

Фосфогипс в полезный продукт

Направление: Переработка отходов и материальные балансы

Цель: Предложить способ переработки фосфогипса в полезный продукт и обосновать его качество и экономическую целесообразность.

Справка о компании: «ЕвроХим» — производитель минеральных удобрений, объединяющий добычу сырья, химическое производство и сбыт продукции. Предприятия группы выпускают азотные, фосфорные и калийные удобрения. Их технологические процессы связаны с производством кислот и аммиака, использованием воды и энергии, а также обращением с побочными продуктами производства.

Задача участников

Выберите полезное применение фосфогипса и обоснуйте переработку на единой учебной партии. Сведите материальный баланс, затраты, возможную выручку и экологические ограничения; пригодность продукта подтвержайте программой испытаний. Представьте схему или демонстрацию своего решения, воспроизводимый расчёт и план проверки.

CAPEX — первоначальные капитальные затраты; OPEX — текущие эксплуатационные расходы.

1 Контекст и цель

Фосфогипс — побочный материал, который накапливается при производстве фосфорной кислоты. Для технолога и потенциального покупателя важны состав, влажность, мешающие примеси, стабильность свойств и стоимость подготовки. Получить большую массу продукта недостаточно: нужен потребитель, которому подходят его свойства. Объясните, куда направляются остатки и вода.

Выберите полезный продукт и спроектируйте технологическую схему переработки с материальным балансом, требованиями к качеству, экономикой и программой проверки. Влажность сырья — 25–35 %; при переработке необходимо учитывать наличие фтора и фосфора и оценивать радиологические свойства. Реальные лабораторные/нормативные доказательства пригодности сырья ПМУ не приложены.

2 Обязательный основной результат

- Товарное назначение/покупатель и схема операций с выбранными режимами.
- Полный баланс компонентов, свободной воды, реагентов, продукта, жидких и твёрдых остатков; сравнение с размещением.
- Проверка учебных требований покупателя, рынка, CAPEX/OPEX и чувствительности; программа будущих испытаний и обращения с остатком.

3 Сырьевой паспорт и база сравнения

Единый синтетический сценарий; коэффициенты не являются литературной гарантией очистки или паспортом сырья предприятия.

Показатель	Значение	Базис
Влажная подача	100000	т/год
Вода свободная	0.3	доля влажной массы
Гипсовый компонент	0.9	доля сухой массы

Показатель	Значение	Базис
Фосфатная примесь	0.02	доля сухой массы
Фторсодержащая примесь	0.01	доля сухой массы
Прочие инертные	0.07	доля сухой массы
Условная Ra-226	250	Бк/кг сухой массы
Работа	6000	ч/год

Гипсовый компонент включает свою кристаллизационную воду; базовая модель не разлагает его термически. Сумма четырёх сухих долей равна 1. Ra-226 — учебный индикатор необходимости проверки, не нормативный допуск. База — размещение всей влажной подачи без продажи.

4 Независимые карточки операций

ID	Операция	Гипс → тв.	P → тв.	F → тв.	Инерт. → тв.
S	Сортировка/фракционирование	0.94	0.8	0.8	0.6
W	Промывка, отбор твёрдой фазы	0.97	0.35	0.25	0.7
N	Условное связывание примесей/отделение	0.98	0.1	0.15	0.9

ID	Вода, м³/т сух.	кВт·ч/т сух.	Реагент, т/т сух.	CAPEX, млн руб.	Сервис, руб./т сух.
S	0	10	0	20	70
W	0.6	15	0	12	40
N	0.2	20	0.03	25	90

Доли относятся к массе каждого компонента на входе именно операции; остальное уходит в её отдельный остаток/сток. Вода W/N добавляется к свободной воде, не к гипсовому компоненту. До обезвоживания вся исходная/добавленная свободная вода следует основному потоку; D делит её на продукт и сток, а отделённые сухие примеси учитываются отдельно. Реагент N полностью выходит как добавленная инертная масса твёрдого потока. Это условная модель реагентного/сорбционного этапа без рецептуры химического опыта. Повторение операции допускается только с отдельным обоснованием применимости; её цена и ресурс считаются снова.

Карточки обезвоживания: D1 — регулируемая влажность твёрдого продукта 0,15–0,25, 8 кВт·ч/т входной сухой массы, CAPEX 8 млн руб.; D2 — 0,08–0,18, 18 кВт·ч/т, CAPEX 15 млн руб. Вода отделяется без потери сухих компонентов; если свободной воды меньше,

добавлять её для достижения верхней влажности не требуется. Невышедшая в продукт вода и растворённые/отделённые примеси учитываются отдельно. Для сравнения жидкий сток считать по объёму воды (1000 кг/м³), массу растворённых веществ показать отдельно.

5 Потребители и ресурсные цены

ID	Учебное назначение	Гипс $\geq$	P $\leq$	F $\leq$	Влажность $\leq$	Цена, руб./т сух.	Рынок, т сух./год
P1	Минеральная добавка, учебный покупатель	0.9	0.025	0.01	0.2	1500	65000
P2	Гипсовое сырьё повышенной чистоты	0.95	0.01	0.005	0.15	2300	65000

Гипс, P и F в спецификации — доли сухой массы; влажность — доля воды во влажной массе продукта. Требования — учебная спецификация покупателя, не ГОСТ и не подтверждение строительной/агрономической пригодности. Можно выбрать иной продукт с источником требований/цены и переносимости данных. Продать можно не больше рынка; непроданный материал не исчезает из баланса.

Ресурс	Значение	Единица
Размещение базы влажного сырья	400	руб./т
Электроэнергия	7000	руб./МВт·ч
Вода	60	руб./м³
Условный реагент N	6000	руб./т
Остаток твёрдый, сухая масса	500	руб./т
Жидкий сток	100	руб./м³
Обслуживание	0.02	доля CAPEX/год

Сервис операций включает расходники/внутриплощадочное перемещение, но не энергию/воду/реагенты. Обезвоживание: дополнительно 30 руб./т входной сухой массы. Неиспользованный сухой остаток — 500 руб./т, вода стока — 100 руб./м³. Все сухие отходы, включая непроданный продукт, учитываются по этой цене. Горизонт 5 лет, постоянные цены без НДС/дисконтирования/остаточной стоимости. Экологическую/радиологическую безопасность не выводить из модельного баланса.

6 Ваши проектные решения

Вы выбираете продукт, операции и порядок, влажность, масштаб и обращение с водой/остатками. Выбор маршрута свободен. Карточки достаточны для самостоятельного расчёта нескольких схем, но не являются готовой технологией. Иная технология допустима при полном наборе компонентных переходов, затрат, единиц и обосновании.

7 Материалы для работы

Таблицы и зависимости в постановке — общий учебный паспорт. CSV в приложениях — удобные копии/справки, а не обязательный обучающий датасет. Компоненты можно сочетать, масштабировать в объявленных пределах или заменить обоснованными характеристиками.

8 Свои данные и развитие

Вы вправе использовать собственные измерения, открытые источники, новые технологии и синтетические данные. Укажите источник/способ получения, дату или версию, условия использования, единицы, допущения и ограничения переноса. Общие обязательные объект, нагрузки, периоды и экономическая база сохраняются; эффект расширения показывайте отдельно. Наличие большого набора, программного кода или большого числа функций само по себе не преимущество. Простое обоснованное решение может быть лучшим.

Ниже — необязательные направления. Можно выбрать свой путь развития или глубже проработать основной результат; количество расширений само по себе не повышает оценку.

- Замкнутый водооборот: отдельно показать рециркуляцию примесей и затраты.
- Другой состав/влажность в заданном диапазоне: проверить качество, выход и рынок.
- Совместные продукты или климатический след: источник коэффициентов, границы и отсутствие двойного счёта.

9 Проверка и сдача

- Суммы каждого компонента и свободной воды замыкаются с учётом реагента.
- Качество рассчитано по заданному сухому базису компонентов и влажному базису воды; судьба всех остатков ясна.
- Цена и ёмкость рынка не заменяют доказательство пригодности; испытания разделены на выполненные и будущие.

Передайте схему/эскиз и воспроизводимую расчётную записку или таблицу с исходными формулами, сравнение базы/проекта, экономику и план проверки. Код и физическое изделие необязательны, если прямо не требуется демонстрация. Проектная заявка и презентация — по приложениям 4 и 8 положения.

Входные материалы и их использование

Материал	Назначение, роль и применение
Сырьё	Состав и количество исходного сырья.
Операции	Изменение состава и расход ресурсов при переработке.
Условия покупателей	Требования к продукту и пределы его приёма.
Цены работ и материалов	Единичные цены для расчёта затрат.

Общие требования конкурса

Решение оформляется проектной заявкой и презентацией по приложениям 4 и 8 положения. Презентация: PDF, не более 16 слайдов и 25 МБ. На финале доклад до 10 минут и вопросы до 5 минут.