /г
---------	--------------------------------------------------	-------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------------	---------------------------------------------	--------------------------------------------------

Параметры и результаты процесса криоизмельчения перца душистого (*Pimenta officinalis* Lind).

1	20	115	4	96	7,1	3110
2	40	108	3,6	100	6,5	3420
3	60	95	3,3	100	6,0	3710
4	80	89	3,1	100	5,7	3860

Параметры и результаты процесса криоизмельчения древесного гриба чага (*Inonotus obliquus*).

1	20	115	4,2	90	9,3	2670
2	40	108	3,8	100	8,4	2980
3	60	95	3,5	100	7,6	3300
4	80	89	3,3	100	5,9	3770

На основании анализа результатов исследований процессов криоизмельчения сухого растительного сырья двух видов (душистый перец и древесный гриб чага), с сильно различающимися физико-механическими свойствами, в роторно-каскадной мельнице можно сделать следующие основные выводы.

1. Роторно-каскадная центробежная мельница практически обеспечивает измельчение исследуемых материалов от 1 мкм до 56 мкм (степень измельчения порядка 50) за один цикл, то есть 10-ю каскадами. Дальнейшее измельчение не приводит к образованию более мелких частиц, так как в процессе сверхтонкого измельчения имеет место интенсивное слипание частиц в более крупные агрегаты.

2. Анализ дифференциальных и интегральных кривых распределения проб измельченных растительных материалов в роторно-каскадной мельнице, оснащенной 10-ю рядами мелющих тел цилиндрической формы показывает, что размеры частиц в пробах находятся в пределах 1-50 мкм. При этом содержание частиц размером в пределах 50-40 мкм составляет 6-9%, в пределах 40-30 мкм — 7-10% и в пределах 30-20 мкм — 13-18% от общего количества частиц в пробе. Однако, микроскопическое изучение измельченного растительного сырья выявило, что наиболее крупные частицы представляют из себя агрегаты из отдельных более мелких частиц.

3. Разница в результатах измельчаемости душистого перца и гриба чага объясняется существенным различием физико-механических свойств данных продуктов.

4. Оптимальным количеством “сухого льда” добавляемого в исходную пробу растительного сырья является порядка 40% по массе. Данное количество “сухого льда”, по мнению авторов, не значительно повышает себестоимость измельчения, почти полностью исключает присутствие кислорода воздуха в рабочей камере измельчительной машины и обеспечивает стабилизацию температуры измельчаемого растительного сырья в пределах 20-35 °С и не более.

5. Процесс сверхтонкого измельчения исследуемого материала характеризуется высокой энергоемкостью, обусловленной повышенными прочностными характеристиками растительного сырья, присутствующим эффектом вторичной агрегации измельченных частиц и дополнительным расходом энергии на разрушение самого “сухого льда”.

ТЕХНОЛОГИЯ ВСКРЫТИЯ НИЗКОНАПОРНЫХ ПРОДУКТИВНЫХ ГОРИЗОНТОВ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН С ПРОМЫВКОЙ МЕТАЛЛООРГАНИЧЕСКИМИ ПРОМЫВОЧНЫМИ ЖИДКОСТЯМИ

Усов Г. А., Фролов С. Г., Дерябин Н. Н., Холкин С. В., Герасименко А. С.
Уральский государственный горный университет

Нефтегазоносные площади в нашей стране в основном имеют низконапорные продуктивные горизонты, например Западно-Сибирский регион и др. Для успешного их вскрытия при бурении скважин используют облегченные промывочные жидкости, приготовленные из дорогостоящих зарубежных (США, Канада) бентонитовых глино-порошков стоимостью 0,8 – 0,9 долл. США за килограмм и более, (например: унифлок, ДК-дрилл, Сайдрил, Поликем-Д) которые содержат аномальное количество реагентов – полимеров. Такие промывочные жидкости, как известно, оказывают крайне недопустимую кольматацию продуктивных горизонтов, вследствие чего на десятки процентов снижается добыча полезных ископаемых. Кроме того, при этом происходит практически неустранимое экологическое загрязнение земных недр, вызванное чрезмерным количеством использованных полимеров в промывочных жидкостях при бурении скважин. В связи с этим авторами предлагается эксклюзивная технология вскрытия низконапорных горизонтов нефтегазовых скважин с применением металлоорганических жидкостей на основе механоактивированных торфопорошков.

Предлагаемая металлоорганическая жидкость – продукт глубокой переработки методом энергонапряженной механоактивации и щелочного гидролиза природного органического сырья торфа. Данная промывочная жидкость готовится по эксклюзивной технологии, применительно к конкретным геолого-техническим условиям бурения скважин.

При воздействии на торф слабых растворов щелочей и кислот значительно активизируется поверхность их частиц, т. е. повышается структурно-механический фактор устойчивости дисперсных систем, что приводит к улучшению структурно-реологических и технологических свойств дисперсий. Различие в групповом составе органического вещества и химическом составе минеральных компонентов позволяет получить эффективные буровые растворы. Содержащиеся в торфе тонкодисперсные материалы и кислоты, имея высокую реакционную способность, образуют с природными органическими веществами агрегативно-устойчивые органо-минеральные комплексы, что способствует формированию высоких реологических и технологических свойств буровых растворов при проходке скважин.

Основным процессом, протекающим при приготовлении буровых промывочных жидкостей, является процесс измельчения твердой фазы. Приготовление буровых промывочных жидкостей, в отличие от обычного мокрого измельчения материалов, имеет свою особенность, так как конечным материалом данного процесса является не степень полученной дисперсности твердой фазы исходного продукта, а структурно-механические и реологические параметры приготовленных дисперсных систем. Дисперсность диспергируемой фазы будет зависеть от ее физико-механических свойств, исходных размеров частиц, способа и длительности измельчения.

Успешно проблему решает предложенный авторами гидромеханический измельчитель ИГМ-3 и многоступенчатая струйная вихревая мельница МСВМ-4. Данная измельчительная техника может использоваться на производстве в комплексе и отдельно. Ими могут оснащаться стационарные заводы, буровые агрегаты и передвижные установки для приготовления и обработки буровых промывочных жидкостей в полевых условиях.

Результаты исследовательских работ показали, что использование механоактивированных порошков торфа для приготовления промывочных жидкостей весьма эффективно. На основе механоактивированных порошков торфа можно готовить промывочные жидкости с малым содержанием твердой фазы. Это обуславливает необходимость организации специального производства торфопорошков.

Порошки торфа необходимо готовить в стационарных условиях. Изначально торф должен быть высушен до влажности $8 \div 10$ %, только потом подвергаться диспергированию.

Приготовленные в стационарных условиях торфопорошки упаковывают в мешки, аналогично глинопорошкам, и доставляют на буровые. Промывочные жидкости могут готовиться непосредственно на буровых установках или централизованно на специальных станциях.

Первый способ используют, когда бурят отдельные изолированные скважины, находящиеся друг от друга на большом расстоянии. В этом случае на каждой буровой скважине устанавливают специальную технику (щеточные мельницы), строят навесы и площадки для хранения торфопорошков и других материалов, необходимых для приготовления и химической обработки промывочной жидкости, сооружают емкости для хранения промывочной жидкости.

Если бурят целую группу скважин, то организуют специальные станции для централизованного приготовления промывочных жидкостей. Централизованное приготовление промывочных жидкостей рациональнее и дешевле.

Измельчительные машины могут применяться как отдельно, так и совместно в виде комплекса. Из разработанных нами в настоящее время машин можно составить самые разнообразные технологические линии, применяемые в производстве при приготовлении различных типов промывочных жидкостей. Схема для приготовления промывочной жидкости на основе механоактивированных порошков торфа показана на рисунке.

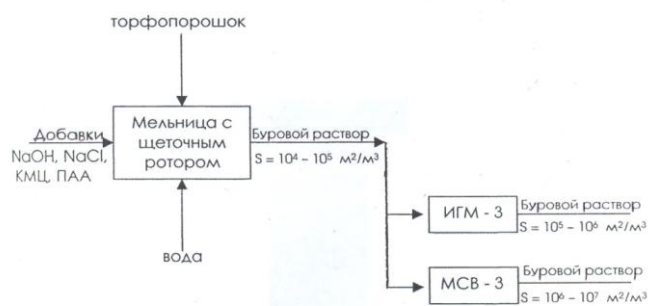


Рисунок – Технологическая схема приготовления буровых промывочных жидкостей.

С другой стороны, исходя из результатов лабораторных исследований можно сделать следующие рекомендации по использованию промывочных жидкостей на основе механоактивных порошков торфа:

1. Металлоорганическая жидкость на основе механоактивных порошков торфа может быть использована в качестве бурового материала для приготовления буровых промывочных жидкостей.

2. Наиболее эффективно промывочная жидкость на основе механоактивированных порошков торфа может быть использована при вскрытии низконапорных продуктивных горизонтов нефтегазовых скважин и при высокоскоростном алмазном бурении при проходке разведочных скважин на твердые полезные ископаемые.

3. Научно-исследовательские работы по данному направлению необходимо продолжить одновременно с внедрением разработок в производство буровых работ, и в первую очередь в добывающей и геологоразведочной нефтегазовой областях.

4. Исходя из реальных потребностей нефтегазовой области в высококачественных материалах и реагентах для приготовления специальных промывочных жидкостей, необходимо организовать производство механоактивированных органо-порошков из торфа и химреагентов на их основе. При этом следует обеспечить производство механоактивированных порошков торфа в промышленных объемах

5. Для бурения в несложных условиях необходимо использовать механоактивированные порошки торфа с добавками традиционных реагентов.

6. При бурении скважин в сложных геологических условиях для уменьшения или полного устранения отрицательных явлений необходимо разработать специальные рецептуры буровых растворов на основе исследуемых механоактивированных порошков торфа и технологию приготовления данных растворов.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Усов Г. А., Фролов С. Г., Кралина Л. И., Федосеев О. С., Пильников Н. А.
Уральский государственный горный университет

Первые систематические исследования в области механохимии высокомолекулярных соединений были проведены еще в 1920-х годах, когда было обнаружено, что механическая обработка органических полимеров приводит к уменьшению молекулярной массы и деструкции макромолекул. Деструкция и образование различных нарушений структуры приводят к изменению свойств органического полимера, особенно растворимости, устойчивости к действию химических агентов, способности к набуханию, прочности при растяжении, усталости и ударной вязкости, а также упругости и пластичности.

Одной из ведущих научных школ, проводящих интенсивные исследования по изучению твердофазных, в том числе механохимических, реакций, а также способов изменения реакционной способности твердых веществ, является школа академика В. В. Болдырева. Достижения этой школы признаны во всем мире, а некоторые работы стали фундаментальными. Впервые в химию твердого тела было введено научное обоснование явлений локализации и автолокализации процесса, понятие механической активации. Показано, что реакционная способность твердых веществ связана главным образом с количеством дефектов в кристаллах, которые влияют на скорость химической реакции в твердом состоянии. Был предложен подход, согласно которому, исследуя влияние различных дефектов на скорость процесса, можно сделать выводы об особенностях механизма данной реакции.

Исследования, проведенные при измельчении твердых тел, легли в основу процессов тонкого и сверхтонкого измельчения природных органических полимеров: целлюлозы, крахмала, пищевых волокон и др. При интенсивном механохимическом воздействии реализуются большие скорости изменения нагрузки на природный органический полимер. При этом способе нагружения возникают явления, которые в корне отличаются от процессов «мягкой» обработки. Структура и текстура полимерных твердых веществ претерпевают радикальные изменения. Происходит возрастание избыточной свободной энергии системы, разрыв межмолекулярных связей, стабилизирующих надмолекулярную структуру природных органических полимеров, понижение плотности, возрастание площади поверхности, изменение валентных углов и межмолекулярных расстояний полимерных цепей, ослабление кристалличности. Все эти процессы объединяются под названием механохимической дезагрегации.

Наибольший интерес представляет измельчение пищевых волокон, содержащихся в отходах переработки крупяного, зернового, мукомольного, винодельческого производств. Такой выбор объектов исследования обусловлен доступностью и неисчерпаемостью сырьевой базы, полезностью для организма незаменимых компонентов растительного сырья. Применение механоактивированных органо-порошков из растительного сырья в качестве пищевых добавок для обогащения и расширения ассортимента хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий, а также блюд общественного питания предопределяет развитие научных основ процесса тонкого и сверхтонкого измельчения. Многообразие источников богатых пищевыми волокнами делает перспективным их физико-химическую модификацию с использованием механохимического воздействия. Изменения свойств природных органических полимеров, вызванные механохимической деструкцией, имеют значение в двух отношениях. Во-первых, как неизбежное явление, сопровождающее механическое воздействие на природные органические полимеры в процессе их обработки и применения. Во-вторых, как желательное изменение свойств полимерных твердых материалов, направленное на получение продуктов со специфическими или заданными характеристиками.

Механическая активация природных органических полимеров является сложным физико-химическим процессом накопления потенциальной энергии вещества и повышения его химической активности за счет увеличения поверхностной энергии и энергии внутреннего строения при механическом измельчении дисперсной среды. Этот процесс определяется изменением энергетического состояния, физического строения и химических свойств под действием механических сил при диспергировании.

Несмотря на весьма широкие перспективы применения механоактивации природных органических полимеров в различных отраслях пищевой промышленности, измельчительных машин, эффективно реализующих механохимическую деструкцию полимеров в промышленных объемах, в настоящее время практически нет. С одной стороны, эта ситуация связана с высокой конструктивной сложностью необходимого измельчительного оборудования и уникальностью самого технологического процесса при переработке исходного полимерного сырья с широким диапазоном физико-химических свойств. С другой стороны, причина в высокой степени новизны технологических решений, связанных как с теоретическим обоснованием процессов механоактивации природных органических полимеров, так и с их промышленным применением. В настоящее время тонкое и сверхтонкое измельчение природных органических полимеров – это новая, развивающаяся технология, в большинстве случаев не достигшая промышленного рубежа применения.

Кинетика изменения реакционной способности органических полимеров и происходящих в них физико-химических процессов при механохимической активации на современном этапе весьма актуальна и представляет огромный практический интерес. Не менее важным в этом вопросе является развитие и внедрение прикладной механоактивации природных органических полимеров, которая позволит получать уникальные технологии производства новых обогащенных пищевых продуктов. Для успешной реализации прикладных разработок в области механоактивации органических полимеров, как показывает практика, крайне необходимы специализированные энергонапряженные измельчительные машины. Однако возможности имеющегося в настоящее время технопарка явно недостаточны.

Применительно к проблеме механохимической деструкции природных органических полимеров в Уральском государственном горном университете разработаны и испытаны в производственных условиях ряд каскадно-центробежных измельчительных машин. Данные мельницы работают в режиме энергонапряженного измельчения твердых материалов при ультраскоростных разрушающих напряжениях в измельчаемом продукте, находящемся в стесненных условиях. В результате в исходном продукте, перерабатываемом по нашей технологии, происходит значительная деструкция и образование различных нарушений структуры компонентов исходных полимерных твердых материалов (клетчатки, крахмала, пектина, дубильных веществ и др.).

Это, как указывалось выше, приводит к существенному изменению свойств вещества, особенно растворимости, устойчивости дисперсий, способности к набуханию, также к повышению прочности, ударной вязкости получаемых на их основе органо-порошков. Большие скорости изменения нагрузки на измельчаемый продукт и число актов разрушения по разработанной технологии обеспечивают повышенную интенсивность механохимического воздействия при измельчении исходного продукта. В процессе такой деструкции компонентов исходных полимеров содержащих твердых материалов при измельчении возникают явления, которые в корне отличаются от физико-химических процессов, происходящих в данном продукте, измельчаемом по традиционным технологиям. При этом структура и текстура компонентов перерабатываемых природных органических полимеров претерпевают радикальные изменения:

- возрастание свободной и избыточной энергии системы (получаемого порошка);
- разрыв межмолекулярных связей, стабилизирующих надмолекулярную структуру полимеров;
- понижение плотности компонентов измельчаемого продукта из-за частичного перехода кристаллической структуры вышеуказанных веществ в аморфную;
- значительное возрастание площади удельной поверхности и изменение валентных углов и межмолекулярных расстояний полимерных цепей в готовом продукте;
- существенные нарушения вторичных структур в конечном продукте.

МОДИФИКАЦИЯ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫХ МАШИН ДЛЯ ПОСЛЕДНЕЙ СТАДИИ РУДОПОДГОТОВКИ

Усов Г. А., Кралина Л. И., Сердюков Ф. П., Федосеев О. С., Пильников Н. А.
Уральский государственный горный университет

Традиционные техника и технология измельчения руд, несмотря на длительный период совершенствования, оказались построенными на принципах, прямо противоположных принципам селективной дезинтеграции. Этот факт объясняется заимствованием обогатителями оборудования, разрабатывавшегося для беспорядочной дезинтеграции материала с единственной целью сокращения его исходных размеров. Как показывают теоретические и экспериментальные исследования в области селективного измельчения, измельчительные машины нового поколения должны работать в условиях минимального времени пребывания частиц материала в диссипативных контактах. Иными словами, конструкция измельчающего аппарата должна быть такой, чтобы отношение объема его рабочей зоны и производительности было минимальным, а готовый продукт должен немедленно выводиться из рабочей зоны и отделяться от недоизмельченной части материала. Важнейшим условием процесса селективного измельчения является возможность регулирования создаваемой рабочими органами мельницы нагрузки на измельчаемый материал и возможность создавать строго фиксированную нагрузку на каждом этапе измельчения за счет изменения технологических параметров или конструктивно.

Все вышеуказанные условия селективного измельчения могут реализовываться в измельчительных аппаратах нового поколения - каскадных центробежных мельницах, разработанных на кафедре ТТР МПИ. Данные мельницы тонкого и сверхтонкого помола работают в прямочном режиме, что обеспечивает кратковременное нахождение измельчаемого материала в зоне измельчения (в пределах десятков секунд), а высокая динамика процесса измельчения обеспечивает достаточное число контактных нагрузок на измельчаемые частицы материала. Регулирование величины контактных нагрузок на измельчаемый материал и создание строго фиксированных нагрузок осуществляется в данной конструкции за счет изменения скорости вращения ротора центробежной мельницы, в котором размещены мелющие тела, также за счет скорости подачи материала в мельницу и за счет изменения массы и формы мелющих тел. Объем рабочей зоны каскадной центробежной мельницы производительностью 1 тонна в час (по цементу) составляет всего 0,09 м. куб., что говорит о минимальном отношении объема рабочей зоны к производительности.

Мельница содержит цилиндрический корпус 1. Футерованный с внутренней стороны, в котором соосно расположен на валу вертикальный цилиндрический ротор 3 с сепаратором, снабженный множеством мелющих тел 4, выполненных в форме тел вращения, например, в виде цилиндров. Причем мелющие тела в сепараторе ротора 3 установлены таким образом, что оси вращения мелющих тел параллельны оси вала. Мельница имеет загрузочный и выгрузочный каналы. Мелющие тела 4 размещены в глухих радиальных каналах 7 сепаратора, выполненных в виде кольцевых канавок на цилиндрической поверхности ротора 3, разделенных на равные участки радиально расположенными пластинами 8, закрепленными в теле ротора 3. Сепаратор ротора 3 содержит несколько секций I, II, III. Причем в данных секциях ротора I, II, III мелющие тела вращения установлены с различными массами и размерами. Это обеспечивает при вращении ротора различные контактные усилия мелющих тел 4 на измельчаемый продукт, а именно: контактные нагрузки мелющих тел 4 на исходный продукт в каждой последующей секции в мельнице ступенчато уменьшаются от входа к выходу, в зависимости от вида измельчаемого материала, его прочностных и других физико-механических свойств. В секции I ротора, предназначенной для предварительного разрушения многокомпонентного материала на относительно крупные частицы, мелющие тела вращения 4 размещаются с постепенно уменьшающимся зазором (образованным в результате проточки, заданной глубины, на боковой образующей мелющего тела) относительно внутренней

футерованной опорной поверхности корпуса 1 и рабочей поверхности 9 мелющих тел 4 в направлении движения измельчаемых продуктов от входа к выходу (см. рис.). Причем величины переменных зазоров a , b , c между рабочей поверхностью 9 мелющих тел 4 и неподвижной опорной поверхностью корпуса 1 в зоне измельчения секций I, II, III последовательно уменьшаются по мере перемещения исходного продукта от входа к выходу.

Процесс селективного разрушения исходного продукта предложенным способом осуществляется преимущественно за счет сжимающих нагрузок, возникающих при криволинейном перемещении мелющих тел вдоль неподвижной опорной поверхности, т.е. футерованной цилиндрической поверхности корпуса 1. Измельчение исходного продукта рассматриваемым способом осуществляется постадийно по мере перемещения через рабочие зоны секции ротора I, II, III. Помол многокомпонентных материалов в режиме сжимающих нагрузок, позволяет обеспечить избирательность, т.е. селективность разрушения его различных по физико-механическим свойствам частей.

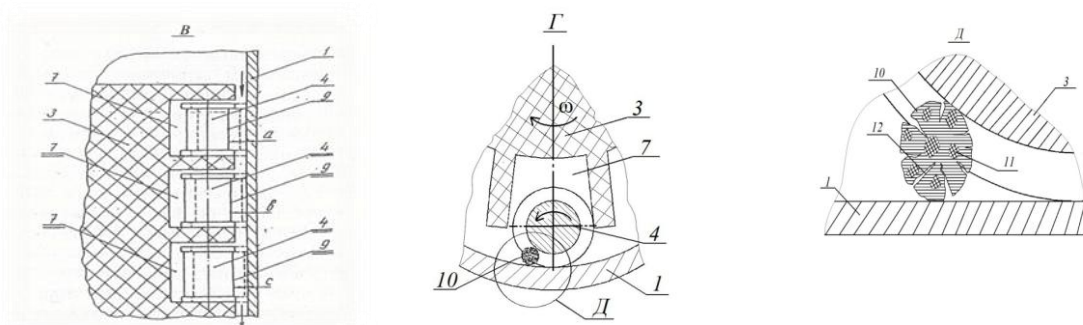


Рисунок - Фрагменты зоны измельчения с постадийной фиксированной деформацией измельчаемого продукта.

Исходный продукт на первоначальном этапе измельчения в рабочей зоне секции I ротора подвергается разрушению в особо “щадящем” режиме. Это достигается тем, что разрушение в данной зоне производится при пониженных контактных нагрузках на исходный продукт за счет постадийного деформирования с небольшими величинами его деформаций на каждой стадии. Величины этих деформаций определяются величиной зазора “ a ” с футеровкой корпуса 1 первого ряда мелющих тел в секции I ротора и разницей вышеуказанных зазоров предыдущего и последующего ряда мелющих тел в данной секции в направлении движения исходных продуктов от входа к выходу, т.е. разностями зазоров “ $a - b$ ” и “ $b - c$ ”, согласно условиям показанным на рисунке. Малые величины деформаций измельчаемого продукта, с одной стороны, обуславливают возникновение невысоких контактных нагрузок мелющих тел 4 на продукт в зоне измельчения, предотвращающих переизмельчение более прочных компонентов. С другой стороны, измельчение исходного продукта с фиксированными по величине деформациями частиц многокомпонентной породы за счет вышеуказанных зазоров “ a ”, “ b ”, “ c ” позволяет получить на каждой стадии измельчения продукт с заданным содержанием частиц определенного размера с более высокими прочностными характеристиками. Получение вышеуказанного содержания по степени измельчения частиц с различными физико-механическими свойствами является в практике одной из важнейших операций технологии селективного измельчения.

Лабораторные исследования по селективному измельчению в каскадных центробежных мельницах различных многокомпонентных материалов показали возможность данной конструкции измельчать избирательно до заданной крупности те или иные компоненты материала. Внедрение в производство данного класса мельниц, успешно обеспечивающих селективность измельчения твердых материалов, позволит решить многие актуальные задачи в горно-обогатительной, металлургической, строительной, химической и других отраслях промышленности.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ТАМПОНАЖНЫХ СМЕСЕЙ ПРИ ЦЕМЕНТИРОВАНИИ НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН

Усов Г. А., Фролов С. Г., Дерябин Н. Н., Холкин С. В., Пильников Н. А.
Уральский государственный горный университет

Основными материалами для цементирования скважин являются тампонажные цементы. Тампонажным цементом, как известно, называется смесь, состоящая из порошкообразных материалов (портландцемента, шлака, извести, пластических масс) и минеральных веществ (песка, асбеста, глины и т. д.), которая после перемешивания в водной среде образует однородный раствор, твердеющий до образования камня с определенными физико-механическими свойствами. Цементы – основной материал для получения тампонажных смесей. В зависимости от вяжущей основы тампонажные цементы делятся на несколько видов: тампонажный цемент на базе портландцемента; тампонажный цемент на базе доменных шлаков; белито-кремнеземистый цемент; известково-песчаные смеси; прочие виды тампонажного цемента (гипсовые, на основе природных минералов и горных пород); органические крепители.

В зависимости от температуры испытания и применения различают три класса цементов:

- цемент для «холодных» скважин (ХЦ) с температурой испытания 22 ± 2 °С;
- цемент для «горячих» скважин (ГЦ) с температурой испытания 75 ± 3 °С;
- цементы для глубоких высокотемпературных скважин (ВЦ), которые, в свою очередь, подразделяются на несколько групп (для температур 100, 120, 170 и 200 °С).

В целом, оценивая качество цементирования нефтегазовых скважин, нужно отметить следующее. Качественное крепление скважин определяется герметичностью обсадной колонны и отсутствием сообщения между пластами дневной поверхности. Однако только герметичность обсадной колонны еще не определяет качество крепления скважин в целом. Отсутствие сообщения между пластами свидетельствует о высоком качестве крепления скважины. Качество ее цементирования зависит от ряда геологических и технологических факторов.

1. Геологические факторы: природа флюида (газ, вода, нефть) или его отсутствие. Тектонические нарушения: градиент гидроразрыва пластов; литология пород (в первую очередь, наличие солей); минерализация пластовых вод; значение температур и давлений.

2. Технологические факторы: конструкция скважины, состояние ствола скважины; качество промывочного раствора; наличный парк оборудования; свойства тампонажного раствора; использование новейших технологических приемов (буферная жидкость, режимы движения растворов и т. д.). Часть из перечисленных факторов может быть учтена, изменена и отрегулирована при цементировании скважин.

Идеальным цементированием может считаться такое, когда весь буровой раствор будет вытеснен тампонажным раствором с пониженной водоотдачей. После схватывания и затвердения тампонажного раствора обсадная колонна, равноудаленная от стенок скважины, будет окружена тампонажным камнем, контактирующим (лучше сцепившимся) с породами стенок скважины и металлом обсадной колонны. К сожалению, через некоторое время после цементирования обсадной колонны в затрубном пространстве возникают трещины, каналы, по которым могут двигаться газ, нефть и пластовые воды.

При использовании тампонажных растворов с пониженной водоотдачей одной из основных причин образования каналов в затрубном пространстве после цементирования является разрушение оставшегося там глинистого раствора и глинистой корки. Поэтому при наличии высококачественного тампонажного раствора в первую очередь необходимо удалить основные очаги каналообразования – глинистый раствор и глинистую корку. Необходимо стремиться к тому, чтобы все технологические параметры могли оказать максимум воздействия на процесс цементирования с целью наиболее полного замещения глинистого раствора тампонажным.

К реагентам, повышающим прочностные характеристики цементного камня полимеризацией цементной матрицы, можно отнести смолу типа УП-679-3 или ТЭГ-1, применяющуюся совместно с отвердителем типа УП-583Д. В цементный раствор вышеуказанную смолу вводят при помощи специальной вспомогательной емкости, однако не всегда удается достаточно равномерно размешать смолу в тампонажном растворе, а в зимнее время необходим подогрев емкости со смолой. Высокая токсичность смол, дороговизна, дефицит – все это значительно затрудняет применение данного реагента. К этому же типу добавок относится латекс БСК-70/2, но его применение затруднено в зимнее время в связи с его плохой морозостойкостью. Срок хранения очень мал, всего три месяца, после чего реагент коагулирует, становится не прокачиваемым. ПВС (поливиниловый спирт) относится к реагентам, которые повышают прочностные характеристики цементного камня на основе самоармирования. Однако этот реагент является труднорастворимым, соответственно нуждающимся в применении пеногасителя, так как процесс растворения проходит с обильным пенообразованием.

Приведенный выше анализ основных материалов и рецептур дисперсных систем, используемых для приготовления тампонажных смесей, показывает, что существенно повысить качество цементирования можно тремя путями:

1. Строго соблюдать условия хранения тампонажных цемента и других компонентов тампонажных смесей. Однако на практике тампонажные цементы, как правило, теряют свои вяжущие свойства на 20-30 % и более. Борьба с «лежалостью», вызванная, как известно, нежелательной гидратацией цемента при взаимодействии с окружающей средой, является крайне актуальной проблемой для повышения качества цементирования нефтегазовых скважин.

2. Разработка новых рецептур тампонажных смесей, например, с применением различных органических добавок и т. п.

3. Повышение физико-химической активности всех без исключения компонентов тампонажных смесей (цементов и добавок тампонажных смесей, а также их дисперсной среды, например воды). Для жидких сред, по некоторым публикациям, весьма эффективными могут оказаться электрическая и магнитная активации. Наиболее кардинальным техническим решением повышения качества тампонажных смесей являются мокрая и сухая активации тампонажной смеси или ее компонентов по отдельности, которые, кстати сказать, кардинально решают также и проблему пониженного качества «лежалых» цементов.

Как показали приведенные нами экспериментальные лабораторные исследования, активация цемента повышает прочность получаемого из него цементного камня, а также обеспечивает более высокую адгезионную связь с обсадными трубами и горными породами. Тампонажные цементные растворы, получаемые на основе активированного цемента, обладают, по сравнению с обычными, повышенной дисперсностью, большей стабильностью, высокой пластичностью и хорошей проникающей способностью в тонкие трещины и породы. Эти растворы, обладая высокой проникающей способностью, позволяют увеличить расстояние между тампонажными скважинами, то есть уменьшить их число. Активация цемента позволяет получить коллоидные растворы для более широкой области применения цементации, включая среднезернистые пески. Сформировавшиеся из этих цементных растворов тампонажный камень более плотный и однородный, лучше противостоит коррозионному воздействию агрессивных подземных вод и обеспечивает более продолжительный срок службы. Выше отмечалось, что одним из методов повышения трещиностойкости цементного изоляционного слоя является механоактивация исходных компонентов для приготовления смеси, а также самого раствора непосредственно при затворении.

Теоретические основы активации вяжущих базируются на трудах в области физико-химической механики известных ведущих ученых П. А. Ребиндера, Б. В. Дерягина, Н. Н. Круглицкого, В. Д. Кузнецова и других.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ГИДРОФОБИЗАЦИИ ТОРФА МЕТОДОМ МЕХАНОАКТИВАЦИИ И РАЗРАБОТКА РЕЦЕПТУРЫ ТОРФОСОРБЕНТА ДЛЯ СБОРА НЕФТИ С ВОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Усов Г. А., Руфова Е. М., Еллиев Д. К., Пильников Н. А., Герасименко А. С.
Уральский государственный горный университет

Анализ современных литературных источников показал, что для решения научно-прикладной задачи по исследованию свойств и разработке рецептур гидрофобизованного сорбента, на основе механоактивированного торфопорошка, наиболее подходит в качестве будущей сырьевой базы - торф верхового типа, 2-го или 3-го класса, 3-й группы и 1-й подгруппы. Данный вид торфяного сырья используется для экстракции различных фракций торфяных битумов, получения кокса и активированных углей. Выбранное по вещественному (групповому) составу торфяное сырье содержит максимальное количество гидрофобизирующих веществ и наибольшее количество пористых и сорбционных компонентов. Совместное сверхтонкое измельчение и механоактивация композиции названных материалов позволит получить гидрофобизованный торфосорбент, согласно рассмотренной ниже кинетике процесса.

Измельчение торфа сухим способом в центробежных мельницах, истирающе-раздавливающего принципа действия, происходит в стесненных условиях (объем рабочей камеры составляет всего несколько десятков дециметров) путем создания высоко динамичных сжимающе-сдвиговых нагрузок на измельчаемый материал. При очень высоких скоростях передачи сжимающих нагрузок - торф, частично, в момент передачи механической энергии, приобретает хрупкие свойства, что значительно увеличивает эффективность измельчения. Истирающе-сдвиговые нагрузки в небольшом замкнутом пространстве являются самыми экономичными в плане расхода энергии, максимально эффективными в плане разрушения (по законам физики твердого тела) и приводят к увеличению температуры частиц торфа за счет трения друг о друга и рабочие органы измельчающего устройства.

При повышении температуры в рабочей камере мельницы от 60 до 95 °С начинается переход в жидкую фазу компонентов битума - смол, торфяного воска, парафинов и масел, входящих в состав торфа. Все выше названные вещества являются, в разной степени, гидрофобизаторами природного происхождения. Одновременно в процессе помола, за доли секунды на 2-3 порядка увеличивается удельная поверхность всей дисперсной системы и тонкоизмельченные частицы более прочных компонентов торфа, таких как, целлюлоза, гемицеллюлоза, лигнин, гуминовые вещества – обволакиваются, т.е. покрываются тонким слоем, или пропитываются выше названными расплавленными гидрофобизирующими веществами. В таких условиях измельчения, при повышенной температуре и быстро увеличивающейся удельной поверхности торфопорошка степень его гидрофобизации будет зависеть от: количества в исходном торфе гидрофобизирующих веществ; температуры их разогрева; величины вновь образуемой удельной поверхности негидрофобной части торфа (целлюлозы, гемицеллюлозы, лигнина, гуминовых и других веществ). Исследования процесса тонкого измельчения и гидрофобизации подготовленных образцов торфа проводились на лабораторном стенде измельчительной машины центробежного типа. Процесс сверхтонкого измельчения исследуемого материала характеризуется высокой энергоемкостью, обусловленной физико-механическими свойствами торфа и присутствующим эффектом вторичной агрегации измельченных частиц.

Все измельченные пробы ТФ-8-1, ТФ-8-2, ТФ-8-3, ТФ-8-4, ТФ-14-1, ТФ-14-2, ТФ-14-3, ТФ-14-4 проверялись на гидрофобность методом свободного флотирования, по ГОСТу 32704-2014, который распространяется на активированные минеральные порошки для приготовления асфальтобетонных и других видов органоминеральных, а так же щебеночно-мастичных смесей. Выбранная методика определения гидрофобности, по

мнению авторов, является наиболее подходящей, так как разрабатываемый торфосорбент после использования по назначению (сорбции нефти) планируется утилизировать в качестве армирующей и пластифицирующей добавки в асфальтобетонные покрытия. Добавки в виде измельченной целлюлозы, макулатуры или древесного волокна давно используются в дорожном строительстве.

Для определения гидрофобности измельченного торфопорошка брался стеклянный стакан и заполнялся дистиллированной водой на 50 мм ниже верхнего края стеклянного стакана. Затем бралась мерная проба торфопорошка массой 2,0 грамма на шпатель и ссыпалась на поверхность дистиллированной воды путем легкого постукивания шпателя о край стеклянного стакана. После этого стакан с водой и гидрофобизованным торфопорошком оставлялся в покое на 24 часа. Гидрофобизованным считался тот порошок который не смачивался и не тонул в стакане за 24 часа. По результатам эксперимента гидрофобизованными оказались пробы ТФ-8-3, ТФ-8-4, ТФ-14-3 и ТФ-14-4, остальные смочились частично или утонули совсем, что можно объяснить недостаточной степенью измельчения и прогрева компонентов битумной составляющей торфа.

Далее полученные образцы торфопорошка ТФ-8-1, ТФ-8-2, ТФ-8-3, ТФ-8-4, ТФ-14-1, ТФ-14-2, ТФ-14-3, ТФ-14-4 были исследованы на нефтеемкость. В качестве сорбтива была использована товарная нефть Харьягинского месторождения (Ямало-Ненецкий автономный округ) с характеристиками представленными в таблице.

Таблица - Нефтеемкость в зависимости от степени измельчения гидрофобизованного торфа.

№№ пробы сорбента	Удельная поверхность, см ² /г	Нефтеемкость торфореагента, г/г
ТФ-8-1	870	1,9
ТФ-8-2	1150	3,8
ТФ-8-3	2220	4,7
ТФ-8-4	2520	5,2
ТФ-14-1	790	1,3
ТФ-14-2	840	1,7
ТФ-14-3	1290	3,9
ТФ-14-4	1990	4,8

Проведенные лабораторные исследования по разработке рецептуры торфосорбента, для ликвидации аварийных разливов нефти (ЛАРН), на прототипе центробежной измельчительной машины методом механоактивации и гидрофобизации торфа позволили авторам сделать следующие выводы: в качестве исходного материала для производства сорбента должен быть использован - торф верхового типа, 2-го или 3-го класса (степень разложения в пределах 21-35%) , 3-й группы (теплота сгорания не ниже 5600 Ккал/кг) и 1-й подгруппы (зольность в пределах 5%); исходный торф для производства торфосорбента должен быть обязательно высушен до влажности не более 12 % и предварительно раздроблен до размеров частиц не более 5 мм; для достижения максимальной нефтеемкости торфосорбента, необходимо измельчить торф до удельной поверхности не менее 2000 см²/г; в процессе измельчения торфа температура в рабочей камере мельницы должна поддерживаться на уровне 50-70 °С, для осуществления процесса гидрофобизации частиц торфа, путем нанесения на вновь образованную поверхность частиц - расплавленных фракций битумной составляющей торфа; для гарантированного прогрева торфопорошка и достижения заданной степени дисперсности (более 2000 см²/г.) измельчительная лабораторная установка должна быть оснащена 20 рядами мелющих тел и работать на максимальной скорости вращения ротора - 725 об/мин, при подаче исходного материала 100-110 кг/час; полученные параметры режима измельчения и гидрофобизации торфосорбента (с заданными показателями) на прототипе центробежной мельницы, должны быть использованы, с учетом масштабного фактора, при проектировании опытного образца центробежной измельчительной машины.

ВЛИЯНИЕ ДОБАВКИ ИЗ ФУЛЛЕРОИДНОГО МАТЕРИАЛА “ДФМ” НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА

Усов Г. А., Фролов С. Г., Тарасов Б. Н., Герасименко А. С., Пильников Н. А.
Уральский государственный горный университет

Свойства бетонов определяются во многом свойствами цементного вяжущего, возможности структурной модификации которого чрезвычайно велики и одним из ее потенциально эффективных способов представляется модификация нано материалами, например - фуллероидными, которые представляют собой углеродные кластеры или их части с различной формой и размерами от 1 до десятков нанометров.

Из литературы известно, что модификация углеродными нано материалами цементных бетонов (нано трубками, астраленами, фуллероидами и др.) приводит к повышению их реологических и структурно-механических показателей на 20-30%. В то же время имеются исследования, в которых показано, что минеральные матрицы, при введении в их состав углеродных нано частиц, имеют потенциал повышения прочности до 100%.

В описанных ниже исследованиях по изучению изменения свойств цементных бетонов при добавке нано материалов использовалась смесь фуллероидных материалов полученных из шунгита путем сверхтонкого измельчения и магнитной сепарации (шунгит может содержать фуллероидные материалы в различной форме до 10 %). Полученный тонкодисперсный порошок шунгита был пропущен через лабораторный магнитный полиградиентный анализатор и получена магнитная фракция содержащая фуллероидные материалы. Данный магнитный порошок был опробован в качестве армирующей и пластифицирующей добавки “ДФМ” для наиболее распространённой в отрасли марки бетона.

В качестве экспериментального объекта был выбран мелкозернистый бетон марки 300 (класс В25) (БСГ В 25 ПЗ F200 W8) с рецептурой: цемент (ПЦ-400-ДО, ГОСТ 10178-85, ОАО "Сухоложскцемент") – 415; отсев-630; щебень (фракция 5-20) - 1145; вода -182.

Количество добавки из фуллероидного материала “ДФМ” вводимой в состав исследуемого мелкозернистого бетона подбиралось опытным путем, с учетом данных (из литературных источников) по применению углеродных нанотрубок в производстве строительных материалов. Так как количественное содержание в добавке “ДФМ” смеси углеродных трубок, фуллеренов, астраленов и других фуллероидных материалов является ориентировочным и имеется достаточное количество примеси углерода различных модификаций - на первом этапе исследований определялся порядок величины добавки, т.е. в бетонную смесь добавлялось 0,05 %, 0,005 % и 0,0005 % добавки “ДФМ” от массы цемента. Предварительные пробные замесы и прочностные испытания мелкозернистого бетона с различным содержанием добавки “ДФМ” показали, что диапазон исследований должен находиться в пределах 0,01 – 0,09 % от массы цемента закладываемого в бетонный раствор.

Испытания контрольных образцов мелкозернистого бетона марки 300 и модифицированных образцов с добавкой “ДФМ” проводились по двум направлениям: определение подвижности, жесткости, расплыва и степени уплотняемости бетонных смесей, (изучение влияния добавки на реологические свойства, т.е. удобоукладываемости) и определение прочности бетона по контрольным образцам (изучение армирующих и уплотняющих свойств разработанной добавки).

Перед определением каждого параметра удобоукладываемости испытываемой бетонной смеси, согласно выбранной рецептуры мелкозернистого бетона марки М 300, производился лабораторный замес в объеме обеспечивающем не менее двух определений всех нормируемых и контролируемых параметров качества бетонной смеси. На каждый параметр испытывалось четыре пробы бетонной смеси, содержащих различное количество

введенной добавки “ДФМ”: контрольная проба без добавки (К-ДФМ-Б); проба с содержанием добавки 0,02% от массы цемента (002-ДФМ-Б); проба с содержанием добавки 0,06% от массы цемента (006-ДФМ-Б); проба с содержанием добавки 0,08% от массы цемента (008-ДФМ-Б). Результаты испытаний на удобоукладываемость бетона марки М300, с различным содержанием модифицирующей добавки “ДФМ”, представлены в таблице 1.

Таблица 1- Показатели удобоукладываемости бетона М 300 с добавкой модификатора “ДФМ”

Параметр бетонной смеси	“К-ДФМ-Б”	“002-ДФМ-Б”	“006-ДФМ-Б”	“008-ДФМ-Б”
Подвижность, см	12,5	13,5	14,0	14,5
Жёсткость по методу Скрамтаева, сек.	31	30	27	25
Расплыв, см.	41	44	45	47
Степень уплотняемости	1,14	1,23	1,28	1,31

Определение прочности бетона заключается в измерении минимальных усилий, разрушающих специально изготовленные контрольные образцы бетона при их статическом нагружении с постоянной скоростью нарастания нагрузки, и последующем вычислении напряжений при этих усилиях. В качестве типа испытательного образца был выбран кубический образец с длиной ребра 100 мм. Результаты испытаний на прочностные параметры бетона марки М300, с различным содержанием модифицирующей добавки “ДФМ”, представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Прочностные показатели бетона М 300 с добавкой модификатора “ДФМ”

Маркировка серии образцов	Характеристика образца			Результаты испытания		
	Масса, г	Размеры, см	Средняя плотность, кг/м ³	Разруш-я нагрузка, кН	Прочн. образца, к базовому размеру, МПа	Средняя прочн. в серии, МПа
“К-ДФМ-Б”	2350	10X10X10	2350	268	25,5	25,3
	2360		2360	264	25,1	
“002-ДФМ-Б”	2340	10X10X10	2340	298	28,4	28,5
	2350		2350	302	28,7	
“002-ДФМ-Б”	2370	10X10X10	2370	345	32,8	32,5
	2360		2360	338	32,2	
“008-ДФМ-Б”	2350	10X10X10	2350	308	29,3	29,6
	2360		2360	314	29,9	

Проведенные исследования влияния модифицирующей добавки “ДФМ” на реологические и прочностные свойства мелкозернистого бетона позволяют сделать выводы: предварительные прочностные испытания мелкозернистого бетона с различным содержанием добавки “ДФМ” показали что диапазон ее использования находится в пределах 0,01-0,09 % от массы цемента закладываемого в бетонный раствор; с увеличением содержания добавки от 0,02% до 0,08 % к массе цемента улучшаются реологические свойства бетонной смеси: подвижность бетонной смеси увеличилась на 16 %; жесткость по методу Скрамтаева уменьшается на 19 %; расплыв бетонной смеси увеличивается на 14 %; степень уплотняемости увеличивается на 14,9 %; максимальную прочность на сжатие показал образец бетона “006-ДФМ-Б” с нанодобавкой “ДФМ” в количестве 0,06 от массы цемента, с повышением на 28 % по сравнению с контрольным образцом “К-ДФМ-Б” без добавок.

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ЭКСТРАКЦИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В СРЕДЕ СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ФЛЮИДА (CO₂) НА БАЗЕ МЕХАНОАКТИВАТОРА-ЭКСТРАКТОРА «ЭМ-М»

Усов Г. А., Тарасов Б. Н., Федосеев О. С., Пильников Н. А., Герасименко А. С.
Уральский государственный горный университет

По принципу работы механоактиватор-экстрактор «ЭМ-М» относится к типу устройств мокрого самоизмельчения, оснащенного небольшим количеством (подбираемым опытным путем) разгонно-истирающих шаров (рис. 1). Рабочей камерой измельчения растительного сырья является корпус цилиндрической формы 1, оснащенный разгонно-истирающими шарами 2. Она снабжена входным 3 и выходным 4 каналами, соединенными с системой подачи и отвода жидкого CO₂.

Такое конструктивное решение может (при необходимости) обеспечивать непрерывный поток экстрагента сквозь измельчаемый слой растительного сырья в процессе его самоизмельчения. Снабжение выходного канала регулируемым клапаном позволит изменять производительность экстракции из растительного сырья в процессе его самоизмельчения в рабочей камере.

Раскручивание пульпы в цилиндрическом корпусе механоактиватора-экстрактора «ЭМ-М», происходит за счет трения коаксиально движущихся смежных слоев пульпы и разгонно-истирающих шаров с разными линейными скоростями. Следовательно, область вязкостного трения и затраты энергии на его преодоление в предложенном измельчительном устройстве будут достаточно велики, что будет способствовать повышению эффективности самоизмельчения и экстракции в предложенном механоактиваторе-экстракторе «ЭМ-М».

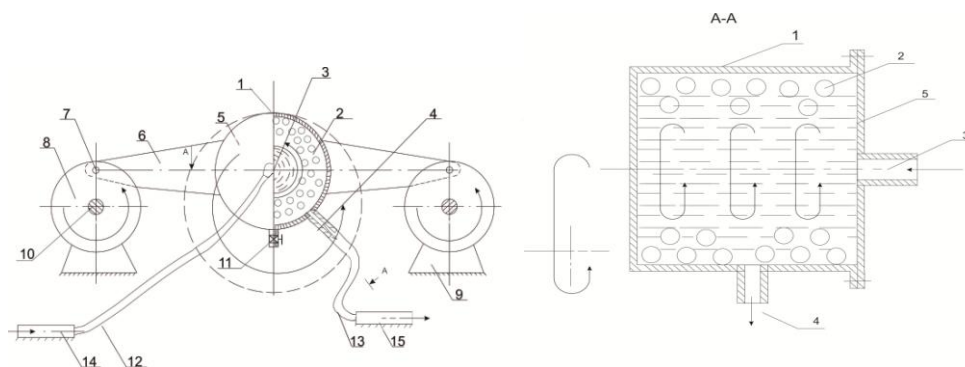


Рисунок 1 – Принципиальная схема механоактиватора-экстрактора «ЭМ-М».

Эффективность самоизмельчения (а значит и экстракции) может быть повышена за счет возрастания скорости смещения смежных слоев пульпы в круговом потоке при увеличении размеров диаметра рабочей камеры измельчения 1 и скорости вращения кривошипа 8. Параметры режимов самоизмельчения, т.е. скорость вращения корпуса 1 измельчительной камеры, количество загружаемого исходного растительного сырья, жидкого CO₂ и разгонно-истирающих шаров 2, будут подбираться опытным путем после изготовления и пусковых испытаний опытного образца механоактиватора-экстрактора.

Экспериментальная установка по экстракции растительного сырья в среде сверхкритического флюида (CO₂) состоит из следующих основных элементов: механоактиватора-экстрактора «ЭМ-М» с контейнером для размещения навески растительного сырья, системы подачи экстрагента, системы сбора продукта, системы конденсации, системы КИП, регулирующей и запорной арматуры (рис. 2).

Рабочая камера экстрактора “ЭМ-М”, где совмещены процессы самоизмельчения и экстракции, представляет собой толстостенный сосуд с внутренним диаметром 250 мм, изготовленный из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Герметизация осуществляется фланцевым соединением при помощи резинового кольца. Управляющий сигнал в систему терморегулирования поступает от термометров сопротивления типа ТСМ, установленных перед клапанами 14 и 15.

Система подачи экстрагента состоит из плунжерного насоса 1, регулирующего клапана 2, буферной ёмкости 3, запорно-регулирующего вентиля 4, испарителя 5, и самого механоактиватора-экстрактора 6. Расход экстрагента изменяется при помощи регулирующего клапана 2, расположенного на линии нагнетания насоса. Система сбора продукта состоит из дроссельного вентиля 7, подогревателя экстракта 8 и сепаратора 9. Система конденсации состоит из блока конденсаторов 10 и запорной арматуры. В качестве хладагента используется водопроводная вода.

Процесс сверхкритической экстракции на экспериментальной установке происходит следующим образом: предварительно измельчённое растительное сырьё и разгонно-истирающие шары загружается в механоактиватор-экстрактор 6. После герметизации экстрактор и система сбора продукта продуваются газообразным CO_2 для удаления воздуха.

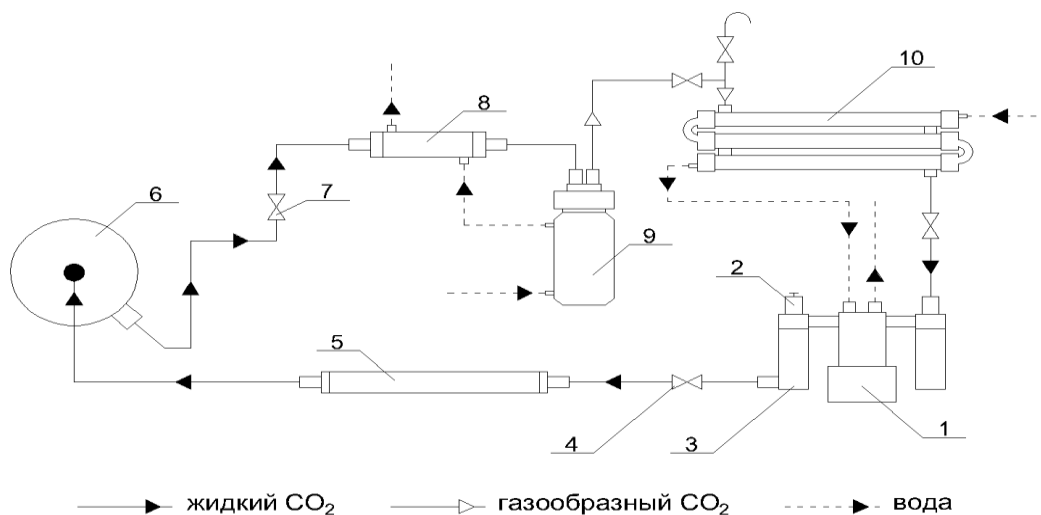


Рисунок 2 – Схема экспериментальной установки по экстракции растительного сырья в среде сверхкритических флюидов.

Жидкий диоксид углерода сжатый плунжерным насосом 1 до давления 8-12 МПа, проходит через испаритель 5, где переходит в сверхкритическое состояние ($P_1 = 8...12$ МПа и $t_1 = 35...70$ °С) и подаётся в центральную часть механоактиватора-экстрактора 6. Затем запускается маховик измельчителя и камера измельчения начинает совершать круговые колебательные движения, в следствии чего предварительно нарезанный растительный материал раскручивается вместе с разгонно-истирающими шарами и начинает самоизмельчаться. Проходя через самоизмельчающийся слой растительного сырья сверхкритический диоксид углерода, извлекает растворимые компоненты и выводится из периферийной (боковой) части рабочей камеры. При прохождении через дроссельный вентиль 7 давление и температура CO_2 снижаются ниже критических параметров и диоксид углерода из сверхкритического состояния переходит в газообразное. В сепараторе 9 происходит осаждение растворённого в жидком CO_2 извлекаемого компонента. Газообразный диоксид углерода охлаждается в блоке конденсаторов 10, сжимается до рабочего давления плунжерным насосом 1 и цикл повторяется.

ПОЛУЧЕНИЕ СПЕКТРОВ УГЛОВ НАКЛОНА ОТРАЖАЮЩИХ ГРАНИЦ ПО СЕЙСМОГРАММАМ ОБЩЕЙ ТОЧКИ ВОЗБУЖДЕНИЯ (ОТВ)

Харченко А. В.

Уральский государственный горный университет

Практическое использование метода отраженных волн в сейсморазведке основано на том, что в геологической среде всегда существуют области, в которых значение акустической жесткости (произведение плотности пород на величину скорости распространения упругих волн в них) отличается от значений в смежных областях. Чаще всего такие области разделяются границами, которые могут быть протяженными и непрерывными в пространстве или иметь локальный характер. Сейсмические волны, в процессе своего распространения встречаясь с такими границами, частично отражаются, частично проходят вглубь среды и рассеиваются. Та часть энергии падающих волн, которая отражается на границах, возвращается к поверхности земли в форме отраженных волн.

Основным современным вариантом реализации метода отраженных волн является метод общей средней (глубинной) точки (МОГТ). Принципиальными основами метода являются: выполнение полевых наблюдений по сложным специальным системам многократных перекрытий, выборка трасс по принципу принадлежности их к общей средней точке из сейсмограмм общей точки возбуждения. В основе обработки данных и получении изображения среды в МОГТ лежит предположение о том, что границы плоские и субгоризонтальные. Допущения о субгоризонтальности всех сейсмических границ, являются сильно упрощенными предположениями о строении реальных геологических сред.

Принятый в МОГТ способ формирования трасс временного разреза не учитывает того факта, что реальная сейсмическая трасса может представлять собой не только запись отражений от субгоризонтальных границ, расположенных под общей средней точкой, но и может нести информацию о других отраженных волнах, порожденных различными по положению и наклону отражающими границами внутри среды. Это приводит к тому, что на временном разрезе наблюдается явление сейсмического сноса.

Для повышения пространственной разрешенности на получаемых сейсмических изображениях среды необходимо в процессе обработки предусмотреть получение значений углов наклона отражающих границ по сейсмограммам ОТВ.

Разработанный Бондаревым В.И. и Крылатковым С.М. [1] способ лишен отмеченного выше недостатка, что позволяет надеяться на получение с его помощью более достоверных сейсмических изображений геологической среды. Способ предназначен для получения временных или глубинных сейсмических изображений геологического разреза по результатам проведения стандартных сейсморазведочных работ по методике многократных перекрытий МОГТ-2D.

Для успешной реализации необходима технология изучения углов наклона отражающих границ по наблюдаемому волновому полю. Основу этой технологии может составить использование сейсмограмм несимметричного способа формирования МОВ-ОГП (рис.1).

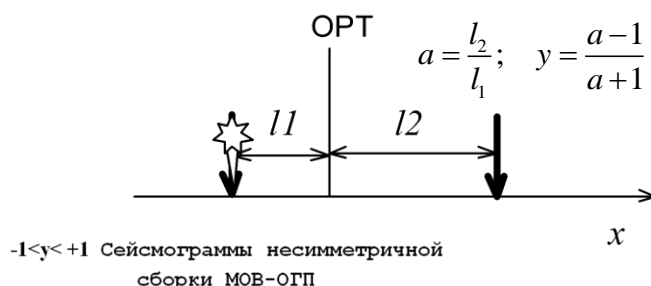


Рисунок 1 - Несимметричный способ формирования сейсмограмм МОВ-ОГП

Сейсмограммам ОСТ (ОГТ) соответствует значение параметра $a=1$ и $y=0$, а сейсмограммам ОТВ соответствует значение параметра $a=\infty$ и $y=1$. Несимметричный способ формирования сейсмограмм позволяет получать новые типы временных разрезов по сейсмограммам МОВ-ОГП и производить определение угловых элементов залегания отражающих границ.

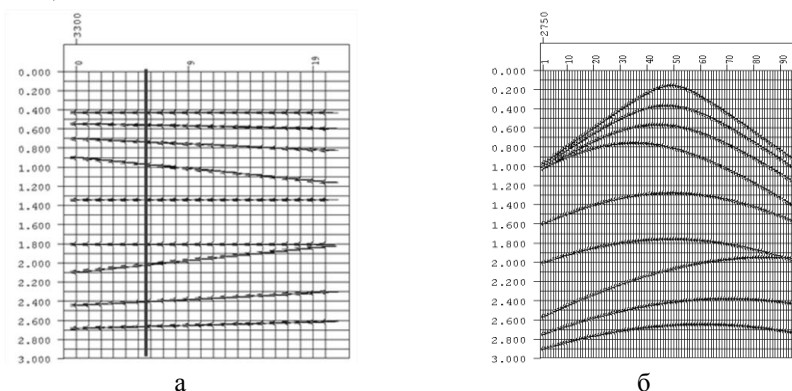


Рисунок 2 - Модель среды - а, расчетная сейсмограмма - б

Модель среды в форме временного разреза показана на рис.2, а. Для показанного сечения среды рассчитана сейсмограмма ОТВ (рис.2, б).

По совокупности таких сейсмограмм на профиле можно несимметрично собрать сейсмограмму с некоторым параметром асимметрии a , например, $a=1,5$ (рис.3, а). Такую сейсмограмму будем называть “ a – сейсмограммой”. Соответствующий ей спектр углов наклона показан на рис.3, б. На модельных a -сейсмограммах хорошо видны преобладающие направления осей синфазности для всех 9 границ модели.

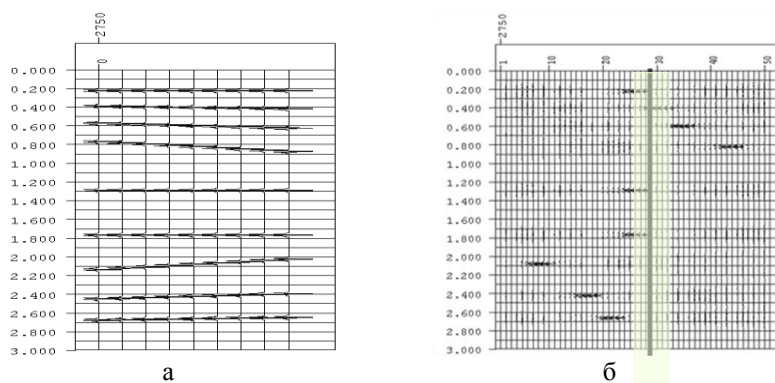


Рисунок 3 - “ a – сейсмограмма” - а, спектр углов наклона - б

Их углы наклона совпадают по знаку и пропорциональны по величине углам наклона границ в разрезе. Особенно ярко величины углов наклона элементов границ проявляются на суммолентах, где мы наблюдаем так называемые разрастания. Положение разрастаний по вертикали соответствует глубине границы, а отклонение по горизонтали относительно центральной оси дает точное значение наклона границы.

Указанная технология позволяет получать значение углов наклона отражающих границ по глубине и по профилю и в последующем использовать эти значения для построения мигрированных сейсмических изображений геологической среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бондарев В.И., Крылатков С.М. Новые технологии анализа данных сейсморазведки. Научное издание. - Екатеринбург: Издательство УГГУ, 2006. –126 с.

ПРЕПЯТСТВИЯ НА ПУТИ ОСВОЕНИЯ АРКТИКИ

Карелин В. В.

Уральский государственный горный университет

Снижение запасов на известных месторождения по всему миру, растущий спрос на нефть, а также таяние ледников привело к значительному росту объема геологоразведочных работ в Арктике. По мнению российских исследователей, запасы углеводородов в Арктике сопоставимы с запасами в Персидском заливе или Западной Сибири. По оценкам Геологической службы США, неразведанные запасы углеводородов на территории Арктики составляют 90 млрд. баррелей нефти и 1669 трлн. куб футов газа – это четверть всех мировых неразведанных запасов нефти и газа, которые относятся к категории извлекаемых запасов. Учитывая перспективность направления, международные нефтегазовые компании и правительства стран мира предпринимают новые попытки освоения Арктики, которые однако, сопряжены с решением сложных технических задач.

На данный момент существует, по меньшей мере, 5 основных проблем, которые препятствуют освоению Россией Арктики:

1. Климатический фактор. Только в течении двух-трех месяцев безледовой обстановки, с дополнительными ограничениями по штормовой погоде, возможно проведение сейсморазведочных работ в условиях Арктики. Так же низкие температуры накладывают ограничение на использования человеческих ресурсов, и не позволяют использовать многие аппаратные средства.

Существует технология, применяемая в ледовой Арктике компанией ION(США), подразумевает использование двух судов: ледокол и сейсморазведочное судно усиленного ледового класса, буксирующее за собой одну сейсмокоосу. Но для проведения работ по данной технологии у нашей страны отсутствуют свободные ледоколы, а стоимость их высока, и нет отечественной аппаратуры для морской сейсморазведки.

2. Отсутствие должного флота. Последние сейсмические суда в нашей стране строились больше 35 лет назад. Финальным судном данного типа было “Исследователь”, суда строились в Хабаровске в 70-80е года. Сейчас в России отсутствуют судоверфи, с опытом постройки сейсмических судов. В настоящее время износ научного отечественного флота превышает 80% и состоит из 15 единиц сейсморазведочных судов:

- 14 судов 80-х годов постройки, производства Финляндии и Польши

Одно современное судно “Вячеслав Тихонов”(2011г.) взятое в лизинг “Совкомфлотом” у компании Polarcus

На сегодняшний день, Российская Федерация способна обеспечить себя полностью выполнением объемов сейсмических работ по 2D технологии, за счет имеющегося флота. В сегменте 3D сейсморазведки, ситуация более критическая. Лишь 4 судна Российского флота, могут выполнять работы по 3D сейсморазведке, которые на данный момент наиболее востребованы. К тому же наши суда, уступают по основным характеристикам, западным конкурентам. Российские суда имеют лишь 4,6 и 8 сейсмокос с длиной до 6-8 км, когда западные: от 12 до 24 сейсмокос и длиной до 10-12км. Существующая мощность флота, позволяет обеспечить не более 20% объемов рынка. К тому же, работа, производимая иностранными судами, противоречит принципу обеспечения безопасности, потому что это утечка данных о российском шельфе.

В 2016 году, президент В. Путин одобрил строительство двух сейсморазведочных судов на отечественных верфях. Известно что, для этих целей будет выделено 15 млрд. рублей из бюджета и приглашены западные специалисты. Ввод в эксплуатацию запланирован на 2019 год.

Стоит отметить, по словам профессора МГУ кафедры сейсмометрии и геоакустики Юрия Ампилова, что из-за мирового кризиса в мире, простаивает 70% судов способных выполнить данные задачи, приобретение которых обошлось бы в \$50 млн. за судно, что в

несколько раз дешевле, строительства нового. В связи с международными санкциями, Россия не может приобрести суда, оборудованные профильной техникой.

3. Зависимость от зарубежных компаний. На данный момент все суда Российского флота, оснащены зарубежным оборудованием. В последние годы в правительстве государства, все чаще стали заходить разговоры об импортозамещении. Сейчас в России лишь одна компания ООО «ССТ» («Современные сейсмические технологии») из Геленджика, занимается выпуском аппаратуры и оборудования для морской сейсморазведки. ССТ выпускает аппаратуру для сейсморазведки в переходных зонах (пневмоизлучатели, кабель-тросовые цифровые сейсмокоды, многоканальные системы сбора с собственным ПО), а также аппаратуру для глубоководной сейсморазведки. Комплекс буксируемой аппаратуры неконкурентен западным аналогам. Оборудование лишь частично является отечественной разработкой, элементная база и сейсмоприемники остаются импортными.

4. Геополитика. С первыми данными о значительных запасах углеводородов, проснулся интерес к Арктике у арктических и неарктических государств. Основные острые споры вызывают документы, связанные с разграничением морских пространств подписанные между СССР и США в 1990г., соглашение о разграничении по Берингову морю, согласно которому Россия теряет 50 000 квадратных километров площади. А так же договор между Россией и Норвегией подписанный в 2010г, о передаче Норвегии 90 тыс. квадратных километров акватории Баренцева моря с богатейшими залежами нефти, газа и рыбными ресурсами.

5. Внутренняя политика государства. В настоящее время остается монополия Газпрома и Роснефти на геологоразведку на шельфе. Шельф закрыт не только для других нефтегазовых компаний, но и для геофизических предприятий которые хотели бы вкладывать средства в разведку шельфа.

Вывод: Выполняемые сегодня на российском шельфе сейсморазведочные работы 3D по технологическим параметрам соответствуют тому уровню, который в мире был достигнут более 15 лет назад. Успех страны в Арктике, во много зависит от степени вовлеченности государства в развитие региона и сферы. Стоит понимать, что инвестиции окупятся лишь в долгосрочной перспективе, поэтому рассчитывать можно лишь на госкомпанию. Именно государство, в отличие от разрозненных и зачастую неэффективных частных инициатив, может обеспечить координацию усилий, методический и комплексный подход к освоению региона. Ведь Арктика сегодня является одним из ключевых нефтеносных регионов на планете.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ампилов Ю.П. Сейсморазведка на российском шельфе // Offshore [Russia]. 2015. № 2 (8). С. 26 – 35
2. Журнал Rogtec «Технология за круглым столом: разведка в Арктике» март 2012
3. Радыш М. Б. Правовые проблемы делимитации морских пространств Арктики // Вестник РУДН. Серия: Юридические науки. 2006. №1.
4. Семенов А.В, Жильцов С.С., Зонн И. С., Костяной А. Г. Арктическая геополитика и интересы России // Образовательные ресурсы и технологии. 2014. №5 (8) С.3-13.
5. Скотт Камерон «Понимание ледовой обстановки – залог успешной работы в Арктике» Журнал «Offshore Engineer». Декабрь 2013 г.
6. <http://partia-slovoidelo.ru/sobytiya/kak-rossiya-otdala-norvegii-territorii-barenceva-morya>
7. https://www.korabel.ru/news/comments/podvodnye_kamni_morskoy_seysmorazvedki_chast_1.html
8. https://www.korabel.ru/news/comments/podvodnye_kamni_morskoy_seysmorazvedki_chast_2.html
9. <http://www.morvesti.ru/detail.php?ID=59635>