

Ўзбекистон

# **K**ompozitsion **M**ateriallar

Ilmiy-texnikaviy va amaliy jurnali



Ўзбекский научно-технический и производственный журнал  
**Композиционные материалы**

## КОМПЛЕКСНАЯ ОЧИСТКА КАРАУМБЕТСКОЙ РАПЫ ДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ЖИДКОСТЬЮ И ИЗВЕСТКОВЫМ МОЛОКОМ С ОПТИМИЗАЦИЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА

<sup>1</sup>Хожамбергенов Бекполат Есен Гелдиевич, <sup>1</sup>Бегдуллаев Ахмет Кобейсинович,  
<sup>1</sup>Шамуратов Шухратжон Торемурастович, <sup>2</sup>Кошанова Бибигул Турганбаевна,  
<sup>2</sup>Эркаева Назокат Актамовна, <sup>2</sup>Туракулов Бехзод Бегматович, <sup>2</sup>Эркаев Актам Улашевич

<sup>1</sup>ООО СП «Кунградский содовый завод», <sup>2</sup>Ташкентский химико-технологический институт

**Аннотация.** Изучены процессы обессульфачивания и обезмагниеования Караумбетской рапы с использованием дистиллированной жидкости содового производства и известкового молока. Установлено влияние соотношения реагентов, температуры и продолжительности перемешивания на степень удаления ионов  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Mg}^{2+}$ , а также на фазовый состав и свойства образующихся осадков.

Оптимальные условия: первая стадия - «рапа: дистиллированная жидкость» 1,91:1, температура 25 °С; вторая стадия - 10 % избыток известкового молока, перемешивание 40–60 мин. Остаточное содержание  $\text{SO}_4^{2-}$  и  $\text{Mg}^{2+}$  составляет 0,09–0,34 % и 0,11–0,30 % соответственно.

Построены номограммы зависимости технологических показателей от соотношения реагентов, что позволяет регулировать состав осадков и степень очистки рапы. Технология снижает потери NaCl и расход пресной воды, актуальна для регионов с ограниченными водными ресурсами, таких как Каракалпакстан.

**Ключевые слова:** обессульфачивание, обезмагниеование, рассолы, дистиллированная жидкость, известковое молоко, кальцинированная сода, Караумбет.

**Введение.** Производство кальцинированной соды является одной из важнейших отраслей химической промышленности, обеспечивающей сырьём стекольную, химическую и металлургическую промышленность. Качество исходного сырья и эффективность технологических процессов напрямую зависят от состава и очистки используемых рассолов [1–2].

Особенно актуальна проблема удаления сульфат- и магнийсодержащих компонентов из природных рассолов в частности месторождений Караумбет, где природная вода является дефицитным ресурсом, а нерациональное использование сырья приводит к значительным экономическим и экологическим потерям.

В мировой практике применяются различные методы очистки рассолов, включая осаждение сульфат-ионов и магния с использованием известковых соединений и хлоридов кальция, а также комбинированные технологии с возвратной жидкостью содового производства [3]. Однако эффективность таких процессов зависит от температуры, pH, соотношения реагентов и времени перемешивания, а также от правильной стадии введения осадителей.

В работе изучен процесс обессульфачивания рассолов месторождений Караумбет с использованием дистиллированной жидкости содового производства с последующим обезмагниеованием известковым молоком. Проведены исследования влияния температуры и нормы осадителей

(дистиллированной жидкости и известкового молока) на скорость и полноту осаждения ионов сульфата на первой стадии очистки и ионов магния - на второй стадии.

Современные исследования также подчеркивают значимость стадийного введения реагентов, регулирования температуры и перемешивания, а также построения номограмм и зависимостей технологических показателей от соотношения компонентов [4]. Эти подходы позволяют создавать управляемые схемы очистки с прогнозируемым составом осадка и концентрацией остаточных ионов.

Результаты ранее проведённых исследований показали принципиальную возможность использования дистиллированной жидкости содового производства для обессульфачивания рассолов месторождения Караумбет с последующим удалением ионов магния. Однако эффективность процесса, степень очистки рапы и состав образующихся осадков в значительной мере определяются режимами проведения стадий осаждения и соотношением вводимых реагентов [5].

**Методы исследования.** Сущность предложенной технологии заключается в следующем: исходный прозрачный рассол перекачивается в хранилище, где обрабатывается расчетными количествами дистиллированной жидкости. После осаждения гипса обессульфаченный рассол направляется на стадию глубокой очистки от ионов кальция и магния, а затем используется в процессе производства кальцинированной соды. Реализация данной схемы имеет особое

значение для условий Республики Каракалпакстан, характеризующейся ограниченными водными ресурсами, поскольку обеспечивает рациональное использование рассолов и снижение потребления пресной воды. В связи с этим в работе была проведена оптимизация условий приготовления и очистки рапы, направленная на обоснование рациональных норм подачи дистиллированной жидкости и известкового молока с учётом фазовых равновесий в системе «Ca<sup>2+</sup>, 2Na<sup>+</sup>//2Cl<sup>-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>-H<sub>2</sub>O» при температуре 25°C. Такой подход позволил не только повысить полноту удаления сульфат- и магнийсодержащих компонентов, но и обеспечить селективность осаждения с формированием осадков заданного минерального состава [6].

С учётом установленной определяющей роли мольного соотношения Mg<sup>2+</sup>/SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> дальнейшие экспериментальные исследования проводились с использованием предварительно обессульфаченной Караумбетской рапы. Выбор исходного состава раствора для опытов был обусловлен необходимостью моделирования условий, соответствующих оптимальному режиму первой стадии очистки, при котором достигается максимальная степень удаления сульфат-ионов при сохранении растворённых хлоридов натрия. Химический состав рапы после обработки дистиллированной жидкостью в стехиометрическом соотношении, соответствующем 100 % содержанию ионов SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (соотношение «рапа:дистиллированная жидкость» = 1,91:1), приведён в таблице 1.

Таблица 1

Состав предварительно очищенной рапы с дистиллированной жидкостью

№	Температура, °C	Продол. процесса, мин	pH	Состав жидкой фазы, масс. %			
				NaCl	CaCl <sub>2</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
1	60	60	9,2	22,41	0,36	4,25	0,28

Как видно из представленных данных, после обессульфачивания концентрация ионов магния в растворе составляет 4,2–5,0 %, что определяет необходимость проведения второй стадии очистки - обезмагниевания.

Для изучения закономерностей удаления ионов Mg<sup>2+</sup> и выбора оптимальных условий второй стадии очистки был приготовлен раствор объёмом 5 л, химический состав которого соответствует данным, приведённым в таблице 1. Использование раствора с заданным ионным составом позволило исследовать влияние нормы осадителя и последовательности введения реагентов на полноту осаждения магния и состав образующегося твёрдого осадка.

Техника проведения экспериментов на второй стадии очистки была аналогична методике, использованной при осаждении ионов SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> на первой стадии (табл. 2). Установлено,

что строго эквивалентное по стехиометрии количество известкового молока не обеспечивает полного осаждения ионов Mg<sup>2+</sup>, в связи с чем возникла необходимость определения оптимального избытка осадителя, обеспечивающего практически полное удаление магния из раствора. Осадитель вводили в очищенную рапу при соотношении «рапа: известковое молоко (ИМ)» в диапазоне от 0,993 до 27,211, что соответствует 30–210 % по отношению к содержанию магния в растворе.

Необходимо отметить, что температура и продолжительность обезмагниевания составляла 60°C и 60 мин. Скорость осаждения рассчитана за первые 10 минут. Величина конечного объема шлама опытов 1-4 взята через 20 мин, а для опытов 5-6 взята через 5 мин после начала отстоя суспензии.

Таблица 2

Вторая стадия очистки рапы от ионов Mg<sup>2+</sup> известковым молоком

Номер опыта	Соотношения рапа:ИМ	pH суспензии	Кратность отстаивания		Соотношения Ж:Т		Влажность осадка, %	Скорость отстаивания, м/ч	*Последний объём. сгуш. суспензии, %
			По объёму	По массе	В суспензии	В сгущенной суспензии			
1	27,211	9,20	11	5,928	45,078	5,489	60,526	0,076	2,47
2	13,596	9,20	3,75	2,876	23,679	4,644	61,333	0,066	11,35
3	6,798	9,00	1,714	0,493	14,714	8,329	64,216	0,012	73,13
4	6,798	9,20	1,222	0,554	14,501	8,541	59,116	0,018	59
5	6,798	9,30	3,091	0,174	10,949	3,854	45,931	0,035	28,64
6	3,401	9,30	0,724	0,399	7,803	6,014	56,841	0,0078	38,4
7	1,702	9,30	0,364	0,494	4,055	2,353	57,589	0,0034	23,41
8	1,702	9,50	0,293	0,385	6,023	3,614	58,447	0,0027	24,53
9	1,191	10,60	0,444	0,37	5,702	3,313	63,204	0,0049	24,4
10	1,191	11,30	0,25	0,407	4,802	3,261	64,617	0,0056	22,29
11	0,993	12,30	0,257	0,342	4,887	2,795	64,863	0,0033	20,41
12	0,993	12,40	0,176	0,615	4,982	3,169	69,189	0,0012	22,09

**Результаты и обсуждение.** Таким образом, таблицы 1 и 2 отражают исходные и промежуточные состояния системы, на основе которых были обоснованы режимы стадийного осаждения и подтверждена возможность целенаправленного регулирования процессов

обессульфачивания и обезмагниеваания Караумбетской рапы в рамках предлагаемой технологии.

В таблице 3 показаны результаты химического анализа.

Таблица 3

Химический состав и физико-химические показатели жидкой фазы

Номер опыта	Состав жидкой фазы, масс. %				Плотность, г/см <sup>3</sup>		
	NaCl	CaCl <sub>2</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Реакционная масса	очищ. р/р	сгуш.р/р
1	24,12	0,94	4,15	0,13	1,152	1,049	1,947
2	23,86	1,27	4,01	0,19	1,13	0,941	1,228
3	20,99	1,49	3,41	0,071	1,207	0,56	1,946
4	20,34	1,49	3,21	0,037	1,147	0,711	1,569
5	19,66	1,47	3,16	0,24	1,02	0,095	1,695
6	12,56	3,22	0,71	0,076	1,035	0,784	1,422
7	8,56	6,13	0,78	0,2	0,847	1,041	0,766
8	8,49	5,85	0,83	0,21	0,847	0,946	0,719
9	6,44	6,88	0,13	0,081	1,132	0,876	1,052
10	8,37	7,96	0,23	0,18	1,051	1,573	0,965
11	6,23	8,05	0,18	0,23	0,912	0,984	0,739
12	7,17	8,05	0,11	0,12	0,923	2,649	0,756

Как видно из таблицы 3, в представленных образцах, при увеличении дозы известкового молока, то есть при снижении соотношения «рапа:ИМ» от 27,21 до 0,99, содержание MgO в очищенной жидкости при температуре 60°C уменьшается с 4,15 до 0,11 % соответственно. Одновременно наблюдается снижение концентрации хлорида натрия с 24,12 до 6,23 %. При добавлении Ca(OH)<sub>2</sub> при соотношении «рапа:ИМ» = 1,702 в системе отмечается резкое снижение содержания MgO до 0,78 %, а NaCl до 8,49 %.

В опыте 1, проведённом при температуре 60 °C и соотношении «рапа: ИМ» = 27,21, продолжительность процесса осаждения составила 21,5 мин. Аналогичная продолжительность осаждения наблюдалась и при двукратном увеличении количества осадителя. Увеличение дозы известкового молока в четыре раза (опыты 5) приводило к интенсификации процесса: продолжительность осаждения сокращалась до 17 мин, а объём образующегося шлама достигал 28,64 %.

Содержание Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> в очищенной жидкости в данных опытах изменялось незначительно и находилось в пределах 0,13–0,21 %. Дальнейшее увеличение дозы Ca(OH)<sub>2</sub> до соотношения «рапа:ИМ» = 1,191 является нецелесообразным, поскольку снижение концентрации MgO в растворе при этом незначительно.

Изучение влияния температуры на процесс очистки дистиллированной жидкости от ионов Mg<sup>2+</sup> при 30, 60 и 80 °C показало, что с повышением температуры наблюдается увеличение остаточного содержания ионов магния в растворе, что свидетельствует о снижении эффективности осаждения Mg(OH)<sub>2</sub>

при повышенных температурах.

Изменение соотношения «рапа:ИМ» от 13,596 до 6,798 при температуре 60 °C позволило снизить концентрацию MgO в растворе с 4,56 до 3,21 %, однако при этом отмечено незначительное увеличение содержания CaCl<sub>2</sub> с 1,27 до 1,49 %. Дальнейшее увеличение дозы Ca(OH)<sub>2</sub> и снижение соотношения «рапа:ИМ» от 6,798 до 3,401 при температуре 30 °C обеспечивало более эффективное удаление магния: концентрация MgO уменьшалась с 3,16 до 0,71 %, в то время как содержание CaCl<sub>2</sub> возрастало с 1,47 до 3,22 %. Температура суспензии в ходе экспериментов находилась в пределах 25–28 °C, продолжительность перемешивания составляла 60 мин. Как следует из данных таблицы 3, достаточным для практически полной очистки раствора от ионов Mg<sup>2+</sup> является 10 %-ный избыток CaO по отношению к стехиометрически необходимому количеству.

Для оценки отстойных свойств образующейся суспензии и определения конечного объёма шлама были проведены дополнительные опыты по методике, аналогичной применяемой на первой стадии очистки.

В условиях, реализованных в проведённых экспериментах, для практически полного осаждения ионов магния, помимо 10 %-ного избытка извести, необходимо обеспечение интенсивного перемешивания суспензии в течение 40–60 мин. При использовании заводской извести в отсутствие перемешивания, а также без введения флокулянтов, скорость осветления (осаждения твёрдой фазы) суспензии составляет 0,001–0,076 м/ч, при этом

- Rasulov A.X., Abdulhaqova Sh.B.** Mahalliy xomashyolardan foydalanib mashinasozlik detallari uchun polimer kompozit materiallarni ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish ..... 67
- Panjiev O.X., Salimova S.A., Negmatov S.S., Talipov N.H.** Kompozitsion yengillashtirilgan tamponaj materiallari olish va ularning xususiyatlarini o'rganish ..... 71
- Абед Ф.Ж., Иногамов С.Е., Туреева Г.А.** Разработка оптимального состава фито-плёнок на основе жидкого экстракта Алоэ и метилурацила ..... 74
- Тухтаев Ф.С., Нурназарова Г.У., Маматова М.Х., Негматов С.С.** Получение композиционных активированных сорбентов на основе скорлупы арахиса и древесной щепы айланты и исследование их адсорбционных свойств ..... 78
- Хожамбергенов Б.Е., Бегдуллаев А.К., Шамуратов Ш.Т., Кошанова Б.Т., Эркаева Н.А., Туракулов Б.Б., Эркаев А.У.** Комплексная очистка Караумбетской рапы дистиллированной жидкостью и известковым молоком с оптимизацией технологических параметров процесса ..... 82
- Halikulov U., Ubaydullaev M., Ruklinskaya E., Musayev E, Muxametjanova Sh.A.** Morphology of phase constituents and their structural-functional implementation in chromium-molybdenum steel after various thermal treatments ..... 85
- Гафурова Д.А., Юсупова Н.М., Курбанов Х.Г., Шахидова Д.Н., Рустамов М.К., Гуломова И.Б.** Получение сорбента для сорбции Mo(VI) на основе модифицированного поливинилхлорида ..... 88
- Shodiyev A.N., Voxidov B.R., Saidaxmedov A.A., Turobov Sh.N., Abdullayev Z.O.** Mis kuporosi tashlandiq eritmasidan nikelni cho'ktirishni tadqiq qilish ..... 91
- 4. Прикладные, экономические и экологические аспекты применения композиционных материалов**
- Umirova Sh.Sh., Amonov M.R.** Mahalliy gil kukunlari asosida samarali sorbentlar olish va ularni tadqiq qilish.. 96
- Kodirov O.Sh., Mardiev U.K., Isakulova M.Sh., Sharifov A.X.** Chiroqchi tumani dala shpatlarining kimyoviy–minerologik tarkibi va ularning seolit sintezidagi qo'llanilishi ..... 99
- Yakubov M.M., Jumaeva X.Yu., Yoqubov O.M., Maksudxodjaeva M.S.** Yoshlik I karyerining mis-porfirli rudalarini qayta ishlashning kombinatsiyalangan flotatsiya sxemasi ..... 101
- Бозорова Г.Т., Икрамов А., Тураев Т.Б., Рахимов Х.Н.** Очистка растворов диэтанолamina от коррозионно-активных веществ методами ионного обмена и фильтрации ..... 104
- Негматова К.С., Мусабеков Д.Х., Негматов С.С., Раупова Д.Н., Рахимов Х.Ю.** Проведение опытно-лабораторных испытаний композиционного деэмульгатора, созданного на основе местного сырья, в объектах АО “Узметкомбинат” ..... 109
- Parpiyev M.M., Saydakhmedov R.Kh., Saidakhmedova G.R., Vinod S.** Improving operational efficiency through the robotization (automation) of the termoplast 1300T WIZ machine ..... 111
- Жумаева А.А., Амонов М.Р.** Модификацияланган базальт билан тўлдирилган ПВХ композицияларини қайта ишлашда уларнинг технологик хоссаларини тадқиқ қилиш ..... 114
- Ташбаева Ш.К., Курбанова Л.М.** Структурообразование в концентрированных суспензиях Навбахорских глин в присутствии высокогидролизованного полиакрилонитрила модифицированного глицерином (препарат РС -2 -3) ..... 116
- Бозоров Б., Мухамедбаева З.А., Эшмуратова Р.Р., Алиева Р.А.** Об эффективности использования твердых отходов промышленности в роли комплексной добавки к портландцементу ..... 119
- 5. Методы исследования, приборов и оборудования композиционных материалов**
- Негматов С.С., Мусабеков Д.Х., Негматова К.С., Раупова Д.Н., Рахимов Х.Ю.** Микроскопическое исследование механизма разрушения водомасляной эмульсии и коалесценции капель под действием композиционного деэмульгатора ..... 122
- Комолова Г.К., Юсупова Л.А.** Газохроматографическое исследование фракций пиролизного дистиллята, разделённых методом сухой экстракции при различных температурах ..... 125
- Munosibov Sh.M., Ixamov M.A., Matkarimov S.T., Karimjonov B.R., Maksudov Sh.A.** Po'lat eritish changlari tarkibidagi temir asosli birikmalarni vodorod yordamida tiklash jarayonining tadqiqoti ..... 129