

МСТХ в горно-добывающей промышленности - зависимость от импортных поставок флотационных реагентов и сырья для их производства, собственные возможности российских предприятий

**Татьяна Юшина, член Научного Совета РАН по проблемам обогащения
полезных ископаемых, к.т.н., доцент**

Игорь Петров, генеральный директор ИГ «Инфомайн», д.т.н

Процесс флотации и флотационные реагенты

Флотация – универсальный метод обогащения полезных ископаемых. *В настоящее время все сульфидные руды, содержащие цветные, редкие и драгоценные металлы, обогащают методом флотации.*

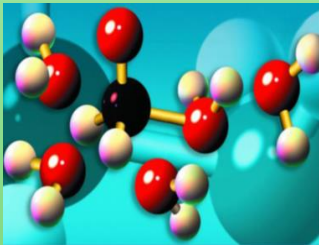
Практически только флотационным методом обогащаются апатитовые, шеелитовые, флюоритовые и др. виды минерального сырья. Методом флотации осуществляется получение высококачественных железных концентратов и извлечение горючей массы из угольных шламов.

Флотацию широко используют в комбинации с такими обогатительными методами, как гравитационный процесс, гидрометаллургия, при переработке различных отходов металлургического и гидрометаллургического производства.



Показатели флотационного процесса в существенной степени определяются типом и ассортиментом применяемых флотореагентов. Перечень наиболее важных флотореагентов разнообразен и насчитывает более **70** наименований.

Широкий ассортимент флотореагентов обусловлен многообразием типов и вещественным составом перерабатываемых руд, необходимостью максимального извлечения всех ценных компонентов руды, вводом в переработку труднообогатимых «упорных» руд, снижением содержания металлов в перерабатываемых рудах, усложнением их состава и необходимостью сохранения при этом высоких технологических показателей.



Классификация флотореагентов

Перечень флотореагентов включает три основных класса : собиратели, пенообразователи и модификаторы. Наиболее важным типом флотореагентов являются собиратели, поскольку они обеспечивают полноту извлечения минералов и качество концентратов.



Прогресс в области флотации и гидрометаллургии в значительной степени обусловлен совершенствованием реагентных режимов, прежде всего – *за счёт применения более эффективных реагентов-собирателей и реагентов-депрессоров* (минералов пустой породы, природного органического углерода, пирита, пирротина и др.).

Ключевые направления совершенствования реагентных режимов флотации – разработка новых флотореагентов с заданными технологическими свойствами и применение различных сочетаний реагентов-собирателей, реализуемых в составе одной композиции или в комбинации, в том числе – с селективными реагентами-депрессорами. При соответствующем подборе ингредиентов достигается ощутимый синергетический эффект.

Результаты флотации определяются закономерностями и формами закрепления флотореагентов на поверхности раздела фаз. Знание этих закономерностей позволяет регулировать флотацию и создавать научную базу для её дальнейшего совершенствования, развития и интенсификации.

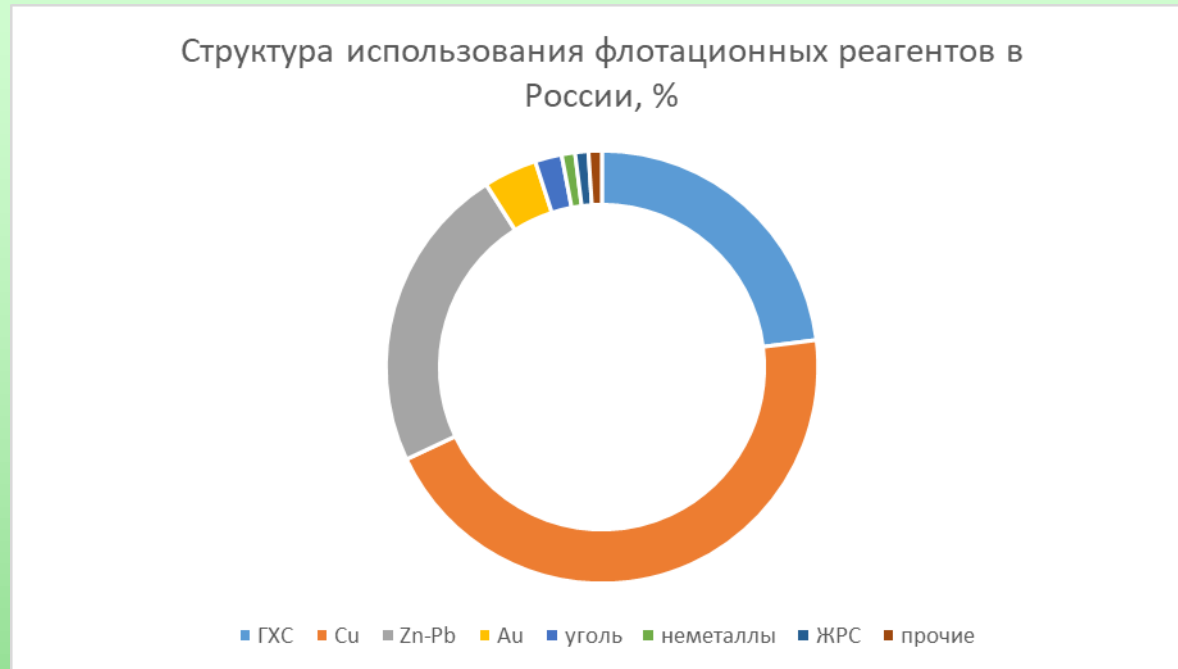
Основные вызовы процессам обогащения минерального сырья

Факторы, обуславливающие постоянный поиск новых реагентных режимов и необходимость расширения ассортимента флотореагентов:

- проявление тенденции к исчерпанию запасов наиболее доступных месторождений, богатых и легкообогащаемых руд по всем видам полезных ископаемых;
- введение в эксплуатацию месторождений бедных и труднообогащаемых («упорных») руд и отвальных техногенных продуктов (шлаков, хвостов обогащения и др.);
- усложнение минерального состава и структуры перерабатываемого рудного и техногенного сырья;
- возрастающее многообразие типов и вещественного состава перерабатываемых руд и техногенных продуктов;
- необходимость максимального извлечения всех ценных компонентов руды;
- необходимость сохранения достигнутых показателей в условиях постоянного усложнения состава сырья;
- повышение требований металлургических процессов к качеству (селективности) концентратов;
- постоянное ужесточение требований к экологической чистоте горно-обогатительных и металлургических комплексов.



Оценочная структура потребления флотационных реагентов при переработке минерального сырья в России в 2023 г., %



В России методом флотации перерабатывается около 40-45% от объема добываемого минерального сырья. Для многих видов полезных ископаемых флотация является единственно возможным методом переработки.

Общий объем российского рынка флотореагентов составляет, по оценке «Инфомайн», в 2023 г. составил 175 тыс. т. Основной объем использования флотационных реагентов в РФ приходится на процесс обогащения медьсодержащих руд (Cu, Cu-Ni, Cu-Zn, Cu-Mo) – около 45%.

География поставок флотореагентов в РФ из разных стран в 2022- 2023 гг., %

Страна	2022	2023
Германия	6,9	0,5
Китай	47,4	46,6
Турция	4,0	1,6
Швеция	4,6	0,0
Беларусь	34,3	47,2
прочие	2,9	4,1

По оценке «Инфолайн», доля импортных флотационных реагентов в 2023 г. находится на уровне около 11% общероссийского рынка. Довольно низкий уровень связан с тем, что импортируются в основном малотоннажные флотореагенты.

В 2023 г. ожидаемо снизилась доля Германии, прекратились поставки из Швеции. Высокая доля характерна для Китая и Беларуси, которая поставляет в РФ силикат-глыбу (жидкое стекло), используемую при флотации апатитовых и калийных руд.

Деятельность китайских компаний-поставщиков флотореагентов в РФ

Показатель	2022	2023	Поставляемая продукция
Число китайских компаний	31	30	
Поставки китайских реагентов, тыс. т	8,3	9	
<i>в т.ч. PINGXIANG BAOHAI FEED ADDITIVE</i>	2,7	1	Сульфат цинка
<i>YANTAI HUMON CHEMICAL AUXILIARY</i>	0,4	0,3	Ксантогенат, тионокарбамат
<i>QINGDAO RUCHANG MINING INDUSTRY</i>	1,1	1,4	Ксантогенат, МИБК
<i>YANTAI BILLION THAI CHEMICAL</i>	1	1,6	Ксантогенат
<i>Y&X BEIJING TECHNOLOGY</i>	0,2	0,9	Ксантогенат
<i>FLOCHEM INDUSTRIAL</i>	0,6	0,1	Нафталинсульфат натрия
<i>YANTAI YING XIANG CHEMICAL</i>	0,4	0,1	Флотационный реагент "TG928"
<i>Y&X BEIJING TECHNOLOGY</i>	0,2	0,5	Ксантогенат, собиратель YX09510C, жирные кислоты
<i>HAMI XISHUNTONG COMMERCIAL AND TRADING</i>	0	0,5	Сульфид натрия

В 2023 г. число китайских компаний-поставщиков на российский рынок практически не изменилось (около 30). Китайские компании поставляют целый спектр разных флотореагентов в Россию, поставки идут как на напрямую на ГОКи, а так и осуществляются через трейдеров.

Поставки флотореагентов основными западными производителями в РФ в 2020-2023 гг.

Компания	Страна	Объем поставок, тыс. т				Номенклатура
		2020	2021	2022	2023	
BASF	Германия	2,1	2,8	0,9	0	Флотореагенты DP-OMC-1341BW и LUPROMIN FP A 1341BW на основе изотридеканола
NOURYON	Швеция	1,8	1,99	0,84	0	Собиратель для флотации апатитовых руд PHOSPHOLAN; смесь аминов для флотации калийных руд; катионный собиратель ARMAC для обогащения кварцевых руд
CLARIANT	Германия, Испания	0,8	0,2	0,3	0	Собиратель для флотации калийных руд FLOTIGAM; вспениватель FLOTANOL C 07
Cytec	Канада	0,4	1	0,16	0	Собиратели флотации AEROPHINE, AERO 801 и др.

До 2022 г. основными поставщиками малотоннажных «эксклюзивных» флотореагентов в РФ являлись 4 зарубежных производителя – BASF, Nouryon, Clariant, Cytec. Как видно, в 2023 г. их поставки были полностью прекращены.

Российский рынок ксантогенатов



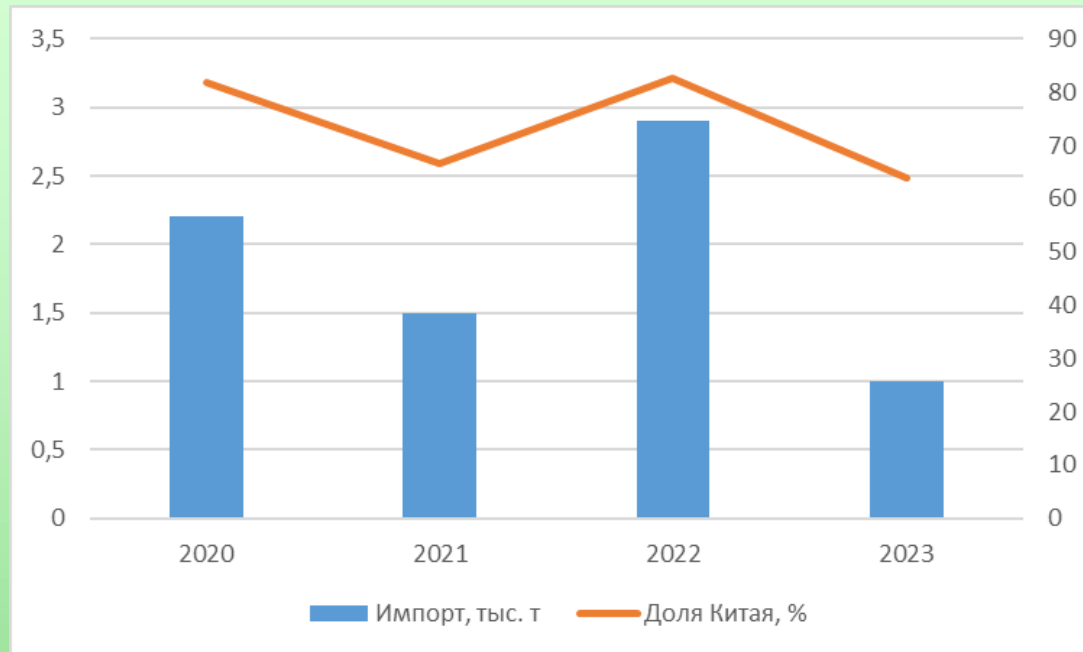
Ксантогенат калия является основным реагентом-собирателем для флотации сульфидных руд. На российском рынке лидирующие позиции занимает «Волжский оргсинтез», его отгрузки этой продукции находятся в последние годы на уровне 20-26 тыс. т. При этом импорт, в основном китайский, в 2023 г. достиг доли свыше 20%.

Российский рынок гидроксида калия



Одним из видов сырья для производства ксантогената калия является гидроксид калия. На российском рынке лидирующие позиции занимает «Сода-Хлорат». При этом импортная продукция занимает до 20-30%. Основной объем поставок в РФ идет из Белоруссии.

Российский рынок пентасульфида фосфора



Пентасульфид фосфора используется для выпуска собирателей типа диалкилдитиофосфата (ООО «Квадрат–Плюс», НПП «Квалитет»). Необходимо восстановить в России производство желтого фосфора и пентасульфид фосфора на его основе.

Импорт РФ отдельных малотоннажных флотореагентов, тыс. т

Продукция	2022	2023	Страна	Импортёры
Тионокарбаматы	0,36	0,21	Китай	ООО "Квадрат Плюс", ООО "Лунсин", торговые компании
Дитиокарбаматы	0,13	0,26	Китай	Торговые компании
Дитиофосфаты	0,21	0,06	Китай	ООО "Томинский ГОК", УГМК, торговые компании
Катионные собиратели	0,44	0,05	Китай	Михайловский ГОК, торговые компании
Анионные собиратели (для апатита)	1,1	0,55	Германия	КФ "Апатит", торговые компании

Показатель	2022	2023	Страна-поставщик	Компании-импортёры
Объем поставок метилизобутилкарбинола (МИБК), тыс. т	0,2	0,6	Китай, Индия	АО "ЗОЛОТОРУДНАЯ КОМПАНИЯ ПАВЛИК"
				ООО "ОЗЕРНОЕ"
				ООО "ФЛОТЕНТ КЕМИКАЛС РУС"
				ООО "КВАДРАТ ПЛЮС"

Поставки силикат-глыбы из Белоруссии на российские ГОКи



Для флотации апатитовых и калийных руд в качестве подавителя используют силикат-глыбу (жидкое стекло), которая импортируется из Беларуси (получатели – «Апатит», Ковдорский ГОК, «Уралкалий»).

Номенклатура основных отечественных производителей флотореагентов

Предприятие	Город, регион	Собиратели	Пенообразователи	Модификаторы
АО "Волжский оргсинтез"	Волжский, Волгоградская область	Ксантогенат бутиловый и амиловый		Гидросульфид натрия
		Диметилдитиокарбамат натрия		
АО "Химпром"	Новочебоксарск, Чувашия	Диизобутилдитиофосфат БТФ	Серия Пенофлот	Серия Дефлот
ООО "Квадрат-Плюс"	Тольятти, Самарская область	Анионные собиратели - диалкилдитиофосфаты (аэрофлоты) серии БТФ		Гидросульфид натрия
		Неионогенные собиратели тиоамидной группой серий Реафлот и ФРИМ		
ООО "НПП "Квалитет"	Люберцы, Московская область; Тамбов, Тамбовская область	Диалкилдитиофосфаты (НБА, ССМ, ТАФ-7)		Модификатор МК-1 (смесь сульфокислот и их натриевых солей)
		Композиционные флотореагенты – М-ТФ, НСК, АФИ (композиции модифицированных диалкилдитиофосфатов с тиокарбаматами, меркаптобензотиазолом, различными комплексообразующими добавками)		Депрессоры ПУВ – группа «D» (D-1 – D-6 и др.)
		Собиратель драгметаллов – ДП-4		
ООО "МБИ-Синтез"	Волжский, Волгоградская область	Аэрофлоты		
Группа "Илим"	СПб (штаб-квартира)	Жирные кислоты таллового масла (ЖКТМ), дистиллированное талловое масло		
ПАО "Нижнекамскнефтехим"	Нижнекамск, Татарстан	Неонол АФ	Оксаль Т-66, Т-92	
ООО «Тольяттикаучук»	Тольятти, Самарская область		Оксаль Т-92, Оксанол	
АО ИПК «РН-ХИМ»	Уфа, Башкирия		Вспениватель РНХ	

ООО «Квадрат Плюс»

ООО «Квадрат плюс» в содружестве с ЗАО «Механобр-Оргсинтез-Реагент» с 2002 г. на площадке ОАО «Фосфор» разрабатывает и производит эффективные реагенты, в том числе на основе диалкилдитиофосфатов.

Номенклатура производимых компанией флотационных реагентов довольно обширна и насчитывает свыше 50 наименований. Кроме того, перечень реагентов постоянно обновляется и расширяется, поскольку в арсенале компании имеется более сотни новых разработок, которые в настоящий момент проходят апробацию, включая отработку технологии их производства и статистику тестирования на различных рудах.

ООО «КВАДРАТ ПЛЮС» производит: собиратели – аэрофлоты серии БТФ, неионогенные собиратели серии Реафлот (12 наименований), ФРИМ ; Депрессоры серии Дефлот (11 наименований).; Пенообразователи серии Пенофлот (22 марки).

Разработанные типы диалкилдитиофосфатов применяют на Норильском комбинате, Салаирском ГОКе, Приморском ГОКе, на обогатительных фабриках АК «АЛРОСА», на Дукатской ОФ и на некоторых фабриках Казахстана для флотации медно-никелевых, медно-молибденовых, медно-цинковых, золото-медных, окисленных медных и др.

ООО «НПП «КВАЛИТЕТ»

Научно-производственное предприятие «КВАЛИТЕТ» действует уже более 30 лет. Имеет 2 производственные площадки – в г. Тамбов и г. Люберцы.

Суммарные производственные мощности «КВАЛИТЕТ» обеспечивают возможность получения до 15 тыс. т в год присадок, пакетов присадок, флотореагентов и многофункциональных ПАВ.

Основные линейки флотореагентов:

Диалкилдитиофосфаты – НБА, ССМ, ТАФ-7.

Композиционные флотореагенты – М-ТФ, НСК, АФИ, которые являются композициями модифицированных диалкилдитиофосфатов с тионокарбаматами, меркаптобензотиазолом, различными комплексообразующими добавками.

Эксклюзивный собиратель драгметаллов – ДП-4.

Депрессоры ПУВ – группа «D» (D-1 – D-6 и др.), являющиеся композиционными продуктами органического синтеза.

Многофункциональные ПАВ – ДП-4, ДП-4С, ДП-4СМ.

Разработаны композиционные реагенты-депрессоры пирротина для повышения эффективности флотации и цианидного выщелачивания золотосодержащих руд «двойной» и «тройной» упорности, а также композиционные флотореагенты-депрессоры флотоактивных минералов пустой породы.

Российский рынок флокулянтов

В настоящее время у нас в стране и за рубежом производят широкий спектр флокулянтов: катионные, анионные, неионогенные (преимущественно, на основе полиакриламида). Всего насчитывается более 200 наименований продуктов.

Основные производители флокулянтов на мировом рынке:

BASF (Германия)
SNF s.a.s. (Франция)
Nalco (США)
Kemira (Финляндия)
Solenis (США)
General Electric (США)

Основные игроки на отечественном рынке:

BASF (Германия);
SNF s.a.s. (Франция);
Nalco (теперь российское юридическое лицо);
Solenis (ООО «Норкем», переход собственности с американского на российское юридическое лицо);
ХК «Миррико» (торговая марка Survey);
ООО «ПромХимСервис» (торговая марка Гранфлок);
ООО НПФ «ХимТоргСервис» (торговая марка Мегафлок);
Завод им. Сверлова (производит полиамины для бумажной промышленности);
АО «Акрипол», производит полиакриламид-гель для коммунального хозяйства и ряд других потребителей.

Ёмкость рынка оценивается в **25-30** тыс. т (**6,5-7** млрд руб) в год.

Доля российских производителей стремительно растёт, но пока не превышает **25-30%** от представленной на рынке продукции.

Снижение себестоимости готовой продукции от 1 до 7,5% на каждую тонну выпускаемой готовой продукции; экономия на стоимости на 1 каждой тонне флокулянта для предприятия – до 10-15%.



Возможности импортонезависимости

Главным вопросом, который рассматривается сегодня, является следующий: возможно ли в нынешних условиях импортозамещение и технологическая независимость в секторе производства флотореагентов в РФ?

Необходимый ассортимент флотореагентов обуславливает не только технико-экономические показатели фабрик и возможности флотационного процесса, но и в *большой степени обеспечивает безопасность страны, особенно в кризисных ситуациях*. Поэтому, на наш взгляд, наиважнейшей задачей на сегодня является существующая ситуация в секторе производства флотореагентов в стране и перспектива возможного их импортозамещения.

Показатели флотационного процесса в существенной степени определяются типом и ассортиментом применяемых флотореагентов.

Несмотря на все те трудности, в которых оказалась наша страна с её промышленным производством и научным потенциалом в период 90-ых, в настоящее время наметилась положительная динамика в направлении новых разработок в секторе производства флотационных реагентов и их дальнейшего внедрения на горно-обогатительные предприятия России и стран СНГ. Рассматриваемый здесь перечень включает три основных класса флотореагентов: собиратели, пенообразователи и модификаторы.

Наиболее важным типом флотореагентов являются собиратели, поскольку они обеспечивают полноту извлечения минералов и качество концентратов.



Критические виды сырья для выпуска флотореагентов

Неорганическое сырьё:

Сероуглерод – выпускается в РФ (АО «Волжский оргсинтез»).

Пентасульфид фосфора – в России не выпускается, поставщики: Китай, Индия.

Натриевая щелочь – выпускается в РФ и СНГ.

Калиевая щелочь – в России выпускается, но очень низкого качества (для синтеза малопригодна), поставщики: Беларусь, Корея, Китай.

Органическое сырьё:

Отечественные заводы органического синтеза в настоящее время обеспечивают выпуск только четырех спиртов:

н-бутанол, изобутанол, изопропанол и 2-этил-гексанол (изооктиловый спирт).

МИБК, амиловый и др. спирты – заводы США, Китай, страны ЕС (Франция, Италия, Германия)

Критические виды сырья для выпуска флотореагентов (пентасульфид фосфора)

Для производства диалкилдитиофосфатов используют спирты и пентасернистый фосфор. Если спирты производятся в Российской Федерации, то производство пентасернистого фосфора прекращено в России с начала 90-х годов и используется импортный пентасернистый фосфор немецкого, итальянского или китайского производства.

Как показывает опыт российского предприятия по производству диалкилдитиофосфатов при поставке пентасернистого фосфора, как правило, возникают определенные затруднения, обусловленные сроками поставок, качеством и тем, что пентасернистый фосфор является продукцией двойного назначения.

Следовательно, в любой момент, когда из-за рубежа не поступит пентасернистый фосфор, производство диалкилдитиофосфатов может быть прекращено, что приведет к резкому ухудшению показателей процесса селекции минералов. Наиболее важной эта проблема является для разделения медно-никелевых минералов («Норильский никель»).

Важной причиной сохранить производство диалкилдитиофосфатов в России является возможность создания эффективных собирателей на основе смесевых композиций с использованием диалкилдитиофосфатов и их модификаций.

Как показывают зарубежные и наши исследования, композиционные реагенты позволяют существенно повысить селективность разделения медно-никелевых, медно-молибденовых, медно-пиритных (арсенопиритных) и др. типов руд, а также повысить извлечение цветных, редких и драгоценных металлов (золота, серебра, платиноидов).



Исследования по синтезу реагентов в РФ

В настоящее время в Российской Федерации практически прекращены систематические исследования по созданию новых флотореагентов. Существовавшие ранее лаборатории синтеза реагентов в «Гинццветмете», «Механобре» и других институтах **ликвидированы**.

Структура ЗАО «Механобр-Оргсинтез-Реагент», созданная на основе лаборатории синтеза реагентов института «Механобр», работает на арендованных площадях, является малочисленной и не имеет финансовых возможностей по проведению полномасштабных исследований в области флотореагентов.

Основные работающие научно-исследовательские структуры в области обогащения (ЗАО «Механобр-Инжиниринг», ООО «ТОМС», АО «Иргиредмет», НПО «РИВС», ОАО «Гипроникель», «Полюс Красноярск» и др.) **не проводят работ в области синтеза реагентов**. Это объясняется, видимо, тем, что в отрасли пока существует ситуация, когда вводимые в эксплуатацию новые месторождения или рудные участки можно обогащать с приемлемыми показателями с использованием уже известных российских и зарубежных реагентов. Кроме того, работа с новыми реагентами не только затратна и требует больших сроков по их внедрению, но и не гарантирует конечного коммерческого успеха.



Выводы и предложения:

1. Несмотря на прекращение производства ряда флотореагентов и изменение их ассортимента отечественная химическая промышленность производит флотореагенты, обеспечивающие флотационную переработку сульфидных и несульфидных руд.
2. В конкурентных условиях производство отечественных флотореагентов может сохраниться при условии расширения их ассортимента и соответствия качества мировому уровню.
3. Существует настоятельная необходимость создания в стране государственной или частной структуры, занимающейся разработкой новых более эффективных реагентов, что исключит ситуацию монопольного использования импортных реагентов и, соответственно, монопольного ценообразования.
4. В стране необходимо организовать производство отечественного пятисернистого фосфора, который является исходным продуктом для выпуска селективных собирателей диалкилдитиофосфатов и их производных, обеспечивающих выпуск стратегически важных металлов.
5. При организации производства реагентов максимально использовать уже имеющиеся разработанные технологические регламенты на производство алкилгидроксамовых кислот, тионокарбаматов, аллиловых эфиров ксантогеновых кислот, метилизобутилкарбинола и др. реагентов.
6. На сегодня из-за сырьевых проблем пока ещё нет альтернативных зарубежным образцам российских реагентов на основе гидроксамовых кислот, аминов, эфираминов, МИБК и многих других. Разработка и производство реагентов для окисленных руд также находится сегодня практически в той же ситуации. Однако мы надеемся на скорое её изменение, поскольку разработки и исследования в этих направлениях уже успешно ведутся.
7. Выпускаемая отечественным производителем продукция надлежащего качества, характеризующаяся постоянством состава, минимальной токсичностью, химической стабильностью, что немаловажно при транспортировке и хранении.
8. Таким образом, российские производители флотореагентов могут успешно конкурировать с зарубежными коллегами. Благодаря этому импортозамещение в условиях Российской Федерации в области применения флотореагентов на сегодня пусть не полностью, частично, но стало возможным.

Заключение. Решение проблем «тонкой химии»

- «Тонкая» или малотоннажная (специальная) химия - производство различных веществ до 10 тыс. т в год.
- В СССР в 80-х годах XX века производилось примерно 12 тысяч позиций различных химических соединений на 30 заводами.
- 2017 год - доля «тонкой» химии в РФ не более 10–15%.

• Факторы развития

- Инвестиции на реализацию приоритетных проектов
- Долгосрочные и масштабные вложения в науку
- Создание собственных технологий с привлечением ведущих институтов и университетов
- Подготовка прикладных специалистов
- Государственная поддержка образовательных организаций высшего образования и научных организаций, обеспечивающих производство химической продукции, востребованной в малых объемах.
- Для ускоренного развития производства малотоннажной и среднетоннажной химической продукции в России примут дополнительные меры. Президент РФ Владимир Путин дал соответствующее поручение по результатам совещания с Правительством РФ в конце октября 2023 г.



Заключение. Решение проблем «тонкой химии»

Правительство РФ должно предусмотреть увеличение объемов выпуска малотоннажной и среднетоннажной химической продукции по сравнению с параметрами, определенными в перечне поручений главы государства от 16 января 2021 г.

Тогда было поручено принять меры по развитию до 2030 г. производства малотоннажной и среднетоннажной химической продукции и увеличению объемов ее выпуска по сравнению с объемами 2020 г. на 30% к 2025-му и 70% – к 2030 г.

Реализации этих мер даст возможность повысить конкурентоспособность Российских предприятий, даст новые рабочие места, повысит рентабельность заводов, так необходимую для дальнейшего развития производства и инвестирования в новое оборудование и продукты, подтолкнет российских потребителей к более тесному сотрудничеству с национальным производителем.

Президент нашей страны Владимир Путин в послании Федеральному собранию 29 февраля 2023 г. подчеркнул, что *«проекты технологического суверенитета должны стать мотором обновления промышленности и помочь всей экономике выйти на передовой уровень эффективности и конкурентоспособности»*.

Российские производители оборудования и реагентов для горно-перерабатывающих предприятий будут приветствовать любые государственные меры поддержки, оказываемые для организации в России импортозамещающих производств, поскольку это снижает риск остановки наших собственных уникальных для страны производств и диверсифицирует портфель клиентов компаний-производителей.





СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ !

