

Тема 6. Экономическая оценка ресурсосберегающих технологий

Цель лекции: освоить методы технико-экономического анализа при выборе вариантов рационального использования минеральных ресурсов.

Ключевые вопросы лекции:

1. Показатели эффективности: NPV, IRR, срок окупаемости, сравнительная эффективность капиталовложений.
2. Оценка потерь от недополученной продукции: расчёт упущенной выгоды.
3. Экономический эффект от переработки техногенных отходов (снижение затрат на добычу, получение товарной продукции, экономия на рекультивации).
4. Учёт экологического фактора: предотвращённый ущерб, плата за размещение отходов.
5. Кейсы: окупаемость установок по дообогащению хвостов, переработка вскрышных пород в щебень.

1. Показатели эффективности: NPV, IRR, срок окупаемости

1.1. Чистая приведённая стоимость (NPV)

NPV (Net Present Value) – это разница между дисконтированными денежными поступлениями и дисконтированными инвестиционными затратами за весь срок реализации проекта.

Формула расчёта:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

где:

- CF_t - чистый денежный поток в году t
- r - ставка дисконтирования
- n - срок реализации проекта
- I_0 - первоначальные инвестиции

Критерий принятия решения: проект принимается, если $NPV > 0$. Чем выше NPV, тем более эффективен проект. В ресурсосберегающих технологиях NPV позволяет сравнивать варианты с разными сроками окупаемости и объёмами инвестиций.

Пример: При внедрении «зелёных» технологий в добыче полезных ископаемых NPV может достигать \$2 014 001, а IRR - 17%. При переработке техногенных образований NPV может составлять 6,94 млрд руб. при базовом сценарии.

1.2. Внутренняя норма доходности (IRR)

IRR (Internal Rate of Return) - это ставка дисконтирования, при которой NPV проекта становится равным нулю. IRR показывает максимальную стоимость капитала, который может быть привлечён для финансирования проекта.

Критерий принятия решения: проект принимается, если $IRR > r$ (ставка дисконтирования). Чем выше IRR, тем более устойчив проект к изменению внешних условий.

Для ресурсосберегающих проектов характерны следующие значения IRR:

- Переработка хвостов обогащения: $IRR = 19,2\%$
- Рециклинг отсевов горных пород: $IRR = 48\%$
- Установки по обезвреживанию хвостов: IRR определяется на основе cash flow-модели

1.3. Срок окупаемости

Срок окупаемости (Payback Period) – период времени, необходимый для возврата первоначальных инвестиций за счёт чистых денежных поступлений.

Формула для равномерных поступлений:

$$PP = \frac{I_0}{CF}$$

Для неравномерных поступлений рассчитывается кумулятивным методом.

Критерий: чем меньше срок окупаемости, тем менее рискован проект. Для горных проектов приемлемым считается срок окупаемости 3-7 лет.

Примеры сроков окупаемости:

- Дообогащение хвостов: 2,16 года
- Переработка хвостов 2-го поля: дисконтированный срок окупаемости 4,4 года
- Рециклинг отсевов в минеральную вату: 2,8 года

1.4. Сравнительная эффективность капитальных вложений

Для сравнения альтернативных вариантов ресурсосберегающих технологий используются:

1. Индекс доходности (PI - Profitability Index):

$$PI = \frac{NPV + I_0}{I_0}$$

Проект принимается при $PI > 1$. Для переработки хвостов индекс доходности может достигать 6,0.

2. Сравнительная эффективность капвложений (E):

$$E = \frac{\Delta\Pi}{\Delta K}$$

где $\Delta\Pi$ - прирост прибыли, ΔK - дополнительные капитальные вложения.

3. Срок окупаемости дополнительных капвложений:

$$T_{ок} = \frac{\Delta K}{\Delta\Pi}$$

Выбирается вариант с минимальными приведёнными затратами:

$$Z_i = C_i + E_n \cdot K_i \rightarrow \min$$

где C_i - текущие затраты, K_i - капитальные вложения, E_n - нормативный коэффициент эффективности.

2. Оценка потерь от недополученной продукции: расчёт упущенной выгоды

2.1. Понятие упущенной выгоды в горном деле

Упущенная выгода - это неполученный доход, который могло бы получить предприятие при полном извлечении полезных ископаемых из недр или при оптимальном варианте использования ресурсов. В горнодобывающей отрасли упущенная выгода возникает из-за:

- потерь полезных ископаемых при добыче (неполное извлечение)
- разубоживания рудной массы
- неполного извлечения попутных компонентов
- принятия неоптимальных технологических решений

2.2. Методика расчёта упущенной выгоды

Общий подход к оценке упущенной выгоды включает:

1. Определение объёма недополученной продукции - потери руды и полезных компонентов в натуральном выражении.

2. Расчёт стоимости недополученной продукции:

$$Y_{\text{пот}} = Q_{\text{пот}} \cdot Ц$$

где $Q_{\text{пот}}$ - объём потерянной продукции, $Ц$ - цена реализации.

3. Учёт изменения затрат - при изменении потерь и разубоживания меняются затраты на усреднение руды, транспортировку и обогащение.

4. Расчёт упущенной выгоды от снижения качества:

$$Y_{\text{кач}} = (C_{\text{бал}} - C_{\text{факт}}) \cdot Q_{\text{доб}} \cdot K_{\text{изв}} \cdot Ц$$

где $C_{\text{бал}}$ - содержание в балансовых запасах, $C_{\text{факт}}$ - фактическое содержание в добытой руде.

2.3. Интегральный показатель ущерба

Современный подход учитывает ущерб от потерь и разубоживания на 1 тонну погашаемых балансовых запасов руды:

$$Y = \frac{Y_{\text{пот}} + Y_{\text{разуб}}}{Q_{\text{бал}}}$$

Прибыль при добыче с учётом показателей ущерба от потерь и разубоживания рассчитывается как:

$$П = П_{\text{проект}} - (Y_{\text{пот}} + Y_{\text{разуб}})$$

3. Экономический эффект от переработки техногенных отходов

3.1. Структура экономического эффекта

Экономический эффект от переработки техногенных отходов складывается из трёх основных компонентов:

- Снижение затрат на добычу:
- Отсутствие затрат на вскрышные работы

- Сокращение затрат на бурение и взрывание
- Экономия на водоотливе и транспортировке
- Снижение энергозатрат
- Получение товарной продукции:
 - Доизвлечение остаточных металлов из хвостов
 - Производство строительных материалов из вскрышных пород
 - Переработка шлаков и золошлаков
- Экономия на рекультивации и размещении отходов:
 - Снижение объёмов складировуемых отходов
 - Уменьшение площадей хвостохранилищ и отвалов
 - Сокращение платежей за негативное воздействие

3.2. Количественная оценка эффекта

Экономический потенциал переработки техногенных отходов оценивается экспертами в сотни миллиардов рублей ежегодно, а налоговые поступления от развития этой отрасли могут составить порядка 300 млрд руб. в год.

Вовлечение 10–15% техногенных накоплений способно компенсировать до 30% потребности в сырье и обеспечить экономический эффект до нескольких миллиардов рублей в год.

Примеры экономических эффектов:

Объект переработки	Экономический эффект
Хвосты обогащения (500 тыс. т/год)	NPV = 6,94 млрд руб.
Рециклинг отсевов горных пород	NPV = 22,3 млн руб., срок окупаемости 2,8 года
Возврат отходов в оборот (Кольская ГМК)	Экономия ~16 млн руб./год

3.3. Социально-экономический эффект

Переработка техногенных образований способствует:

- созданию рабочих мест в монопрофильных регионах
- развитию новых отраслей промышленности
- снижению экологической нагрузки на территории
- диверсификации экономики регионов

4. Учёт экологического фактора: предотвращённый ущерб, плата за размещение отходов

4.1. Предотвращённый экологический ущерб

Предотвращённый ущерб – это стоимость экологических потерь, которых удалось избежать благодаря внедрению ресурсосберегающих и природоохранных мероприятий.

Основные компоненты предотвращённого ущерба:

- Ущерб от загрязнения атмосферного воздуха
- Ущерб от загрязнения водных объектов
- Ущерб от загрязнения земель и недр
- Ущерб от размещения отходов

Методика расчёта:

$$U_{\text{пред}} = U_{\text{баз}} - U_{\text{факт}}$$

где $U_{\text{баз}}$ – ущерб при отсутствии мероприятий, $U_{\text{факт}}$ – фактический ущерб после внедрения мероприятий.

4.2. Плата за размещение отходов

Плата за негативное воздействие на окружающую среду (НВОС) взимается за размещение (хранение, захоронение) отходов производства и потребления.

Структура платы:

- В пределах установленных лимитов – по утверждённым ставкам
- Сверх лимитов – по повышенным ставкам (5-кратный коэффициент)

Особенности для горной отрасли:

- При размещении отходов V класса опасности (вскрышные породы) посредством закладки полостей применяется коэффициент 0

- Вскрышные и вмещающие породы не признаются отходами, если планируются к использованию

- При признании пород отходами взимается плата за размещение

Пример расчёта экономии: Кольская ГМК за счёт продажи и утилизации отходов экономит около 16 млн руб. в год. Предотвращение запрета на деятельность предприятия позволило избежать начисления убытков в сумме 300 млн руб..

4.3. Эколого-экономическая эффективность

Интегральный показатель эколого-экономической эффективности:

$$\mathcal{E}_{\text{экол}} = \frac{\mathcal{E}_{\text{экон}} + \mathcal{E}_{\text{экол}}}{3}$$

где:

- $\mathcal{E}_{\text{экон}}$ - экономический эффект (прибыль, экономия затрат)
- $\mathcal{E}_{\text{экол}}$ - экологический эффект (предотвращённый ущерб)
- 3 - затраты на реализацию мероприятия

5. Кейсы: окупаемость установок по дообогащению хвостов, переработка вскрышных пород в щебень

5.1. Кейс 1: Дообогащение хвостов обогащения

Объект: Хвостохранилище Ковдорского ГОК (1-е и 2-е поля)

Технология: Извлечение ценных компонентов из лежалых хвостов с использованием современных методов обогащения.

Экономические показатели:

- NPV = 4539,1 млн руб.
- Индекс доходности = 6,0
- Дисконтированный срок окупаемости = 4,4 года
- IRR = 48%

Эффективность: Дообогащение хвостов позволяет получать прибыль не только на втором этапе разработки, но и на третьем этапе при переработке хвостов обогащения.

Практическое значение: Переработка хвостов обеспечивает:

- Дополнительное извлечение цветных и редких металлов
- Снижение объёмов складированных отходов
- Сокращение площади хвостохранилищ
- Уменьшение экологической нагрузки

5.2. Кейс 2: Переработка вскрышных пород в щебень

Объект: Добыча порфирита (Южно-Уральский государственный университет)

Технология: Использование вскрышной породы, образующейся при добыче, для производства тяжёлых бетонов и штукатурных смесей. Крупная фракция заменяет традиционный щебень.

Экономические показатели:

- Годовая экономия: 5 096 000 руб./год
- Снижение затрат на добычу и транспортировку природного сырья
- Снижение расхода электроэнергии

Преимущества:

- Снижение стоимости строительных материалов
- Сокращение затрат на добычу природного сырья
- Уменьшение объёмов отходов
- Снижение экологической нагрузки на территорию

Дополнительные возможности:

- Использование вскрышных пород для производства аглопоритового щебня
- Применение шлаков в дорожном строительстве в Арктике
- Получение щебеночно-песчаных смесей

Вопросы для самоконтроля

1. В чём сущность показателей NPV и IRR? При каких условиях проект считается эффективным по каждому из этих критериев?

2. Как рассчитывается упущенная выгода от потерь полезных ископаемых? Какие факторы необходимо учитывать при её оценке?
3. Из каких компонентов складывается экономический эффект от переработки техногенных отходов? Приведите примеры количественной оценки.
4. Как учитывается экологический фактор при экономической оценке ресурсосберегающих технологий? Что такое предотвращённый ущерб?
5. Каковы сроки окупаемости и показатели эффективности при дообогащении хвостов и переработке вскрышных пород в щебень?

Рекомендуемая литература

1. Методика оценки экономической эффективности внедрения ресурсосберегающих технологий // CyberLeninka
2. О формировании эколого-экономической системы оценок ресурсосбережения // CyberLeninka
3. Экономическая эффективность утилизации отходов обогащения и подготовки резервной сырьевой базы предприятия // CyberLeninka
4. Моделирование эколого-экономической устойчивости комплексного освоения техногенных месторождений // CyberLeninka
5. Методика расчёта платежей, ущербов, предотвращенных ущербов // ЭБ ТюмГУ