

Кибергеолог Гремячинского месторождения

Направление: Анализ данных и цифровая геология

Цель: Создать помощника оценки состава руды и выбора контрольных лабораторных проб.

Справка о компании: Гремячинский горно-обогатительный комбинат предприятия «ЕвроХим-ВолгаКалий» разрабатывает Гремячинское месторождение калийных солей в Волгоградской области. Производственный комплекс включает подземную добычу сильвинитовой руды и её обогащение для выпуска хлористого калия. Работа рудника требует контроля качества руды, устойчивости горных выработок и надёжного проветривания рабочих зон.

Задача участников

Создайте прототип поддержки опробования: оценку состава по условным сенсорным признакам, учебную карту и выбор точек лабораторной проверки. Сравните качество и экономику с классическим опробованием. Представьте схему или демонстрацию своего решения, воспроизводимый расчёт и план проверки.

1 Как руда превращается в решение

Геологу и производству нужны оперативные оценки KCl , нерастворимого остатка и $CaSO_4$. Представительность пробы меняется при переходе от забоя и стенки к отбитой массе, складу, конвейеру и партии фабрики. Приборный сигнал требует калибровки, а лабораторный анализ занимает ресурсы; важен согласованный комплекс измерений и контрольных проб, с понятной связью измерения и решения.

Решение включает выбор оборудования/обработки, геостатистику, объединение измерений, экономику и дорожную карту. Предложите такое решение с приоритетом отечественных вариантов при обосновании выбора. Пользователь должен видеть показатель состава, неопределённость, принадлежность партии и основание для следующей пробы.

У ЕвроХима существует программно-аппаратный комплекс «Минералогия» для сбора данных о породе и оценки компонентного состава по изображению. Сравните добавленную ценность своего решения с таким подходом: представительность отбора, лабораторный контроль, геостатистика, прослеживаемость партий и неопределённость. Само наличие распознавания изображения не доказывает новизну широкой системы.

2 Обязательное ядро

- Покажите схему опробования забоя, стенок, отбитой массы, склада и конвейера, а также связь цепочки забой → комбайн/вагон → конвейер → скип → фабрика. Укажите идентификаторы, время, представительность и контроль смещения.
- Выберите и обоснуйте измерительный/классический/цифровой метод и оборудование; покажите калибровку, объединение и действия при недостаточной достоверности. Рентгенофлуоресцентный анализ (XRF), гамма-измерения, компьютерное зрение и лаборатория — примеры, не обязательный комплект.
- На общей учебной ситуации воспроизводимо оцените три показателя и неопределённость, покажите пространственную схему/карту с границами интерполяции.
- Обоснуйте контрольные пробы на одинаковом бюджете и продемонстрируйте обновление оценки после их анализа. Приложите ТЭО и план пилота/масштабирования 2026–2030.

Не требуется промышленный эксперимент или покупка прибора. Данные ниже — условные признаки, не реальные спектры; точность демонстрации не переносится на месторождение, а карта не объявляется запасами.

3 Общая проверочная ситуация

Состав	Принято для учебного сценария
Наблюдения	384 точки: 16 кампаний × 2 профиля × 12 точек
Разбиение	Обучение (train): 10 кампаний / 240 точек; проверка (validation): 3 / 72; закрытый контроль (test): 3 / 72
Калибровка кампании	По 5 известных смесей с составом и сигналами, включая кампании закрытого контроля
Измерения	3 условных сигнала, влажность %, крупность мм, координаты/глубина/мощность м
Оцениваемые величины	KCl, CaSO ₄ и нерастворимый остаток отдельно, массовые %
Бюджет контрольных проб	Не более 12 целевых точек из 72 в проверочной части; такой же бюджет закрытого контроля

Независима измерительная кампания, а точки профиля коррелированы. Влажность, крупность и настройки кампании влияют на отклик. Доступны парные анализы обучающей части (train), анализы проверочной части (validation) для проверки и известные смеси всех кампаний; анализы целевых точек контрольной части (test) доступны только жюри. Применение простого калибровочного метода допустимо. Можно дополнить данные, но нельзя обучаться на test-ответах или менять общую базу.

Исходные ограничения: запылённость, газоносность и риск газодинамических явлений; дефицит геологов/обучение; недопустимость остановки производства; бюджет внедрения 15–50 млн руб., пилот 1–2 года. Водозащитная толща (ВЗТ) 60–325 м, складчатость и карналлит в почве — исходный геологический контекст, не основание автоматически задать свойства датчика. Реальные безопасность и метрология проверяются в будущем пилоте.

4 Как проверяются оценка и пробы

На проверочной части (validation) посчитайте среднюю абсолютную ошибку (MAE) и корень из средней квадратической ошибки (RMSE) в процентных пунктах по компонентам и кампаниям, покрытие интервалов/отказов и баланс: каждый показатель неотрицателен, их сумма не выше 100 %, остаток — прочая соль. Не смешивайте массовую долю KCl в руде и 95 % в продукте.

Выбирайте контрольные точки по доступным наблюдениям и неопределённости. На validation покажите до/после выбранных анализов, не оценивая выбранные точки как независимые и не используя все остальные ответы для обновления. Простой равномерный план при таком же бюджете служит сопоставлением, а не запрещённым методом. Процедуру выбора/обновления предварительно проверьте на целиком отложенных обучающих кампаниях (train).

Для закрытой контрольной части (test) передайте таблицу исходных прогнозов predictions.csv, список до 12 проб и однозначное правило обновления по их будущим контрольным анализам — формулу, таблицу действий или код. Жюри применит правило к закрытым выбранным анализам и оценит оставшиеся точки. Для решения не требуется ждать ответ предприятия: метод и исходные прогнозы готовы до проверки. Точные форматы/единицы даны в паспорте. Код необязателен при воспроизводимом расчёте.

5 Экономика, внедрение и границы эффекта

Общие расчётные условия: 7,3 млн т руды/год и 2,3 млн т продукта/год с 95 % KCl. Для основного учебного расчёта принято 39,52 % KCl в руде; значение 38,82 % проверяется отдельно в сценарии чувствительности. Условная цена продукта 30000 руб./т, переменные затраты 2000 руб./т. Лаборатория: 200 анализов/день, 300 дней/год, 350 руб./анализ. CAPEX (капитальные затраты)/OPEX (текущие эксплуатационные расходы) и долю заменяемых анализов определите по своему проекту; улучшение извлечения — обосновываемая гипотеза, не прямое следствие MAE.

Покажите отдельно эффект лаборатории и маржу дополнительного продукта, сценарии нулевого/частичного эффекта, ограничения мощности фабрики и риск двойного счёта. Горизонт 5 лет без НДС/дисконтирования/остаточной стоимости. План реального пилота содержит парные контрольные анализы, представительность партий, роли геолога/лаборатории и критерии, после которых возможен перенос метода. Реальный пилот не требуется как уже выполненный.

6 Свободный выбор и развитие

Команда самостоятельно выбирает: приборный, классический и цифровой методы, состав оборудования; опробование, настройка по известным образцам, интерполяция/объединение и неопределённость; стратегия контрольных проб и обновления оценки.

Можно углубить ядро или выбрать полезное развитие. Примеры ниже необязательны и не образуют перечень бонусов.

- Калибровка и перенос среды — Отложенные серии, ошибка/интервалы по условиям и реакция на недостаточную калибровку.
- Стратегия контрольных проб — Польза на одинаковом бюджете и независимых контрольных точках, а не число выбранных проб.
- Объединение приборных/классических/пространственных измерений — Согласование единиц/массы/времени/партии и проверка независимого источника.

7 Материалы, собственные данные и проверка

Общий демонстрационный набор и его разбиение описаны в приложении. Он нужен для одинаковой проверки; не предписывает алгоритм, оборудование или архитектуру проекта.

Разрешены открытые, собственные измеренные и синтетические дополнения с источником, единицами, допущениями и ограничениями. Общие исходные условия и проверочные сценарии сохраняются. Покажите, что изменилось благодаря дополнению, и отдельно сохраните результат на общей базе. Синтетические данные обозначьте как учебные и укажите их ограничения.

В проектной заявке и презентации представьте результат ядра, расчёт/демонстрацию и ограничения. Для расчётного проекта достаточно читаемой записки и схемы; для программного результата приложите инструкцию запуска и воспроизводимый пример. Дополнительные материалы служат проверке проекта и не меняют официальный состав заявки.

Жюри использует официальные критерии конкурса: 70 баллов на отборе и 80 в финале. Решения, полностью выполнившие ядро, различаются качеством доказательств, реализуемостью, переносимостью и экономическим обоснованием; совпадение с контрольным проектом и число расширений не требуются.

Расчетные допущения

- Численные параметры учебного сценария не являются измерениями предприятия.

Входные материалы и их использование

Материал	Для чего используется
Сенсорные измерения состава и условий	Условные измерения состава и наблюдаемые смешивающие факторы. Обязательные данные для общего расчёта.
Известные калибровочные смеси	Парные известные смеси каждой кампании; не ответы целевых проб. Обязательные данные для общего расчёта.
Лабораторные анализы для разработки и проверки	Парные анализы для калибровки и проверки на отдельных кампаниях. Обязательные данные для общего расчёта.
Пространственные профили и группы кампаний	Пространственные профили и независимые группы кампаний. Обязательные данные для общего расчёта.
Правила обработки измерений и контрольных проб	Словарь, калибровка/группы, бюджет опробования, обновление и экономическая база. Обязательные данные для общего расчёта.
Паспорт объекта и общие сценарии Исходные условия и сценарии задачи	Общая база проверки собственного решения. Обязательные данные для общего расчёта.

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.