

Объединение независимых экспертов в области минеральных ресурсов,
металлургии и химической промышленности



Обзор рынка флотационных установок для переработки минерального сырья в России

Москва
август, 2019

Демонстрационная версия

С условиями приобретения полной версии отчета можно ознакомиться на странице сайта по адресу: <http://www.infomine.ru/research/42/470>

Общее количество страниц: 171 стр.

Стоимость отчета – 60 000 рублей

Этот отчет был подготовлен экспертами ООО «ИГ «Инфомайн» исключительно в целях информации. Содержащаяся в настоящем отчете информация была получена из источников, которые, по мнению экспертов Инфомайн, являются надежными, однако Инфомайн не гарантирует точности и полноты информации для любых целей. Инфомайн приложил все возможные усилия, чтобы проверить достоверность имеющихся сведений, показателей и информации, содержащихся в исследовании, однако клиенту следует учитывать наличие неустраняемых сложностей в процессе получения информации, зачастую касающейся непрозрачных и закрытых коммерческих операций на рынке. Исследование может содержать данные и информацию, которые основаны на различных предположениях, некоторые из которых могут быть неточными или неполными в силу наличия изменяющихся и неопределенных событий и факторов. Кроме того, в ряде случаев из-за погрешности при округлении, различий в определениях, терминах и их толкованиях, а также использования большого числа источников, данные могут показаться противоречивыми. Инфомайн предпринял все меры для того, чтобы не допустить очевидных несоответствий, но некоторые из них могут сохраняться.

Информация, представленная в этом отчете, не должна быть истолкована, прямо или косвенно, как информация, содержащая рекомендации по инвестициям. Все мнения и оценки, содержащиеся в настоящем материале, отражают мнение авторов на день публикации и подлежат изменению без предупреждения. Инфомайн не проводит какую-либо последующую работу по обновлению, дополнению и изменению содержания исследования и проверке точности данных, содержащихся в нем. Инфомайн не несет ответственность за какие-либо убытки или ущерб, возникшие в результате использования любой третьей стороной информации, содержащейся в настоящем отчете, включая опубликованные мнения или заключения, а также последствия, вызванные неполнотой представленной информации.

Этот документ или любая его часть не может распространяться без письменного разрешения Инфомайн либо тиражироваться любыми способами. Заказчик имеет право проводить аудит (экспертизу) исследований рынков, полученных от Исполнителя только в компаниях, имеющих членство ассоциации промышленных маркетологов ПРОММАР (<http://www.prommar.ru>) или силами экспертно-сертификационного совета ассоциации ПРОММАР. В других случаях отправка исследований на аудит или экспертизу третьим лицам считается нарушением авторских прав.

Copyright © ООО «ИГ «Инфомайн».

СОДЕРЖАНИЕ

Аннотация	11
ВВЕДЕНИЕ	13
I. Тенденции современного машиностроения для флотации	16
1.1. Импеллерные флотомашины	17
1.2. Пневматические флотационные машины	19
2. Производство флотационных машин в РФ	24
2.1. Группа Компаний «РИВС»	26
2.2. ООО «Усольмаш» (Иркутская обл.)	46
2.3. ОАО «Машиностроительный завод «Труд» (Новосибирск).....	51
2.4. АО «Кыштымское машиностроительное объединение» (Челябинская обл.).....	54
2.5. Учебно-проектный центр «Проектный институт» материаловедения и металлургии (Екатеринбург)	59
2.6. АО НПО «СОМЭКС» (Коломна).....	61
3. Анализ внешнеторговых операций с флотационными машинами в России в 2001-2019 гг.	62
3.1. Российский импорт флотомашин в 2001-2019 гг.	64
3.2. Российский экспорт флотомашин в 2001-2019 гг.	73
4. Краткая характеристика зарубежных производителей флотомашин, продукция которых установлена на российских ОФ	76
4.1. Outotec (Финляндия).....	76
4.2. FLSmidth	80
4.3. Metso Minerals AB (Финляндия/Швеция)	84
4.4. Eriez Mineral Flotation Group (Канада).....	88
4.5. Другие компании	92
5. Ценовой анализ	99
5.1. Цены на флотомашины российского производства в 2014-2019 гг.	99
5.2. Цены на флотомашины зарубежного производства в 2014-2019 гг....	100
6. Анализ спроса на флотомашины	101
6.1. Емкость российского рынка флотомашин в 2005-2019 гг.....	101
6.2. Структура потребления флотомашин в России в 2009-2019 гг.	104
6.3. Ситуационный анализ основных потребляющих отраслей	106
6.3.1. Обогащение руд цветных металлов.....	106
6.3.1.1. Рынок меди	106
6.3.1.2. Рынок цинка.....	107

6.3.2. Добыча золотосодержащих руд.....	108
6.3.3. Производство апатитового концентрата.....	109
6.3.4. Производство хлористого калия.....	110
7. Краткое описание российских флотационных фабрик.....	111
7.1. Флотационные фабрики по обогащению руд цветных металлов.....	111
7.2. Фабрики по получению полевошпатового концентрата.....	125
7.3. Фабрики по получению апатитового концентрата.....	126
7.4. Основные золотоизвлекающие фабрики, использующие флотационное обогащение.....	130
7.5. Фабрики по обогащению калийных (сильвинитовых) руд.....	139
7.6. Угольные обогатительные фабрики, использующие флотацию для обогащения тонких классов.....	142
7.7. Фабрики обогащения руд черных металлов.....	144
7.8. Флотационные обогатительные фабрики в стадии консервации или прекратившие работу.....	145
8. Новые проекты по строительству фабрик, использующих флотацию при обогащении руд.....	146
8.1. Проекты по увеличению добычи руд цветных и благородных металлов.....	146
8.1.1 ПАО ГМК «Норникель».....	146
8.1.2 Байкальская горная компания.....	147
8.1.3 Уральская горно-металлургическая компания (УГМК).....	152
8.1.4 Русская медная компания.....	153
8.1.5 ЗАО «Первая горнорудная компания» (ПГРК).....	156
8.1.6 Amur Minerals.....	157
8.1.7 KazMinerals.....	159
8.2. Проекты по увеличению добычи руд редких металлов.....	160
8.3. Проекты по увеличению производства апатитовых концентратов.....	161
8.3.1. ПАО «Акрон».....	161
8.3.2. ПАО «ЕвроХим»/АО «Ковдорский ГОК».....	161
8.3.3. Группа «Фосагро»/АО «Апатит».....	162
8.4. Проекты по увеличению добычи калийных солей.....	163
8.4.1. ПАО «Акрон».....	163
8.4.2. ПАО «Еврохим».....	164
8.4.3. ПАО «Уралкалий».....	164
8.5. Проекты по увеличению добычи золотосодержащих руд.....	165
8.5.1. АО «Полюс».....	165
8.5.2. АО «Полиметалл».....	165
8.5.3. Группа «Петропавловск».....	166
8.5.4. АО «ЗРК «Павлик» (Магаданская обл.).....	166
9. Перспективы и прогноз развития рынка флотомашин в России на период до 2030 г.	167

Приложение 1. Адресная книга основных потребителей флотомашин в России 170
Приложение 2. Адресная книга производителей флотомашин в России 171

СПИСОК ТАБЛИЦ

- Таблица 1. Преимущества и недостатки различных типов флотомашин
- Таблица 2. Организационная структура ГК «РИВС» и их специализация
- Таблица 3. Перечень основных обогатительных флотационных фабрик, где были установлены аэрационные блоки РИФ производства ЗАО «НПО «РИВС»
- Таблица 4. Технические характеристики пневмомеханических флотомашин РИФ
- Таблица 5. Технические характеристики чановых пневмомеханических флотомашин РИФЦ
- Таблица 6. Технические характеристики аэрационных чанов РИВС
- Таблица 7. Технические характеристики контактных чанов РИВС
- Таблица 8. Установка флотомашин производства ЗАО «РИВС» на отечественных обогатительных фабриках в 2005-2019 гг.
- Таблица 9. Установка флотомашин производства ЗАО «РИВС» на зарубежных обогатительных фабриках в 2005-2018 гг.
- Таблица 10. Основные финансовые показатели АО «НПО «РИВС» в 2015-2018 гг., млн руб.
- Таблица 11. Основные финансовые показатели работы ООО «Машзавод «РИВС» в 2010-2017 гг., млн руб.
- Таблица 12. Основные финансовые показатели ООО «Усольмаш» в 2015-2017 гг., млн руб.
- Таблица 13. Отчет о прибылях и убытках ОАО «Машиностроительный завод Труд» в 2008-2018 гг., млн руб.
- Таблица 14. Технические характеристики флотомашин, выпускаемых АО «КМО»
- Таблица 15. Установка флотомашин производства АО «КМО» на обогатительных фабриках в 2015-2019 гг.
- Таблица 16. Основные финансовые показатели работы АО «КМО» в 2010-2017 гг., тыс. руб.
- Таблица 17. Технические характеристики аппаратов КФМ
- Таблица 18. Динамика российского экспорта и импорта флотомашин в 2001-2019 гг., млн \$, т
- Таблица 19. Значимые* поставки импортной флототехники на российские предприятия (заказчик-поставщик) в 2014-2019 гг., тыс. долл.
- Таблица 20. Изменение региональной структуры российского импорта флотомашин в 2008-2018 гг., %
- Таблица 21. Импортные поставки флотационной техники по зарубежным компаниям-поставщикам в 2008-2019 гг., тыс. \$
- Таблица 22. Экспортные поставки флотационных машин из России по компаниям-производителям в 2001-2018 гг., млн \$
- Таблица 23. Экспортные поставки флотационных машин из России по странам в 2001-2018 гг., млн \$
- Таблица 24. Поставки флотомашин Outotec в Россию в 2001-2014 гг., т, млн \$

- Таблица 25. Поставки флотомашин FLSmidth в Россию в 2002-2019 гг., т, млн \$
- Таблица 26. Поставки флотомашин Metso в Россию в 2001-2019 гг., т, млн \$
- Таблица 27. Поставки флотомашин Eriez Mineral Flotation Group (СРТ) в РФ в 2005-2014 гг., т, млн \$
- Таблица 28. Поставки флотомашин Imhoflot G-Cell в Россию в 2001-2012 гг., т, млн \$
- Таблица 29. Поставки флотомашин Aker (производство Minpro International BV, Норвегия) в Россию в 2006-2014 гг., т, млн \$
- Таблица 30. Поставки флотомашин ООО «НПК ЛЭМЗ» в Россию в 2005-2019 гг., т, млн \$
- Таблица 31. Экспортные цены на российские флотомашин в 2014-2019 гг., тыс. \$
- Таблица 32. Цены на некоторые модели импортных флотомашин (граница РФ) в 2007-2019 гг., тыс. \$
- Таблица 33. Установка новых флотомашин на российских обогатительных фабриках в 2005-2019 гг.
- Таблица 34. Динамика производства золота в России в 2014-2018 гг., т
- Таблица 35. Мощности российских флотационных фабрик по обогащению руд цветных металлов, млн т руды в год
- Таблица 36. Импортные поставки флотационного оборудования на обогатительные фабрики ОАО «Норильский никель» в 2002-2018 гг., млн \$
- Таблица 37. Мощности российских фабрик по обогащению апатитовых руд, млн т руды в год
- Таблица 38. Динамика поставок импортных флотомашин в ОФ ОАО «Апатит» в 2003-2018 гг., т, млн \$
- Таблица 39. Динамика импортных поставок флотомашин на Ковдорский ГОК в 2003-2013 гг., т, млн \$
- Таблица 40. Основные российские золотоизвлекательные фабрики, имеющие флотационный передел в технологии обогащения (2019 г.), млн т
- Таблица 41. Цех флотации на Маломырском руднике, укомплектованный флотомашинами Outotec (2018 г.)
- Таблица 42. Мощности российских флотационных фабрик по обогащению калийных руд, млн т руды в год
- Таблица 43. Основные обогатительные угольные фабрики РФ, использующие флотационное обогащение
- Таблица 44. Проекты по увеличению добычи руд, при обогащении которых используется флотация, в 2019-2030 гг.

СПИСОК РИСУНКОВ

- Рисунок 1. Доли российских производителей флотомашин в РФ в 2018 гг., %
- Рисунок 2. Структура производства флотационных машин в АО «РИВС» по объемам камер в 2015-2019 гг., %
- Рисунок 3. Аэрационный комплекс производства АО «НПО «РИВС»
- Рисунок 4. Механическая флотомашина РИФМ
- Рисунок 5. Флотационная пневмомеханическая машина РИФ
- Рисунок 6. Пневмомеханические флотомашины чанового исполнения РИФЦ
- Рисунок 7. Флотомашины РИФЦ на обогатительной фабрике
- Рисунок 8. Схема пневматической флотомашины колонного типа РИФ
- Рисунок 9. Пневмомеханическая флотомашинка РИФ КН
- Рисунок 10. Оттирочно-флотационный комплекс ОФК-РИФ
- Рисунок 11. Контактный чан и чан для пропарки пульпы производства ЗАО «НПО «РИВС»
- Рисунок 12. Динамика экспортных поставок флотомашин РИВС в 2001-2018 гг., т, млн \$
- Рисунок 13. Отделение флотации ОФ «Эрденет», оснащенное флотомашинками РИФ
- Рисунок 14. Пневмомеханическая флотомашинка ФПМ 3,2М (ООО «Усольмаш»)
- Рисунок 15. Механическая флотомашинка ФМ-6,3М1
- Рисунок 16. Пневмомеханическая флотомашинка ФПМ-6,3 УМ
- Рисунок 17. Пневмомеханическая чановая флотомашинка ФПМ-16УМЧ
- Рисунок 18. Стокубовая пневмомеханическая флотомашинка ФПМ-100УП
- Рисунок 19. Динамика экспортных поставок флотомашин ООО «Усольмаш» в 2001-2018 гг., млн \$
- Рисунок 20. Механические флотомашинки ФМ производства ОАО «Завод Труд»
- Рисунок 21. Механическая флотомашинка ФМФ производства ОАО «Завод Труд»
- Рисунок 22. Флотомашинки производства АО «Машзавод «Труд» для рудника Gross ТОО (Босния)
- Рисунок 23. Флотомашинки ФМ-3,2 производства АО «КМО» для ООО «Анзоб» (Таджикистан)
- Рисунок 24. 4-х камерная флотомашинка ФПМ-3,2КН производства АО «КМО» для ООО «Амур-золото»
- Рисунок 25. Комбинированная флотомашинка КФМ-600 на предприятии «Рудметалл» (Болгария)
- Рисунок 26. Флотомашинки Verex-Somex на Тарынском ГОКе
- Рисунок 27. Динамика российского импорта/экспорта флотомашин в денежном выражении в 2001-2019 гг., млн \$
- Рисунок 28. Динамика российского импорта флотомашин в 2001-2019 гг., т, млн \$

- Рисунок 29. Доли зарубежных компаний-производителей в российском импорте флотомашин в 2008-2014 гг., %
- Рисунок 30. Доли зарубежных компаний-производителей в российском импорте флотомашин в 2014-2019 гг., %
- Рисунок 31. Динамика российского экспорта флотомашин в 2001-2019 гг., млн \$
- Рисунок 32. Флотомашина Outotec TankCell
- Рисунок 33. Флотационная машина TANKCELL® e630 производства Outotec, установленная на «Обогатительной фабрике 1» Buenavista del Cobre (Мексика)
- Рисунок 34. Флотационная машина SkimAir производства Outotec
- Рисунок 35. Флотационная машина Wemco SmartCell™
- Рисунок 36. Схема флотомашин Wemco 1+1
- Рисунок 37. Пневмомеханические флотомашины Dorr-Oliver
- Рисунок 38. Флотационные машины типа RCS производства Metso
- Рисунок 39. Флотационные машины типа Denver (DR) производства Metso
- Рисунок 40. Колонные флотомашин производства Metso
- Рисунок 41. Колонная флотомашина Eriez Mineral Flotation Group
- Рисунок 42. Колонные флотомашин CoalPro (Eriez) на российской угольной обогатительной фабрике Северная
- Рисунок 43. Флотационная машина StackCell
- Рисунок 44. Флотационная машина BQR (Delkor)
- Рисунок 45. Колонная флотомашина Jameson Cell для перечистой медной флотации на ОФ Prominent Hill (Австралия)
- Рисунок 46. Монтаж флотомашин JNMC (Китай) на Рубцовской ОФ
- Рисунок 47. Пневматические флотационные машины Imhoflot G-Cell
- Рисунок 48. Пневматические флотомашин V- Cells на ОФ «Беларуськалий»
- Рисунок 49. Флотомашин Aker (производство Minpro International BV, Норвегия) на АБОФ Ковдорского ГОКа
- Рисунок 50. Структура потребления флотомашин в России по специализации ОФ в 2009-2019 гг., %
- Рисунок 51. Структура российского потребления флотомашин по компаниям производителям в 2009-2019 гг., %
- Рисунок 52. Динамика российского производства меди в концентрате в 2000-2018 гг., тыс. т
- Рисунок 53. Динамика российского производства цинка в цинковом концентрате в 2000-2018 гг., тыс. т
- Рисунок 54. Динамика добычи апатитовых руд в России в 2013-2018 гг., млн т
- Рисунок 55. Флотомашин Outotec TANKCELL на ОФ Михеевского ГОКа
- Рисунок 56. Флотомашин РИФ на Учалинской ОФ
- Рисунок 57. Флотомашин РИФ на ОФ Сибайского ГОКа
- Рисунок 58. Пневматическая колонная флотомашин КФМ 1400 на ОФ ОАО «Святогор» (УГМК)
- Рисунок 59. Отделение флотации ОФ ЗАО «Урупский ГОК»

- Рисунок 60. Установка пневмомеханических машин РИФ на Рубцовской ОФ в 2019 г.
- Рисунок 61. Флотационное отделение Ново-Широкинского рудника
- Рисунок 62. Флотационное отделение ОАО «Дальполиметалл»
- Рисунок 63. Машины межцикловой флотации (РИФ) и мельницы доизмельчения на Хайбуллинской ОФ (ООО «Башмедь»)
- Рисунок 64. Флотационное отделение ОФ Новоангарского ГОКа
- Рисунок 65. Флотомашины ФМР производства ОАО «Завод Труд» для ОФ ОАО «Сарылах-Сурьма»
- Рисунок 66. Колонные флотомашины BGRIMM (КНР), установленные на АНОФ-2 АО «Апатит» (2018 г.)
- Рисунок 67. Флотомашины RCS (Metso) нефелинового цикла на ОФ «Северо-Западная Фосфорная Компания»
- Рисунок 68. Отделение измельчения и флотации на ЗИФ ОАО «Первенец» (ЗАО «ЗДК «Полус»)
- Рисунок 69. Флотационное отделение ЗИФ ООО «Ресурсы Албазино»
- Рисунок 70. Флотационное отделение ОАО «Еткульзолото»
- Рисунок 71. Флотационное отделение ЗИФ ООО «ЗК «Майское»
- Рисунок 72. Флотомашины SkimAir (Outotec) на Омсукчанской ЗИФ ОАО «Полиметалл»
- Рисунок 73. Флотомашины Усольмаш на ОФ «Дарасунский рудник»
- Рисунок 74. Флотационное отделение Усольского ГОКа (ООО «ЕвроХим УКК»)
- Рисунок 75. Флотомашины ФКМ-6,3 на ОФ ПАО «Уралкалий»
- Рисунок 76. Обогащение углей для коксования на обогатительных фабриках РФ в 2011-2018 гг., млн т
- Рисунок 77. Прогноз динамики роста флотационных мощностей на российских фабриках в 2019-2030 гг., тыс. м³

Аннотация

Настоящий отчет является 2-м изданием исследования рынка **флотационных машин** в России. Кроме того в нем представлена краткая информация о современных тенденциях машиностроения флотационного оборудования.

Мониторинг рынка ведется с 2001 г.

Цель исследования – анализ рынка флотомашин в России.

Данная работа является **кабинетным исследованием**. В качестве **источников информации** использовались данные Росстата, Федеральной таможенной службы РФ, официальной статистики железнодорожных перевозок РФ, Агентства Республики Казахстан по статистике, отраслевой и региональной прессы, годовых и квартальных отчетов эмитентов ценных бумаг, а также интернет-сайтов производителей.

Настоящий обзор является наиболее полным среди представленных на информационном рынке по данной теме, и претендует на роль **справочного пособия**. Использование данных без дополнительного тщательного анализа может привести к принятию ошибочных управленческих решений службами маркетинга и специалистами, работающими на рынке данного обогащительного оборудования.

Отличительной особенностью этого отчета является то, что в нем представлен подробный анализ рынка потребления флотомашин, что позволяет избежать ошибок, допущенных авторами аналогичных исследований, проведенных другими компаниями.

Хронологические рамки исследования: 2001-2019 гг.; прогноз – 2019-2030 гг.

География исследования: Российская Федерация.

Отчет состоит из **9** частей, содержит **171** страницу, в том числе **44** таблицы, **77** рисунков и **2** приложения.

В первой главе описаны современные тенденции машиностроения флотационного оборудования. В настоящее время конструирование идет по пути создания большеобъемных флотомашин и повышения удельной производительности аппаратов, уменьшения энергоёмкости, упрощения конструкций и осуществления оптимальной аэрации.

Вторая глава посвящена российским производителям флотационных машин. Основное внимание уделено ЗАО «НПО «РИВС» (С-Петербург).

В третьей главе рассмотрены объемы экспорта и импорта флотационной техники и особенности поставок.

В четвертой главе дана краткая характеристика зарубежных производителей, флотомашини которых установлены на отечественных обогащительных фабриках. Рассмотрены объемы поставок импортных флотомашин на российские предприятия.

Пятая глава посвящена обзору цен на флотомашины отечественного и импортного производства в 2009-2019 гг.

Шестая глава посвящена анализу спроса на флотомашин в России в 2009-2019 гг. Рассмотрено состояние основных отраслей российской промышленности, использующих флотацию. Особое внимание уделено производству медных, золотосодержащих, калийных и апатитовых концентратов.

В **седьмой главе** кратко описаны основные российские фабрики, использующие флотацию.

В **восьмой главе** приведены практически все озвученные проекты по расширению мощностей ОФ и строительству новых ГОКов, где будет использован флотационный процесс.

В **девятой главе** дан прогноз развития рынка флотомашин в России на ближайшие 10 лет.

В приложениях приведена контактная информация основных предприятий-производителей и потребителей флотомашин.

Целевая аудитория исследования:

- производители флотомашин, ГОКи и рудники;
- потенциальные инвесторы.

Предлагаемое исследование претендует на роль **справочного пособия** для служб маркетинга и специалистов, принимающих управленческие решения, работающих на рынке обогатительной техники.

ВВЕДЕНИЕ

Флотационный метод обогащения основан на использовании различий в естественной или создаваемой реагентами смачиваемости минералов. Флотация бывает пенной, масляной и пленочной. В промышленности в подавляющем большинстве применяется пенная флотация.

Процесс пенной флотации заключается в том, что во флотационной машине минеральные частицы, плохо смачиваемые водой, при встрече с пузырьками воздуха прилипают к ним и всплывают на поверхность пульпы. Всплывшие пузырьки воздуха с частицами минерала образуют пену (пенный концентрат), который удаляется из машины. Частицы породы, плохо смачиваемые водой, к пузырькам воздуха не прилипают и остаются в пульпе. Возможна и обратная флотация, когда в пенном продукте концентрируется пустая порода.

Флотация – один из самых дорогих обогатительных процессов, поскольку требуется большой расход электроэнергии. В процессе флотации применяют флотореагенты: собиратели, пенообразователи и регуляторы.

Процесс флотации осуществляется во флотационных машинах. По способу аэрации пульпы флотомашин делятся на механические, пневмомеханические и пневматические.

В *механических* машинах воздух засасывается из атмосферы вследствие механического воздействия на пульпу лопаток главного органа машины – аэратора.

В *пневмомеханических* машинах воздух в пульпу вводится частично или полностью из внешнего источника, как правило, под низким давлением. Перемешивание пульповоздушной смеси в них осуществляется аналогично машинам механического типа.

К *пневматическим* машинам относятся самые разнообразные по конструкции машины, общим признаком которых является способ аэрации и перемешивания пульпы – введение сжатого воздуха от специальных воздухоподающих устройств низкого, среднего и высокого давления (воздуходувки, компрессоры). К основным типам пневматических машин относятся *аэролифтные, колонные, циклонные и пенной сепарации*.

Каждый тип аппарата имеет ряд преимуществ и недостатков (табл. 1).

Аэрирующие устройства устанавливаются в емкостях *корытного, колонного и камерного типов*.

Флотационные машины *корытного* типа представляют собой ванну, вытянутую в длину. Исходная пульпа поступает с одного конца ее и выходит с другого в виде хвостов. Пену удаляют в желоба по всей длине ванны через боковые борта. Уровень пульпы регулируют скоростью разгрузки хвостов.

Таблица 1. Преимущества и недостатки различных типов флотомашин

Тип машины	Преимущества	Недостатки
Механические	<ul style="list-style-type: none"> – хорошие гидродинамические параметры; – универсальность применения и пригодность их использования в любых технологических схемах; – отсутствие потребности в доп. источниках воздуха. 	<ul style="list-style-type: none"> – непостоянная аэродинамическая характеристика (зависит от изношенности аэратора); – отсутствие регулирования количества воздуха; – сложность конструкции; – высокая энергоемкость и металлоемкость; – довольно быстрый износ статора и импеллера.
Пневно-механические	<ul style="list-style-type: none"> – простота конструкции; – постоянство аэрационной характеристики, не зависящей от износа рабочих органов; – возможность регулирования расхода воздуха в широком диапазоне; – небольшая металлоемкость; – меньший расход эл./энергии; – большой срок службы аэратора; – простота эксплуатации. 	<ul style="list-style-type: none"> – невозможно организовать покамерную регулировку уровня пульпы; – необходимость использования всасывающего механического блока для перекачки промпродуктов; – необходимость применения воздуходувок для нагнетания воздуха.
Пневматические	<ul style="list-style-type: none"> – предельная простота конструкции; – отсутствие вращающихся частей; – малая металлоемкость; – простота эксплуатации; – экономия пром. площадей; – легкая автоматизация 	<ul style="list-style-type: none"> – необходимость применения воздуходувок и насосов для перекачки промпродуктов; – ограниченность применения (только для простых схем флотационного обогащения); – забивка аэратора

Источник: анализ научно-технической литературы

Флотационные машины *колонного* типа представляют собой вертикальные устройства круглого, прямоугольного или эллипсоидного сечения. Концентрат удаляют с верхней, а хвосты – с нижней частей колонны; исходное питание поступает обычно в среднюю часть.

Флотационные машины *камерного* типа состоят из отдельных камер, в каждой из которых устанавливается один или несколько аэраторов.

Флотационные машины по движению в них пульпы делятся на *камерные и прямоточные камерные (или камерно-прямоточные)*.

В камерных машинах уровень пульпы регулируется в каждой камере. Пульпа из одной камеры в другую попадает через специальный разгрузочный карман. Образующийся в полости работающего импеллера небольшой вакуум обеспечивает возможность подсоса в аэратор промпродуктов флотации. Благодаря этому в одной машине можно осуществить несколько технологических операций. Недостатками камерных машин являются: более

сложный надзор из-за необходимости регулирования уровня пульпы в каждой камере; ограничение производительности машины по потоку производительностью импеллера; непостоянство аэрации при колебаниях потока пульпы.

В прямоточных камерных машинах, в которых пульпа течет по длине машины самотеком, уровень пульпы регулируется только в последней камере, а одинаковый дебит проходящей через аэратор пульпы обеспечивает постоянство ее аэрации. Это исключает недостатки, присущие камерным машинам. Для прохода пульпы в межкамерных перегородках по ширине всей камеры имеются большие отверстия, нижний уровень которых находится на уровне надимпеллерного диска, а верхний – на 300-400 мм ниже уровня пульпы. Недостатком прямоточных машин является понижение уровня пульпы вдоль машины, из-за чего в каждой камере устанавливается своя высота пенного порога и своя высота лопастей пеноъемника.

Камерно-прямоточные машины собираются из секций, состоящих из нескольких камер. Первая камера называется всасывающей. Пульпа в нее подается непосредственно на импеллер, а остальные камеры работают как прямоточные. Уровень пульпы регулируется в последней камере каждой секции.

Камерными обычно бывают машины механического и пневмомеханического типа, корытными – машины всех других типов, колонными – машины пневматического типа.

I. Тенденции современного машиностроения для флотации

Вовлечение в переработку все более бедных и труднообогатимых руд приводит к необходимости значительного увеличения производительности обогатительных фабрик (которая уже сейчас достигает 100 тыс. т руды в сутки – 35 млн т в год), использования оборудования высокой единичной мощности, совершенствования технологического процесса.

Как свидетельствует теория и практика флотации, показатели процесса существенно зависят не только от физико-химического состояния объектов и среды разделения, но и от способа аэрации и гидродинамических условий процесса разделения, а также от конструктивных особенностей флотационных машин и аппаратов.

Конструирование флотационных машин во всем мире идет сегодня по пути применения большеобъемных камер, обеспечивающих снижение капитальных и эксплуатационных затрат. Тенденция их использования особенно усилилась с 90-х годов прошлого столетия, и к настоящему времени вместимость камер возросла до 300-500 м³.

Наряду с созданием большеобъемных машин разрабатываются новые способы и устройства аэрирования пульпы, а также создаются оптимальные гидродинамические условия для процессов минерализации пузырьков и выделения из пульпы флотационных комплексов в камерах меньшего размера.

Многогранность технологических требований осложняет задачу создания надежной конструкции машины для эффективной флотации различного минерального сырья на разных стадиях передела.

По мнению конструкторов флотационных машин, устройство импеллерных блоков машин уже достаточно оптимизировано, а разнообразие типов аэрационных блоков и камер во многом объясняется требованием новизны в патентной классификации.

Как уже отмечалось во введении, по способу аэрации пульпы флотационные машины делят на механические, пневмомеханические, пневматические и с понижением давления (напорная, вакуумная).

Обогатительные фабрики для флотации минералов во всем мире оснащены в основном импеллерными машинами – механическими и пневмомеханическими. Между тем в последние 30 лет за рубежом, а затем и в России импеллерные машины все в большей степени заменяют в различных операциях флотации пневматическими колонными (чановыми) машинами.

1.1. Импеллерные флотомашин

За последние 30 лет вместимость импеллерных флотационных машин выросла с 40-70 до 500 м³, а диаметр и высота, соответственно, до 7-8 и 5-9 м. Финская фирма Outotec (бывшая Outokumpu Technology) производит камеры вместимостью 300 м³, а также предлагает к установке камеры на 500 м³.

Как показывает практика флотации, применение большеобъемных камер позволяет существенно снизить удельный расход электроэнергии – на 30-40 %. При этом удельная мощность промышленных машин вместимостью 120-200 м³, независимо от их глубины, скорости вращения импеллера и плотности пульпы, практически постоянна и составляет 0,8-1 кВт/м³ (Dorr-Oliver, Outotec, RCS). Что касается технологической оценки использования большеобъемных флотомашин, мнения специалистов расходятся. В лучшем случае признается, что показатели обогащения на пневмомеханических флотомашинах разной вместимости равнозначны. При этом необходимый удельный воздушный поток в крупногабаритных камерах уменьшился почти вдвое.

До сих пор нет однозначного мнения о предпочтительности машин механического или пневмомеханического типа, хотя последние отличаются более высокой скоростью флотации (в среднем на 30 %) и возможностью подачи в пульпу большого количества воздуха.

В последнее время возросла доля использования пневмомеханических большеобъемных машин (Dorr-Oliver, Outotec), хотя некоторые фирмы, например FLS, выпускающая популярную машину Wemco, продолжают производить аппараты с механическим способом аэрирования, разрабатывая новые его решения. Наблюдается и обратный переход – от пневмомеханических камер среднего размера с глубиной до 2,5 м к механическим, с целью снижения энергетических затрат за счет установки эффективного аэрационного узла.

Практически, на обогатительных фабриках наиболее широко применяют не более десяти типов флотационных машин. За рубежом это машины Outotec, FLSmidth (Wemco и Dorr-Oliver), Metso Minerals (Denver), в России и странах СНГ – машины типа ФМ, ФПМ, РИФ и некоторые другие. В России широко применяемые ранее машины Механобр заменили в основном импортными Outotec, Wemco, а также аппаратами ООО «Усольмаш» и ЗАО «НПО «РИВС». С 2015 г. среди российских производителей появился новый игрок – АО «Каштымское машиностроительное объединение», выпускающее машины типа ФПМ-КМ и ФМР.

Среди механических машин за рубежом наибольшее распространение получили машины Wemco 1+1, ранее известные под торговой маркой Фагергрэн. Фирма Wemco, входящая в группу FLSmidth, традиционно выпускает многокамерные машины 12 типоразмеров. Монокамерную машину особенно широко применяют для обогащения углей, в меньшей степени – для руд, и рекомендуют для флотации материала крупностью 40 % класса -0,074 мм

при плотности пульпы не более 37 % твердого. Для флотации крупнозернистых пульп в камере устанавливается большой импеллер, статор оснащают дополнительным цилиндром с отверстиями меньшего диаметра, изменяют число оборотов. Фирма выпускает также флотационные машины в закрытом исполнении, предназначенные для флотации в среде азота.

Приверженность механическому способу аэрирования фирма сохранила и при создании в 2002 г. новой серии флотационных машин цилиндрического типа Wemco SmartCell с камерами вместимостью от 0,05 до 500 м³, которые имеют механический аэрационный механизм машины Wemco 1+1 и коническое ложное днище. Большинство новых фабрик в Чили практически полностью, за исключением очистных стадий, в которых применяют колонные машины, оснащены машинами Wemco с камерами вместимостью 130-160 м³. Например, на медной фабрике Laguna Seca в основной флотации установлены машины с камерами цилиндрической формы (160 м³) диаметром 6,8 и высотой 4,4 м.

Самыми востребованными в мире можно назвать пневмомеханические флотомашины компании Outotec (Outokumpu Technology). Компания производит ряд флотационных машин: ОК-U (U-образная камера) вместимостью 8, 16, 38, 50 м³; ОК-R (камера прямоугольной формы) вместимостью 0,05; 1,5; 3 и 5 м³. Кроме того Outotec создает большеобъемные импеллерные машины чанового типа TANKCELL (ТС): машины ТС с камерами вместимостью 5, 10, 20, 30, 50, 70, 100 и 130 м³ и машины ТС-ХНД с камерами 100, 160, 200, 300, 500 м³.

Машины вместимостью 300 м³ установлены в 2012 г. на Михеевском ГОКе (Челябинская обл.) в России.

Широкое распространение в последние 20 лет имеют большеобъемные пневмомеханические флотомашины RCS финской компании Metso Minerals, основанной в 2001 г. в результате объединения компаний Svedala (Швеция) и Nordberg (Финляндия). Фирмой Svedala (организована при слиянии американской Denver Equipment и шведской Sala International) создана пневмомеханическая флотомашинка RCS (Reactor Cell System) на основе аэрационного узла DV (Deep Vane – глубокая лопасть), которая поставляется с 1997 г. Камера машины RCS представляет собой цилиндрический чан, высота которого для машины RCS-200 достигает 9,4 м при диаметре 7 м. Конструкция аэрационного узла обеспечивает мощную радиальную циркуляцию пульпы к стенкам камеры и интенсивные обратные потоки к нижней стороне ротора, что позволяет избежать запесочивания флотомашинки. При этом создается циркуляция пульпы и в верхнюю часть камеры, в отличие от производимой ранее стандартной машины Sala AS, что позволяет эффективно извлекать крупные частицы. Машины RCS применяют при обогащении медных, свинцово-цинковых, платиновых и других руд на более чем тридцати объектах в различных странах. Предлагается 12 типоразмеров машин RCS с камерами вместимостью 5, 10, 15, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 130, 160, 200 м³. Для флотации

крупных частиц фирма продолжает выпускать пневмомеханическую машину Denver DR с камерой вместимостью 42 м³.

Большинство современных флотомашин оснащают импеллерами лопастного типа.

Каждый производитель имеет патенты для производства оригинального импеллера.

1.2. Пневматические флотационные машины

Разработка и промышленное применение пневматических флотационных машин колонного типа в настоящее время является одним из основных направлений развития флотационной техники и технологии.

Например, в Бразилии на железорудных фабриках, введенных в эксплуатацию с 1990 г. и применяющих флотацию, во всех операциях используют колонные машины. Также широко они используются на железорудных предприятиях Канады, США, Индии. В России флотационное обогащение железных руд применяют только на ОФ Михайловского ГОКа (Курская обл.), на которой также установлены колонные флотомашин.

Для колонных машин характерен рост извлечения за счет лучшей флотации тонких частиц, а также повышенное качество концентрата в связи с уменьшением механического выноса в пену пустой породы и орошением пенного слоя водой. В мировой практике за последнее время накоплен значительный опыт разработки и применения колонных аппаратов. Однако при широком их внедрении проявились некоторые проблемы, такие, как необходимость оптимизации высоты камеры флотации, создания эффективного аэрационного узла, обеспечивающего получение пузырьков оптимальной крупности, их минерализацию и селективное выделение образованных комплексов.

Большая высота колонны (по отношению к ее диаметру) является принципиальным конструктивным отличием колонных флотомашин, хотя некоторые колонные аппараты, чаще называемые чановыми машинами, имеют сопоставимые высоту и диаметр. Вопрос оптимального соотношения высоты и диаметра флотационного колонного аппарата, во многом зависящего от метода диспергирования воздуха и аэрирования пульпы, решается в каждом случае по-разному. Эффективная высота колонны определяется назначением аппарата и связана со свойствами перерабатываемой руды и особенностями операции флотации. В настоящее время не установлен универсальный критерий выбора высоты колонны для всех случаев флотации.

Для колонных флотационных машин, разработанных в РФ, наиболее характерна высота 4-7 м, для канадских и американских машин – 10-16 м, однако для окисленных свинцово-цинковых руд оптимальная высота оказалась равной 4,5 м, а для флотации угля фирма Control International Inc. использует флотокамеры высотой до 20 м при диаметре 4 м. Флотационные колонны, производимые в Китае, диаметром от 0,6 до 4 м, имеют высоту от 5 до 9 м, в зависимости от операции флотации. Однако известны примеры применения

колонн и других размеров. Например, чановые машины серии ФП института Гинцветмет имеют высоту от 3,7 до 12 (16) м при вместимости до 220 м³.

Самым простым способом аэрирования пульпы в промышленных пневматических флотационных аппаратах является пневматический – продавливание газа через отверстия диспергатора. Общим недостатком пневматических аэраторов является их быстрый износ и сложность получения большого числа мелких пузырьков, необходимых для эффективной флотации шламов. Срок службы диспергаторов воздуха, как с жесткими, так и с эластичными порами составляет несколько месяцев. Совершенствование этих аэраторов идет по пути изыскания новых износостойких материалов.

Среди машин с пневматическим аэратором следует особо отметить колонные аппараты для флотации крупнозернистых пульп, в первую очередь машины пенной сепарации, отличающиеся подачей пульпы на пену, которые используются, например, при флотации крупных алмазов (–2 мм). Для зернистых пульп применяют также колонны, дополнительно снабженные несколькими импеллерами на вертикальном валу с целью поддержания пульпы во взвешенном состоянии. Такие машины производят некоторые фирмы США.

Комбинированные аппараты сочетают преимущества колонных пневматических и импеллерных машин и способны обогащать руды широкого диапазона крупности, в том числе сульфидные.

При флотации тонких частиц все большее распространение получают гидравлические способы аэрирования. Они дают возможность получать пузырьки меньшей крупности, чем при использовании пневматических аэраторов. Наиболее наглядным примером гидравлического диспергирования воздуха можно считать струйные аэраторы – поверхностные и погружные

Высокую эффективность струйного аэрирования демонстрирует завоевавшая популярность колонная флотомашина, которую разработал исследователь из Австралии G. J. Jameson. Минерализованные пузырьки образуются в специальной вертикальной трубе (аэрационной камере) при подаче в нее под давлением пульпы с реагентами в виде свободной струи, которая подсасывает воздух через отверстие в боковой стенке трубы/

Аппараты такого типа наиболее эффективно применяют при обогащении угля и минералов малой плотности, а также используют при флотации руд цветных металлов.

В РФ 2013 г. на золотоизвлекательной фабрике ООО «Ресурсы Албазино» прошли пилотные испытания флотомшины **Jameson Cell** в цикле перичистой флотации.

В связи с появлением износостойких материалов все большее распространение за рубежом и в нашей стране получают аэраторы пневмогидравлического (инжекторного) типа различных модификаций, которые применяют в современных колонных машинах CPT, CISA, Pneuflot и других.