

получили из него 80% редкоземельных элементов. Ранее повторно выделять редкоземельные элементы из отработанных деталей не удавалось ни одному автопроизводителю. С целью экономии использования редкоземельных элементов японским производителем электроники Hitachi разработан двигатель, в котором не используются редкоземельные элементы. Компания Toyota объявила о планах производства электромобилей также без применения редкоземельных элементов. Данные элементы содержатся также в нефтяных и газ угольных месторождениях в Кузбассе [2], переработка которых позволит активизировать снабжение этими элементами промышленные высокотехнологичные предприятия на внутреннем и внешнем рынке и оздоровить экологическую ситуацию в добывающих и перерабатывающих регионах.

Литература

1. Нифантов Б.Ф. и др. Повышение ценности товарных кузнецких углей за счет селективной выемки пластов с промышленными содержаниями элементов – примесей // Уголь. – Москва, 2011. – № 2. – С. 63 – 65.
2. Скурский М.Д. Прогноз редкоземельно-нефтегазоугольных месторождений в Кузбассе // ТЭК и ресурсы Кузбасса. – Кемерово, 2004. – № 2/15. – С. 24-30.
3. Эльснер Х. Критическое положение в области снабжения тяжелыми редкоземельными элементами // Майнинг Репорт. Глюкауф. – Москва, 2013. – № 1. – С. 10 – 16.
4. Прибрежная торговля – 88 // Проспект выставки. Кемерово, 1988. – 8 с.
5. Doner Susanne. Wie sich Seltene Erden recyceln lassen [Электронный ресурс] // Handelsblatt. - Режим доступа : <http://www.Handelsblatt.Com/technologie/forschungmedizin/forschung-innovation/rohstoffe-wie-sich-seltene-erden-recyceln-lassen/8887404/html#>.
6. Ученые во Фрайсберге ведут поиск ценных материалов в старых отвалах горных предприятий // Майнинг Репорт Глюкауф. – Москва, 2013. – №2. – С 4 – 6.

ВОЗМОЖНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АЛЮМОСИЛИКАТНОЙ ПЛАВАЮЩЕЙ МИКРОСФЕРЫ В ТАМПОНАЖНЫХ МАТЕРИАЛАХ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН

И.С. Вершинин

Научные руководители доцент О.И. Налесник, доцент И.А. Бойко

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Одним из важных условий пуска и эксплуатации нефтяных скважин является герметизация затрубного пространства (между трубой и пробуренными горными породами). Она осуществляется закачиванием тампонажных растворов на основе специальных цементов с добавками и превращением их в цементный камень. Глубина труб достигает двух-четырёх километров и более. Для заполнения затрубного пространства и трещин горных пород тампонажный раствор должен обладать определёнными технологическими свойствами (плотность и вязкость, растекаемость и время начала твердения). Поэтому в раствор вводят облегчающие добавки для получения плотности цементного камня в пределах $\sim 1,35 - 1,55 \text{ г/см}^3$. Кроме того, в тампонажный раствор вводят химикаты, снижающие вязкость, водоотделение и расслоение. Такие меры позволяют закачать раствор в скважину до начала превращения его в цементный камень с малой усадкой объёма [1].

В лаборатории «Буровые и тампонажные растворы» кафедры бурения скважин ИПР ТПУ изучается применение вермикулита, трепела и алюмосиликатной плавающей микросферы (АСПМ) в качестве облегчающих добавок. Вермикулит (продукт термической обработки слоистой гидрослюда) имеет насыпную плотность от 0,12 до 0,52 г/см^3 , трепел (опаловая осадочная порода) – 1,2 до 2,5 г/см^3 , а АСПМ – от 0,35 до 0,39 г/см^3 [2]. Поэтому наибольшие перспективы к применению имеют вермикулит и АСПМ, как наиболее лёгкие.

Алюмосиликатная плавающая микросфера образуется при факельном сжигании каменного угля на тепловых электростанциях [3] и с золой и шлаком удаляется гидротранспортом (по трубе) на отвальное поле. Одна часть её собирается (плавает) на поверхности пруда – отстойника, другая часть содержится в толще золошлакового отвала. Известно [4], что в России наибольший выход микросферы происходит при сгорании Кузнецких углей. Северская ТЭЦ за 60 лет работы накопила на своём отвале миллионы тонн золы и шлака. Содержание плавающей микросферы в отвале $\sim 0,8-1,0 \%$. Кроме неё ценность представляет угольный недожог (до 9%), магнетит (6-8%) и др. Кафедра общей химической технологии ИПР ТПУ разрабатывает оборудование для комплексной переработки этих отвалов, включая извлечение микросферы. Цена АСПМ на рынке составляет 800-1000 долларов за тонну.

На рис. 1 приведена фотография плавающей микросферы. Это алюмосиликатные, с тонкими стенками, полые блестящие шарики белого, желтоватого, изредка чёрного цвета, диаметром от десятков до сотен микрон. Проба плавающей микросферы была промыта, высушена и рассеяна на лабораторной виброситовой установке.

Результаты, представленные в табл. 1, показывают, что 50% микросферы содержится во фракции $-0,25+0,125 \text{ мм}$. Далее наблюдается равномерное снижение массы фракций с уменьшением размеров. Значения насыпной плотности фракций показывают сначала её рост до фракции $-0,125+0,1 \text{ мм}$, а затем снижение с резким повышением у самой тонкой фракции. Последнее можно объяснить ростом относительной толщины стенок частиц. Насыпная плотность фракций и средняя насыпная плотность ($0,37-0,38 \text{ г/см}^3$) указывают на перспективность применения АСПМ в тампонажных растворах.

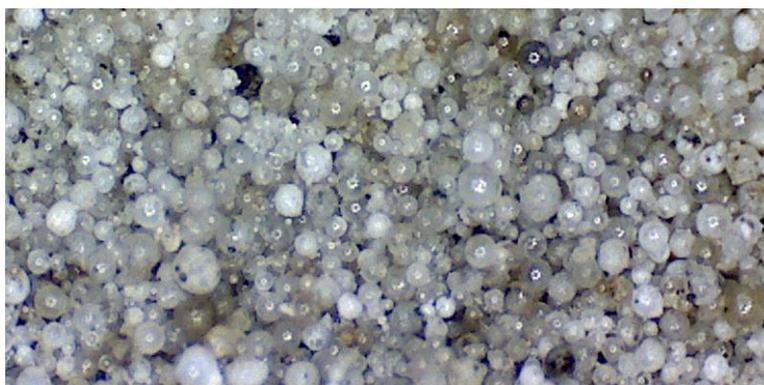


Рис. 1. Фотография алюмосиликатной плавающей микросферы

Таблица 1

Гранулометрический состав и насыпная плотность фракций АСПМ

Фракция, мм	Содержание фракции, %	Насыпная плотность, г/см ³	Фракция, мм	Содержание фракции, %	Насыпная плотность, г/см ³
+0,315	0,98	0,361	-0,1+0,08	15,45	0,386
-0,315+0,25	1,80	0,370	-0,08+0,063	9,27	0,375
-0,25+0,125	49,25	0,380	-0,063+0,04	5,85	0,348
-0,125+0,1	16,45	0,397	-0,04	0,65	0,453

Для проверки влияния диаметра шариков микросферы на прочность тампонажного камня порция микросферы была разделена на 3 фракции и передана на испытания. В указанной выше лаборатории были приготовлены смеси каждой фракции микросферы с цементом, отлиты балочки прямоугольной формы размерами 40×40×160 мм и определена прочность их при изгибе (см. табл. 2). Все работы выполнялись по ГОСТ 26793.1-96 и ГОСТ 310.4-81 [5, 6].

Результаты прочности цементного камня приведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты испытания цементного камня с АСПМ на прочность

Фракция АСПМ, мм	Насыпная плотность, г/см ³	Соотношение АСПМ : цемент, % мас.	Плотность цементного камня, г/см ³	Прочность на изгиб, МПа
-0,25+0,15	0,378	7 : 93	1,51	3,32
-0,15+0,125	0,385			3,80
-0,125+0	0,377			4,00

Повышение прочности на изгиб со снижением диаметра микросферы можно объяснить ростом прочности шариков. Более крупные частицы микросферы являются менее прочными, возможно из-за снижения толщины стенки.

Значения прочности цементного камня с АСПМ сопоставимы с прочностью при добавке вермикулита. Однако, цементный камень с АСПМ имеет несколько большую усадку, чем камень с вермикулитом [2].

По результатам работы авторы пришли к выводу, что работы следует продолжить в направлении поиска добавок, снижающих усадку камня с АСПМ. Перспективным также является применение двух добавок одновременно (вермикулита и АСПМ) в тампонажных растворах.

Литература

1. Технология бурения глубоких скважин. Учебное пособие для вузов / Под ред. М.Р. Мавлютова. – М.: Недра, 1982. – 287 с.
2. Bubnov A.S., Boyko I.A., Khorev V.S. Strength properties of cement slurries with lightweights applied in oil and gas wells // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2015 (в печати).
3. Кизельштейн Л.Я. и др. Компоненты зол и шлаков ТЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 176 с.
4. Данилин Л.Д., Дрожжин В.С., Куваев М.Д. и др. Свойства золошлаков ТЭС. Полые микросферы из зол уноса электростанций. Российский федеральный ядерный центр. – М.
5. ГОСТ 26793.1-96 Цементы тампонажные. Методы испытания. Введ. 01.10.1998. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1998.
6. ГОСТ 310.4-81 Цементы. Методы определения прочности при изгибе и сжатии. Введ. 01.07.1983. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1983.