

УДК 622.7

Г.И.Авдонин, Е.Ю.Михеев, В.А. Гуров, П.Е. Олишевский
О ПЕРСПЕКТИВАХ КУЧНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ
НИКЕЛЯ

*Определены принципиальные возможности извлечения никеля сернокислотными растворами из латеритовых руд в режиме кучного выщелачивания.
Ключевые слова: перколяционная колонка, латеритовая руда, серпентиниты, зажим Мора, месторождение, закал воды.*

Целью работы являлось определение принципиальной возможности извлечения никеля сернокислотными растворами из латеритовых руд в режиме кучного выщелачивания. Кучное выщелачивание никеля из окисленных руд кор выветривания серпентинитов в последнее время успешно осуществляется на ряде объектов Австралии и Турции. В нашей лаборатории проводились исследования по кучному выщелачиванию никеля из руд Кунгурского месторождения, которые показали принципиальную возможность извлечения никеля в раствор.

Исследования никелевых руд проводились в несколько этапов. На первом этапе изучался режим выщелачивания никеля и кобальта из 2-х типов руд (магнезиальных и железистых). Основной целью этих исследований являлось определение средних концентраций полезных компонентов (Ni, Co) в продуктивных растворах и оценка степени их извлечения.

На втором этапе проводилось сравнение кинетики выщелачивания из железистых руд с естественной крупностью и руд, агломерированных с серной кислотой.

1. Методика проведения лабораторных исследований.

На первом этапе лабораторные исследования проводились на перколяционных колонках диаметром 10 см и высотой 1 м с ложным днищем. Площадь поперечного сечения колонки — 78,5 см². В колонки загружался поступивший на исследование рудный материал. Руда замачивалась водопроводной водой в капельном режиме орошения. После установления стабильного режима фильтрации определялся максимально возможный режим орошения. Скорость подачи воды регулировалась зажимом Мора, плотность орошения подбиралась из условия отсутствия зеркала воды на поверхности рудного материала. Всего было загружено 4 колонки: две магнезиальной рудой (колонки Mg1 и Mg2) и две железистой рудой (колонки Fe1 и Fe2). Загрузочные и фильтрационные характеристики колонок приведены в табл. 1.

В связи с тем, что первоначально предполагалось только проверить фильтрационную способность руд, влажность загруженной руды не определялась.

В качестве выщелачивающих в начале опыта использовались растворы

Таблица 1

№ п/п	№ колонки начальная концентрация серной кислоты в опыте	Ø, см	S, см ²	Вес руды, кг	h загрузки, см	Плотность орошения, л/м ² ·ч
	Fe1 (100 г/л)	10	78,5	7,8	0,80	6—13
	Fe2 (75 г/л)	10	78,5	7,5	0,80	6—13
	Mg1 (100 г/л)	10	78,5	8,35	0,85	6,48
	Mg2 (75 г/л)	10	78,5	8,0	0,85	6,55

серной кислоты с концентрацией 100 г/л (для колонок Fe1 и Mg1) и 75 г/л (для колонок Fe2 и Mg2). В последующем концентрация серной кислоты снижалась до 50 г/л в конце опыта. Опыт продолжался с 10.04.07 г. по 12.09.07 г.

Продуктивные растворы анализировались на содержание свободной кислоты, никеля, кобальта и железа. После определения концентрации кислоты и металлов растворы доукреплялись до исходной кислотности и вновь использовались в качестве выщелачивающих. После прекращения заметного роста концентрации никеля в продуктивных растворах последние заменялись «свежими». Для поддержания солевого состава в «свежие» выщелачивающие растворы добавлялся сульфат натрия из расчета 30 г/л.

На завершающем этапе, для интенсификации извлечения кобальта, было использовано двухвалентное сернокислородное железо с концентрацией 1 г/л (по железу).

После окончания опыта колонки разгружались, материал высушивался, взвешивался и измельчался до –2 мм на валковой дробилке. Измельченный материал сокращался до 1 кг и истирался до 200 меш. В кеках определялось содержание Ni и Co.

Исходное содержание полезных компонентов в колонках определялось по сумме извлеченного в растр

металла и содержанию его в кеке выщелачивания. Определение металлов в растворе проводилось спектрометрическим способом. Кислотность определялась прямым титрованием с фторидным буфером.

На втором этапе проводилось сравнение динамики извлечения никеля из руды естественной крупности и из руды, агломерированной с серной кислотой. Опыты проводились в колонках из оргстекла, диаметром 14 см и высотой 1 м.

На опыты поступали гранулы агломерированной руды 2-х типов:

I тип — гранулированные с концентрированной серной кислотой (расход кислоты — 301,56 кг/т);

II тип — гранулированные с раствором серной кислоты (1,6 л H₂SO₄ с плотностью ρ = 1,821 разведены 2,9 л H₂O). Расход кислоты — 116 кг/т.

Гранулы и руда естественной крупности загружались в колонны и орошались технической водой с плотностью орошения 10 л/м²·ч. В процессе орошения определялись влагонасыщение и влагоудержание по колоннам. В параллельных пробах определялась влажность загруженного материала. Параметры загрузки колонн приведены в табл. 2.

Колонна № 5, загруженная гранулами I типа (с концентрированной серной кислотой), в процессе замачивания закольматировалась и не фильтровала.

Таблица 2

№ п/п	№ колонны	Материал	Вес сухой вес, кг	Влажность, %	Влагоудержание, %	Влагонасыщение, %
1	5	Гранулы с конц. H ₂ SO ₄	<u>15,685</u> 9,8	14,8	-	—
2	6	Гранулы с разб. H ₂ SO ₄	<u>14,12</u> 8,82	28,7	8,4	5,48
3	7	Естественная руда	<u>16,0</u> 12,86	19,6	34,9	31,5

После ее разгрузки опыт был повторен с тем же результатом. В дальнейшем опыты проводились на колоннах 6 и 7 с использованием в качестве выщелачивающих растворов серной кислоты с концентрацией 40 г/л, плотность орошения поддерживалась на уровне 20 л/м²·ч.

Исходное содержание никеля по обеим колоннам принималось равным 1,01 % и относилось к весу сухой руды.

2. Результаты лабораторных исследований

На первом этапе проводилось сравнение выходных параметров выщелачивания 2-х различных типов руд: магнезильного с ориентировочным содержанием никеля ≈0,6 % и железистого с содержанием Ni ≈1,02 %. По предварительному опыту работы с никелевыми рудами и для сравнения различных режимов кислотность выщелачивающих растворов на стадии закисления была выбрана 75 г/л в колонках Mg2 и Fe2 и 100 г/л для колонок Mg1 и Fe2.

На рис. 1—4 приведены графики концентраций металлов (Fe, Ni, Co) в продуктивных растворах в зависимости от величины отношения Ж:Т. Как видно из графиков, свободная кислота появляется в продуктивных растворах одновременно с никелем на 4-5 сутки при Ж:Т ≈ 0,5—1,0 практически во всех колонках.

Для орошения использовались доукрепленные до исходной концентрации продуктивные растворы, поэтому в них шло постоянное увеличение концентрации никеля. На 37 сутки доукрепление прекратили, и орошение проводили обратными растворами.

После прекращения роста концентрации Ni растворы выводились из оборота и заменялись свежими. Для поддержания солевого состава в свежие растворы вводился сульфат натрия из расчета 30 г/л.

После замены растворов на свежие отмечался рост концентрации никеля в первой порции растворов. В следующей порции концентрация падала, а в последующих постепенно увеличивалась. Это связано с вытеснением поровых растворов с повышенной концентрацией из предыдущего цикла.

Извлечение кобальта происходило замедленно. Средние концентрации находились на уровне 100 мг/л. В связи с тем, что основное содержание кобальта приурочено к асболонам, в которых он находится в перекисленной форме, в выщелачивающий раствор было добавлено Fe²⁺ в виде сульфата. Добавка восстановителя привела к снижению ОВП продуктивных и выщелачивающих растворов и заметному росту концентрации кобальта в растворах — до 300—500 мг/л.

**Зависимость концентрации металлов от величины отношения Ж/Г
для колонки Fe1**

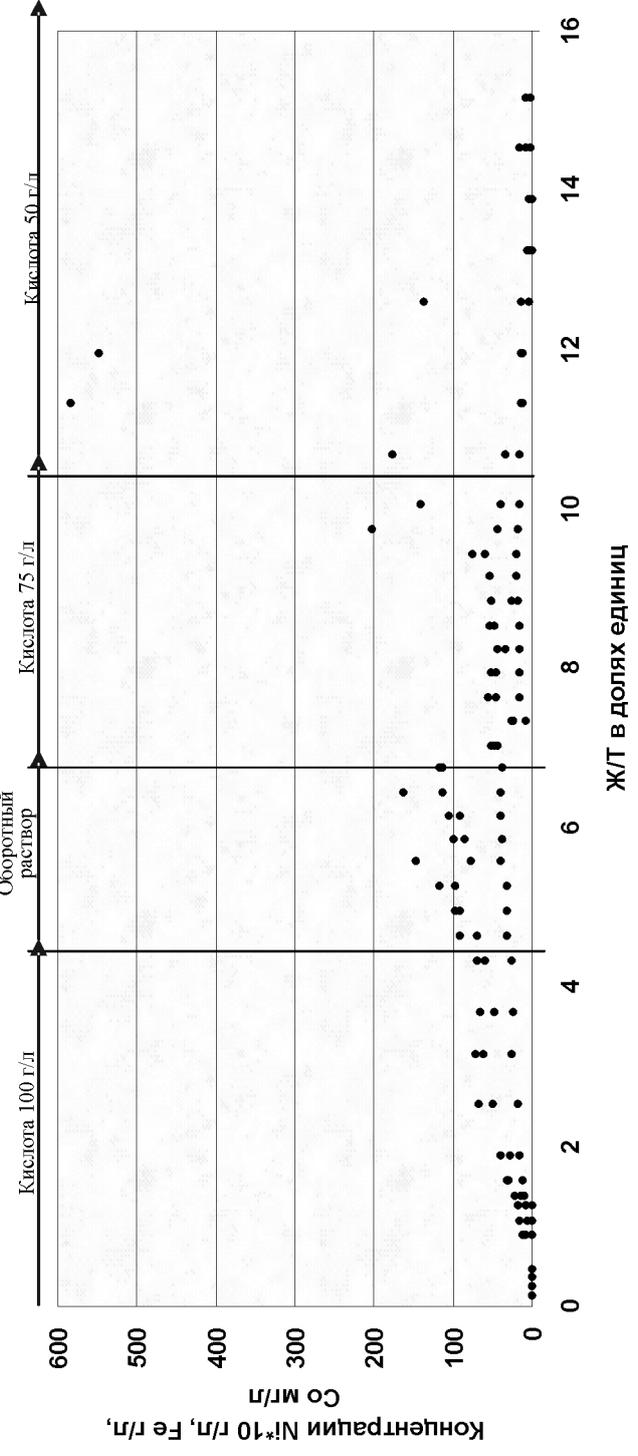


Рис. 1

Зависимость концентрации Ni от Ж/Г

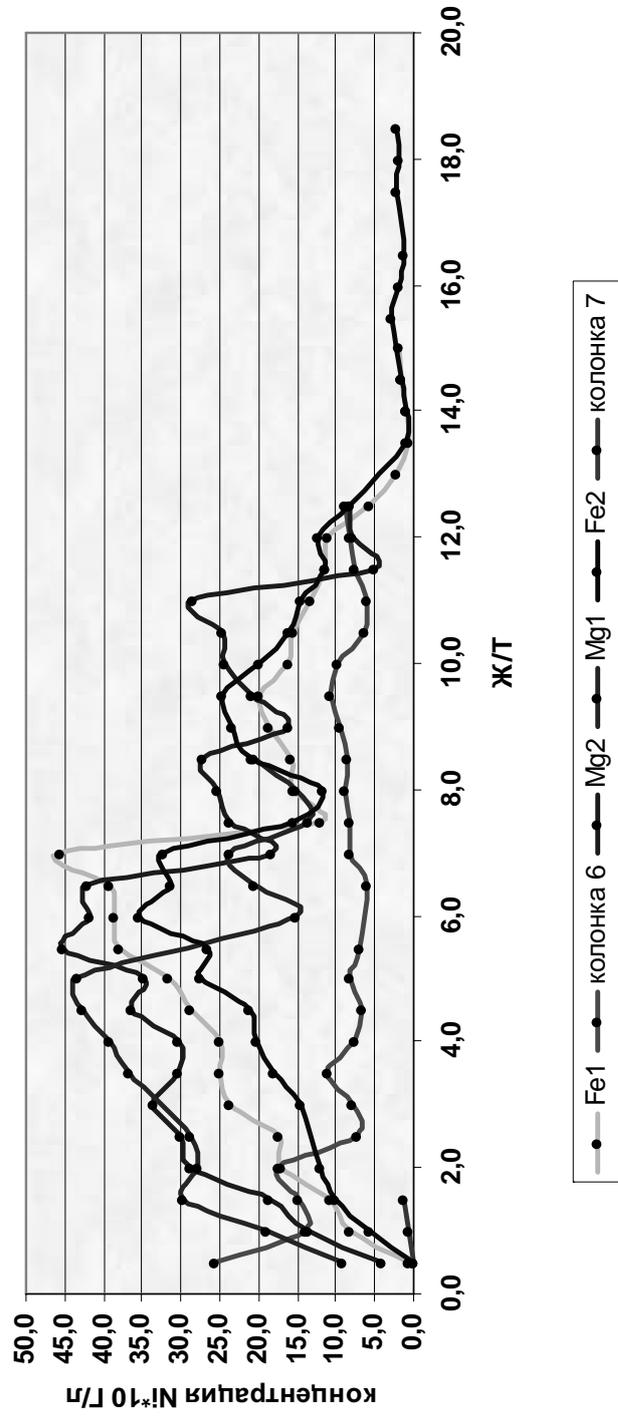


Рис. 2.

Зависимость степени извлечения от ЖЛГ

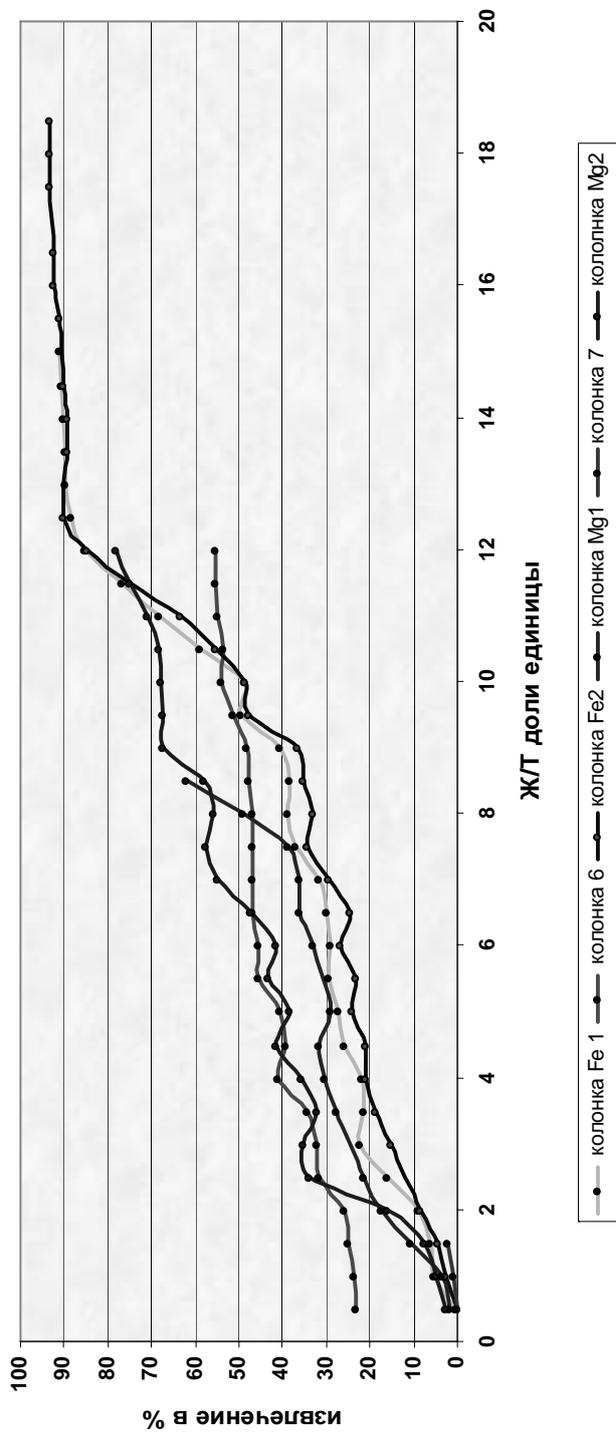


Рис. 3

Зависимость степени извлечения от времени

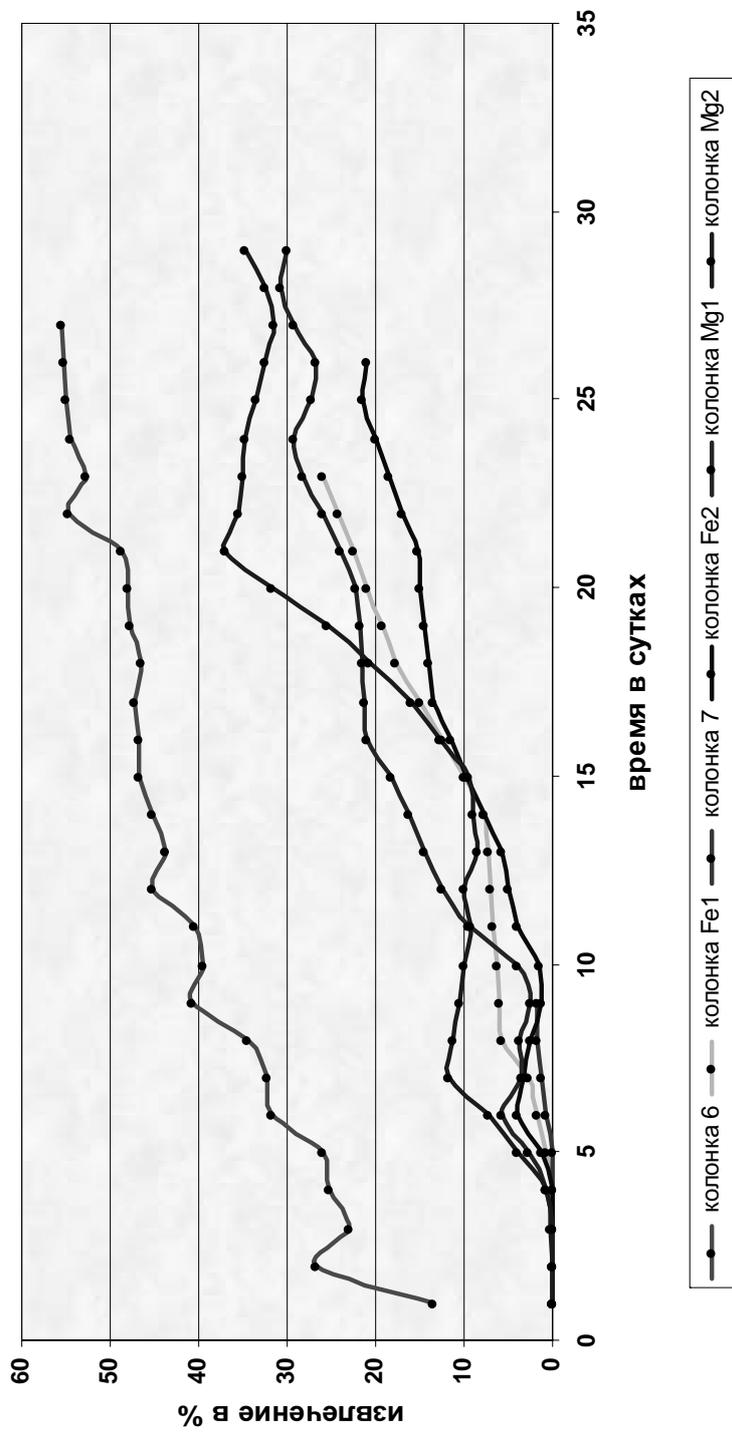


Рис. 4

Таблица 3

№ колонны	Извлечение, %	Ж:Т	Расход кислоты, кг/т
Fe-I	93,0	15,2	567,7
Fe-II	93,7	18,2	424,4
Mg-I	70,9	8,7	421,1
Mg-II	79,3	12,6	455,9
№ 6	57,2/72,2	13,2	179,2
№ 7	2,87/3,62	1,8	68,3

Таблица 4

№ колонны	Вес материала, кг	Содержание Ni, %	Содержание Co, %
Fe-I	3,72	0,105	0,0085
Fe-II	2,86	0,108	0,005
Mg-I	5,79	0,157	0,005
Mg-II	5,45	0,150	0,005

Для оценки влияния скорости орошения были поставлены опыты с гранулированной рудой. Грануляция кислотой проводилась в двух вариантах: 1 — с концентрированной серной кислотой; 2 — с разбавленной серной кислотой.

В первом варианте использовалась концентрированная серная кислота с плотностью 1,82 г/см³. На агломерацию 25 кг влажной руды (влажность 28 %) пошло 4,14 л кислоты или 7,54 кг. Расход кислоты составил 301,6 кг/т влажной руды.

Во втором варианте использовалась разбавленная кислота (1,6 л H₂SO₄ на 2,9 л H₂O). Расход кислоты составил 116,5 кг/т влажной руды.

Колонка с гранулами I типа закольматировалась при замачивании и не фильтровалась.

Колонка с гранулами, приготовленными с разбавленной кислотой, работала хорошо. Средняя плотность орошения составляла ≈20 л/м².ч.

Результаты отработки колонн приведены в табл. 3.

Сравнение показателей отработки агломерированной руды (колонка № 6) с показателями для руды естественной крупности показывает, что на

начальных этапах отработки скорость извлечения никеля выше из гранулированной руды, однако концентрации Ni в продуктивных растворах гораздо ниже.

После окончания опыта колонки Fe-I, Fe-II, Mg-I и Mg-II были разобраны, руда высушена и взвешена. В ней было определено остаточное содержание Ni и Co.

Из результатов проведенных работ можно сделать следующие выводы.

1. Концентрация никеля в продуктивных растворах при текущих Ж:Т выше при более высокой кислотности выщелачивающих растворов (что более заметно для Mg руд).

2. Соотношение Fe/Ni в продуктивных растворах снижается при уменьшении кислотности выщелачивающих растворов.

3. Степень извлечения никеля из магнезиальных руд выше чем из железистых при одном уровне Ж:Т.

4. В процессе выщелачивания «проницаемость» железистых руд повышается, а магнезиальных руд снижается.

5. Извлечение никеля из железистых руд достигает 90 % при Ж:Т≈15, при этом удельный расход кислоты составляет 560 кг/т. Из магнезиальных

руд извлечение ниже, 70 % при Ж:Т 8,5. Это связано с ухудшением фильтрационных показателей.

6. В процессе оборота растворов концентрация в них никеля растет до определенного предела.

7. Агломерация руды приводит к интенсификации извлечения никеля, однако концентрация никеля в про-

дуктивных растворах значительно ниже, чем на рудах с естественной крупностью.

8. Рекомендуемая кислотность выщелачивающих растворов 40—50 г/л.

9. Для извлечения кобальта из железистых руд необходимо применение восстановителей. **■**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Авдонин Г.И., Михеев Е.Ю., Гуров В.А., Олишевский П.Е. — ведущий научно-исследовательский институт химической технологии (ВНИИХТ) info@vniht.ru



ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

ЭМУЛЬСИОННЫЕ ВВ, ГРАНЭМИТЫ И ANFO: СТРУКТУРА, ИНИЦИИРОВАНИЕ, ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ

Горинов Сергей Александрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института горного дела УрО РАН, Екатеринбург, akaz2006@yandex.ru

Кутузов Борис Николаевич – доктор технических наук, профессор Московского государственного горного университета, boriskutuzov@mail.ru

Собина Егор Павлович – кандидат химических наук, доцент Уральского государственного университета им. А.М. Горького, Екатеринбург, sobina_egor@rambler.ru

Маслов Илья Юрьевич – директор ООО «Спецхимпром», Москва, ilmaslov@mail.ru

Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). — 2011. — № 7. — 64 с. — М.: Издательство «Горная книга»

Показано, что окислительная фаза эмульсии ЭВВ представлена высококонцентрированной суспензией нанокристаллов аммиачной селитры (селитр) в воде. Приведены методики расчета промежуточного детонатора и детонационных параметров ЭВВ, sensibilizированных пластиковыми полимикросферами. Даны физико-технические основы создания и пути повышения работоспособности ЭВВ, гранэммитов и ANFO.

Ключевые слова: эмульсионные матрицы, взрывчатые вещества, пластиковые микросферы, скорость детонации

Gorinov S.A., Kutuzov B.N, Sobina E.P., Maslov I.Y. EMULSION EXPLOSIVES, GRANEMITES AND ANFO: STRUCTURE, INITIATION, PHYSICAL AND TECHNICAL BASIS FOR ITS PRODUCTION.

The articles shows that the oxidizing phase of the explosive emulsion is presented by the highly concentrated suspension of nanocrystals of ammonium nitrate (saltpeter) in water. The calculation methods for defining the intermediate detonator and detonation parameters of the emulsion explosives sensibilized with plastic polymicrospheres are described. The physical and technical basis for production of emulsion explosives and ways to improve their efficiency as well as granemites and ANFO is given.

Key words: emulsion matrixes, explosives, plastic microspheres, the velocity of detonation.