

На правах рукописи

Райхлин Семен Максимович



**ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЕКТОВ ПОВЫШЕНИЯ
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ НА ГОРНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЯХ В ЦЕЛЯХ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ**

*Специальность 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика
(экономика промышленности)*

**Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук**

Санкт-Петербург – 2024

Диссертация выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет императрицы Екатерины II».

Научный руководитель:

кандидат экономических наук, доцент

Невская Марина Анатольевна

Официальные оппоненты:

Плотников Владимир Александрович

доктор экономических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный экономический университет», кафедра общей экономической теории и истории экономической мысли, профессор;

Жаров Владимир Сергеевич

доктор экономических наук, профессор, Институт экономических проблем им. Г.П. Лузина - обособленное подразделение Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Кольский научный центр Российской академии наук», отдел экономики устойчивого природопользования и инноваций в Арктике, главный научный сотрудник.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург.

Защита диссертации состоится **25 сентября 2024 г. в 11:00** на заседании диссертационного совета ГУ.1 Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II по адресу: 199106, г. Санкт-Петербург, 21-я В.О. линия, д. 2, **аудитория № 1171а.**

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II и на сайте www.spmi.ru.

Автореферат разослан 25 июля 2024 г.

УЧЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета



ВАСИЛЬЕВ
Юрий Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Повышение энергоэффективности рассматривается как необходимое условие достижения энергетических и экологических целей развития экономики и отдельных ее секторов, усиления энергетической безопасности и независимости хозяйствующих субъектов.

Характерной чертой горной промышленности Российской Федерации является опережающий рост энергопотребления по отношению к темпам роста промышленной продукции; доля затрат на энергоресурсы в среднем составляют 40%.

Увеличение энергопотребления обусловлено качественными изменениями в применяемых технологиях, усложнением горно-геологических условий добычи, необходимостью обеспечения непрерывности производственных процессов, содержания инженерной и социальной инфраструктуры, в связи с чем повышение энергетической эффективности представляют собой критически важный аспект устойчивого развития горных предприятий.

Планы по достижению целей устойчивого развития определяют повышенные требования к качеству используемых энергоресурсов, надежности и безопасности энергетической инфраструктуры, необходимость внедрения цифровых технологий в производственный процесс и развития методов управления энергоресурсами.

В настоящее время отсутствует комплексный подход к оценке проектов, направленных на повышение энергоэффективности в целях устойчивого развития, а применяемые методики экономической оценки не позволяют в полной мере учитывать достижение технологических, экологических, социальных и других результатов их внедрения.

В этой связи повышается актуальность разработки метода, позволяющего учитывать вклад результатов различных по масштабам и уровням реализации проектов в повышение энергоэффективности горного предприятия в целях устойчивого развития.

Степень разработанности темы исследования

Вопросы устойчивого развития горных компаний отражены в работах А.Е. Череповицына, В.А. Плотникова, В.С. Жарова, Т.В.

Пономаренко, М.А. Невской, О.А. Марининой, Н.Ю. Кирсановой, Н.В. Ромашевой, Дж. Сакс, М.М. Ислам, Д. Люссо, В. Спайзер, К. Фарташ, С. Ранганатан, А. Садабади, Р.Б. Суэйн, Д. Дж. Т. Самптер и др.

Проблемам повышения энергетической эффективности посвящены работы Л.Д. Гительмана, М.В. Кожевникова, Е.Г. Магарил, Е.С. Шилец, И.А. Башмакова, Т.Ю. Чазовой Е.В. Шавиной, А.В. Чазова, А.В. Чемезова, В.П. Самариной, А. Суфастаи, Д. Стерлинга, Э. Уоррелла, Дж. А. Лайтнера, М. Левеска, М. Лабанка и др.

Методические проблемы оценки эффективности проектов изложены в работах А.Н. Ковалева, М.В. Самойлова, О.Л. Данилова, П.С. Гейслера, В.В. Ефремова, И.У, Рахромова, О.В. Климовец, А.С. Краснова и др.

Несмотря на достаточно высокий уровень исследования проблемы, проблема комплексной экономической оценки проектов повышения энергоэффективности на горных предприятиях в методологическом аспекте остается недостаточно разработанной.

Цель работы. Разработка методического подхода к оценке проектов повышения энергоэффективности горных предприятий в целях устойчивого развития.

Предметом исследования являются методы, условия и факторы, определяющие экономическую эффективность проектов, связанных с повышением энергетической эффективности горных предприятий.

Объектом исследования являются проекты, планируемые и реализуемые на горных предприятиях минерально-сырьевого комплекса Российской Федерации.

Основная научная идея работы. Экономическая оценка проектов повышения энергоэффективности на горных предприятиях должна основываться не только на критериях коммерческой эффективности, но и включать критерии, характеризующие вклад проекта в достижение целей устойчивого развития предприятия.

Задачи исследования:

1. Обосновать основные направления повышения энергоэффективности горных предприятий с учетом их специфики, анализа и

обобщения отечественных и зарубежных практик, факторов микро- и макросреды, влияющих на энергоэффективность.

2. Исследовать теоретические и методические основы повышения энергоэффективности горных предприятий в контексте концепций устойчивого развития и «энергетической трилеммы».

3. Дополнить признаки систематизации проектов повышения энергоэффективности.

4. Предложить критерии и показатели оценки проектов, направленных на повышение энергоэффективности горных предприятий.

5. Разработать методику многокритериальной экономической оценки проектов повышения энергоэффективности горного предприятия и выполнить ее апробацию.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Обоснованы целевые направления повышения энергоэффективности и сформулированы, для условий горных предприятий, принципы «энергетической трилеммы», позволяющие в качестве критериев его устойчивого развития определить: экономичность, экологичность, надежность и безопасность, гибкость.

2. Дано авторское определение категории «энергоэффективность», под которой понимается как состояние, так и способность предприятия, как экономической системы, соответственно отвечать критериям устойчивого развития и экономически эффективно использовать энергоресурсы.

3. Сформирован комплекс показателей оценки проектов повышения энергоэффективности, характеризующих уровень достижения критериев устойчивого развития; предложен авторский показатель, характеризующий критерий «гибкость».

4. Принципы экономической оценки проектов повышения энергоэффективности, дополнен принципом «вклада» в достижение ЦУР, который также должен быть оценен.

5. Разработана методика экономической оценки проектов, направленных на повышение энергоэффективности, учитывающая эффективность инвестиций в проект и достижение позитивной динамики показателей, характеризующих обоснованные критерии.

Полученные научные результаты соответствуют паспорту специальности 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономика промышленности) и соответствует пункту 2.14. «Проблемы повышения энергетической эффективности и использования альтернативных источников энергии» и пункту 2.11. «Формирование механизмов устойчивого развития экономики промышленных отраслей, комплексов, предприятий».

Научная значимость исследования состоит в развитии методов экономической оценки проектов повышения энергоэффективности на горных предприятиях.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке методики комплексной экономической оценки проектов, признаков систематизации информации о проектах для их паспортизации, выбора и включения в комплексные программы повышения энергоэффективности предприятий, а также комплекса показателей, характеризующих технологические, социальные, экологические результаты от внедрения проектов. Получен акт внедрения от 22.05.2024 г. в ООО «СЗТ-ПРОИЗВОДСТВО».

Методология и методы исследования

Теоретической основой диссертационного исследования послужили фундаментальные и прикладные исследования российских и зарубежных авторов в области устойчивого развития, повышения энергоэффективности производства, ресурсо- и энергосбережения, внедрения новых технологий повышения энергоэффективности предприятий, методов экономической оценки проектов.

В диссертации применялись методы и инструменты логического, структурного и динамического анализа, отраслевого анализа, статистические методы обработки данных, методы оценки экономической эффективности.

Положения, выносимые на защиту:

1. Основными направлениями повышения энергоэффективности горного предприятия, определенными на основе выявленной специфики хозяйственной деятельности и факторов бизнес-среды, отечественной и зарубежной практики, а также сформулированных для уровня предприятия принципов «энергетической трилеммы», рекомендуется считать: снижение расхода и повышение качества

потребляемых энергоресурсов, надежность и безопасность энергосистемы предприятия, а также гибкость управления ею.

2. Под повышением энергоэффективности горного предприятия следует понимать процесс и результат реализации проектов, обеспечивающих достижение обоснованных критериев экономичности, экологичности, надежности и безопасности, гибкости, а также выраженных в стоимостной форме технологических, социальных и экологических результатов, характеризующих эффективность использования энергоресурсов.

3. Экономическую оценку проектов повышения энергоэффективности рекомендуется выполнять на основе методического подхода, включающего разработанные принципы оценки проектов повышения энергоэффективности, комплекс показателей, учитывающих результаты проектов, систематизацию проектов и методику многокритериальной оценки их эффективности.

Степень достоверности и апробация результатов работы определяется соответствием методологии исследования основным положениям концепций устойчивого развития, ресурсо- и энергосбережения; обработкой и анализом достаточного объема фактических данных по исследуемой проблеме, опубликованных в научной литературе, содержащихся в государственных отчетах и докладах, официальной статистике и отчетах горных компаний. В работе использовались законодательные акты и нормативно-правовые документы Российской Федерации.

Апробация результатов. Главные идеи и научные результаты диссертационного исследования были представлены на следующих российских и международных научных конференциях:

- VIII Международная конференция «Менеджмент, экономика, этика, технология - МЕЕТ 2022» (г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет, 06-07 октября 2022 г.);
- III Международная научно-практическая конференция «Современные тенденции в развитии экономики энергетики» (Минск, Белорусский национальный технический университет, 01 декабря 2022 года);

• IX Международная конференция «Менеджмент, экономика, этика, технология - МЕЕТ 2023» (г. Санкт-Петербург, Санкт-Петербургский горный университет, 05-06 октября 2023 г.).

Личный вклад автора заключается в постановке цели и задач диссертационного исследования, разработке метода исследования, обобщении отечественного и зарубежного опыта реализации проектов повышения энергоэффективности, их систематизации, разработке методики экономической оценки различных эффектов реализации проектов, обработке полученных научных результатов и их апробации.

Публикация по работе. Результаты диссертационной работы в достаточной степени освещены в 5 печатных работах, в том числе в 3 статьях – в изданиях из перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук (далее – Перечень ВАК), в 2 статьях – в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus.

Структура работы. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и библиографического списка, содержит 134 страницы машинописного текста, 23 рисунка, 20 таблиц, список литературы из 222 наименований и 6 приложений на 20 страницах.

Благодарности

Автор выражает благодарность научному руководителю – к.э.н., доценту Невской М.А., зав. кафедрой организации и управления Череповицыну А.Е., профессору Пономаренко Т.В., профессору Хайкину М.М., а также всему коллективу кафедры организации и управления Санкт-Петербургского горного университета императрицы Екатерины II за помощь в подготовке диссертации.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы работы, сформулированы цель, задачи работы и научная новизна, раскрыты теоретическая и практическая значимость исследования и изложены основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе обосновываются основные направления повышения энергоэффективности на горных предприятиях на основе анализа обуславливающих ее условий и факторов, выявленной спе-

цифики горных предприятий, как объектов внедрения проектов, а также зарубежного и российского опыта разработки и реализации проектов.

Во второй главе анализируются теоретические и методические основы повышения энергетической эффективности горных предприятий: основные этапы развития концепций энергосбережения и повышения энергоэффективности, концепции устойчивого развития и «энергетической трилеммы»; выполняется анализ применяемых моделей и показателей оценки энергоэффективности, дается авторская формулировка категории энергоэффективности, обосновываются критерии ее оценки.

В третьей главе разрабатываются основные положения методического подхода к оценке проектов повышения энергоэффективности на горных предприятиях: обосновываются признаки систематизации и принцип оценки проектов, приводится методика многокритериальной экономической оценки проектов повышения энергоэффективности, обосновывается комплекс показателей, характеризующих критерии и результаты проектов.

На примере проектов, предлагаемых к реализации на предприятии «Албазино» (АО «Полиметалл») выполнена апробация разработанных рекомендаций.

В заключении представлены основные выводы и результаты работы.

Основные результаты отражены в следующих защищаемых положениях:

1. Основными направлениями повышения энергоэффективности горного предприятия, определенными на основе выявленной специфики хозяйственной деятельности и факторов бизнес-среды, отечественной и зарубежной практики, а также сформулированных для уровня предприятия принципов «энергетической трилеммы», рекомендуется считать: снижение расхода и повышение качества потребляемых энергоресурсов, надежность и безопасность энергосистемы предприятия, а также гибкость управления ею.

Тенденции развития энергетической системы и Энергетическая стратегия России до 2035 года определяют стратегические

направления развития энергетического сектора страны: диверсификацию источников энергии, развитие возобновляемых источников энергии, повышение энергоэффективности, модернизацию энергетической инфраструктуры и обеспечение энергетической безопасности, достижение технологической независимости.

Развитие технологий, в первую очередь, цифровых, расширяет возможности применения различных по масштабам проектов, направленных на повышение энергетической эффективности на различных технологических стадиях производственного процесса и объектах горного предприятия. При этом могут возникать дополнительные социальные, экологические и организационные результаты.

Характерной чертой горной промышленности Российской Федерации является опережающий рост энергопотребления по отношению к темпам роста промышленной продукции, доля затрат на энергоресурсы в среднем составляют 40%.

По некоторым крупным компаниям отмечается рост энергоёмкости продукции, что подтверждается отчётами об устойчивом развитии.

Такая ситуация объясняется спецификой горного предприятия (таблица 1), которая характеризуется: производственной структурой горнопромышленных комплексов, технологиями разработки месторождений, повышенными требованиями к безопасности производственных процессов (вентиляции, водоотливу, освещению и пр.), что с увеличением глубины разработки приводит к росту энергетических затрат на фоне роста цен на электрическую энергию (с 2017 по 2022 г. цены на электроэнергию выросли на 28%), сложностью производственных процессов и операций, необходимостью обеспечения их непрерывности, высоким уровнем механизации работ, необходимостью содержания социальной инфраструктуры, наличием собственной энергетической инфраструктуры, возможностью диверсификации источников энергии и применением гибридных технологий генерации.

Таблица 1 – Признаки, определяющие специфику горных предприятий как объектов энергопотребления

Признаки горных предприятий как объектов энергопотребления	Проявления специфических особенностей горных предприятий
Связь с объектом недропользования, который может быть расположен в отдалённых и труднодоступных районах	Необходимость создания надежных систем энергоснабжения для непрерывного обеспечения энергоресурсами производственной и социальной инфраструктуры.
Этапность и непрерывность производственного процесса	Повышенные требования к непрерывности энергоснабжения предприятий и промышленной безопасности
Особые условия труда (подземные)	Повышенные требования к безопасности условий труда: необходимость непрерывности энергообеспечения систем вентиляции, водоотлива, горного транспорта и пр., а также к надежности системы энергоснабжения
Высокий уровень механизации работ	Необходимость в более доступных источниках ввиду высокой энергоёмкости производственных процессов и операций
Сложность системы энергоснабжения	Повышенные требования к объектам внутреннего энергоснабжения, размещенным под землей

Специфика горных предприятий позволяет адаптировать для них принципы «энергетической трилеммы» - концепции устойчивого развития энергосистем стран, рекомендованной Мировым Энергетическим Советом:

– принцип «безопасность и надежность» - предусматривает непрерывность подачи энергии, недопустимость отключения от энергоисточников, соблюдение норм и стандартов безопасности;

– принцип «энергетическое равенство»: реализация мер по оптимизации энергопотребления между объектами инженерной и социальной инфраструктуры, входящих в имущественный комплекс горного предприятия, а также источников энергии;

– принцип «экологическая устойчивость»: разработка и внедрение технологий и процессов, направленных на снижение выбросов парниковых газов, токсичных веществ и других загрязнений в окружающую среду, рациональное использование энергии в производственных процессах, публичная отчетность и коммуникация об экологических инициативах.

Реализация проектов повышения энергоэффективности горных предприятий может быть осуществима или ограничена проявлением внешних и внутренних факторов (таблица 2).

Таблица 2 – Влияние факторов PESTEL – анализа на энергоэффективность горных предприятий. Источник: составлено автором

Внешние факторы (факторы макросреды)		
Фактор	Характер влияния	
	Положительное	Отрицательное
Рост цен на энергоносители	Стимулирование перехода к альтернативным источникам энергии	Рост затрат на энергоресурсы
Государственное регулирование и стандарты	Стимулирование разработки энергоэффективных мер	Рост вынужденных инвестиций
Технологический прогресс	Стимулирование внедрения инновационных технологий	Рост инвестиционных расходов

Продолжение таблицы 2

Ухудшение геополитической обстановки	Стимулирование отечественных разработок	Ограничение доступа к новейшим энергоэффективным технологиям
Природно-климатические условия	Возможность использования ВИЭ	Рост энергозатрат в сложных условиях
Структура энергетического рынка	Возможность диверсификации источников и повышения гибкости	Зависимость от цен на электроэнергию
Тарифная политика и ценовая зона	Снижение операционных расходов предприятия	Увеличение затрат на энергию
Внутренние факторы (факторы бизнес-среды)		
Энергетическая инфраструктура	Модернизация инфраструктуры и оборудования с применением энергосберегающих технологий	Дополнительные энергетические потери вследствие устаревания оборудования
Наличие источников инвестиции	Возможность реализации проектов повышения энергоэффективности	Уменьшение возможностей внедрения энергоэффективных технологий
Возможность контроля над потреблением	Устранение потерь энергии и сокращение энергопотребления	Ошибки при оценке необходимого энергопотребления и избыточные расходы

Продолжение таблицы 2

Способ отработки (подземный или открытый)	Диверсификация источников энергии	Дополнительные энергозатраты для обеспечения безопасности ведения горных работ
Производственная структура	Возможность повышения энергоэффективности в инфраструктуре, зданиях, транспорте и т.д.	Сложная структура требует большего контроля над энергопотреблением
Организационный фактор (энергетический менеджмент и энергоаудит)	Сокращение энергетической составляющей в общей структуре затрат предприятия	Возможные изменения в производственных процессах, требующих адаптации
Региональные и местные факторы	Налоговые льготы и субсидии от местных властей могут снизить затраты на энергоэффективные меры	Региональные законы и ужесточение нормативов ведет к росту инвестиционных затрат

В то же время, отечественный и зарубежный опыт свидетельствует об успешной реализации разномасштабных проектов в горной промышленности.

На основе анализа современных экономических трендов, факторов макро- и микросреды, специфики деятельности горных предприятий как объектов энергоснабжения, принципов «энергетической трилеммы» (ЭТ), а также зарубежного и отечественного опыта применения различных проектов сформулированы основные целевые направления повышения энергоэффективности горных предприятий, которые могут быть взяты за основу при разработке и реализации проектов:

- снижение расхода энергоресурсов;

- повышение качества потребляемых энергоресурсов, включая снижение потребления углеродосодержащих энергоресурсов;
- надежность и безопасность энергосистемы предприятия;
- гибкость энергосистемы предприятия.

2. Под повышением энергоэффективности горного предприятия следует понимать процесс и результат реализации проектов, обеспечивающих достижение обоснованных критериев экономичности, экологичности, надежности и безопасности, гибкости, а также выраженных в стоимостной форме технологических, социальных и экологических результатов, характеризующих эффективность использования энергоресурсов.

Повышение энергетической эффективности является одним из основных условий развития экономики, ее секторов и отдельных хозяйствующих субъектов, отраженное как в государственных программах и стратегиях, так и в программах достижения целей устойчивого развития крупных компаний, включая горные.

Изначально выступая как самостоятельная концепция, в настоящее время повышение энергетической эффективности рассматривается как часть концепции устойчивого развития. В этой связи энергоэффективность рассматривается как одна из базовых категорий устойчивого развития.

Обобщение подходов к определению категории энергоэффективности позволяет сделать вывод о том, что, как экономическая категория, она может рассматриваться в двух аспектах: как «состояние» экономической системы и как ее «способность». Автором сформулированы следующие определения «энергоэффективности» (рисунок 1):

1. Энергоэффективность — это *состояние* предприятия (как экономической системы — ЭС), отвечающее критериям экономичности, экологичности, технологической надежности и безопасности и гибкости.

2. Энергоэффективность – *способность* предприятия (как экономической системы) экономически эффективно использовать энергетические ресурсы для получения технологических, экологических, социальных и организационных результатов, позволяющих достичь поставленных целей устойчивого развития (ЦУР).

Из данных определений следует, что *повышение энергоэффективности* можно рассматривать как процесс перехода ЭС предприятия из одного состояния в другое для достижения заданных критериев; как планируемые результаты использования энергетических ресурсов.

Изменение состояния системы и достижение конкретного результата обеспечивается реализацией проектов, направленных на повышение энергетической эффективности предприятия.

Комплексный результат реализации проектов повышения энергоэффективности на горных предприятиях основывается на критериях экономичности, экологичности, технологической надежности и безопасности и гибкости.

Под экономичностью понимается способность предприятия использовать энергию или другие ресурсы максимально эффективно и с минимальными потерями.

Экологичность – это оценочная мера, определяющая степень негативного воздействия определенной технологии, продукции или процесса на окружающую среду.

Гибкость энергосистемы предприятия — это способность энергосистемы предприятия к регулированию объемов и качества потребляемых энергоресурсов в соответствии с изменениями внутренних потребностей и влияния внешней среды.

Надежность энергетической системы предприятия является комплексным свойством и определяется как способность энергосистемы выполнять функции по производству, передаче, распределению и снабжению потребителей электрической энергией в требуемом количестве и нормированного качества путем взаимодействия генерирующих установок, электрических сетей и электроустановок потребителей.



Рисунок 1 – Концептуальная схема оценки достижения ЦУР предприятия с применением экономической категории «энергоэффективность»

3. Экономическую оценку проектов повышения энергоэффективности рекомендуется выполнять на основе методического подхода, включающего разработанные принципы оценки проектов повышения энергоэффективности, комплекс показателей, учитывающих результаты проектов, систематизацию проектов и методику многокритериальной оценки их эффективности.

Методический подход предполагает установление логической связи между целями устойчивого развития горной компании, целями, результатами и экономической эффективностью проектов, связанных с повышением энергоэффективности горного предприятия.

Общая схема методического подхода представлена на рисунке 2 и включает несколько этапов.

На первом этапе устанавливаются целевые ориентиры повышения энергоэффективности горного предприятия.

На втором этапе анализируются факторы макро- и микросреды, проводится систематизация проектов по различным признакам (таблица 3). Исходя из систематизации проектов, выбирается конкретный набор показателей и методики их расчета.

В работе предлагается 2 группы признаков: первая группа - целевое направление и ожидаемые результаты – необходимы для определения основных целей и ожидаемых результатов от внедрения проектов. Эти признаки позволяют четко формулировать задачи и оценивать эффективность проекта.

Признак «целевое направление» (*предложен автором*) обусловлен глобальными задачами, которые решаются при реализации проектов, направленных на повышение энергоэффективности. При этом достижение цели «снижение потребления энергоресурсов» может обеспечиваться как за счет внедрения новых технологий (интенсивное энергосбережение), так и путем организационных преобразований (экстенсивное энергосбережение). Цель «повышение качества потребляемых и производимых энергоресурсов» предусматривает повышение качества источников (первичные энергоресурсы) и более эффективное преобразование энергии (вторичные энергоресурсы).

Признак «результат» (*предложен автором*) позволяет выделить и обобщить возможные результаты проектов, имеющих различные цели.

Вторая группа признаков служит для более детальной паспортизации и учета проектов.

На третьем этапе устанавливаются критериальные показатели - индикаторы, характеризующие критерии экономичность, экологичность, надежность и безопасность и гибкость. В качестве критериальных показателей оценки применяется абсолютный прирост, в %, каждого показателя, выраженного в натуральных единицах измерения, и характеризующий ожидаемую динамику в результате реализации проекта.

Таблица 3 – Систематизация проектов повышения энергетической эффективности

Признаки систематизации проектов	Группы проектов	Подгруппы
Целевое направление	снижение потребления энергоресурсов	экстенсивное энергосбережение
		интенсивное энергосбережение
	повышение качества потребляемых и производимых энергоресурсов	улучшение качества источника энергии
		повышение эффективности преобразования энергии
	повышение надежности и безопасности энергосистемы предприятия	
	повышение гибкости управления энергоресурсами и энергосистемой	
Ожидаемые результаты	технологические, экологические, социальные, организационные	
Отношение к производственному процессу	в основном производстве, во вспомогательном производстве, в обслуживающих процессах, в логистических и транспортных операциях	
Характер проектных мероприятий	организационные, технологические, технические, экономические	
Характер проявления результатов	основной результат, дополнительный результат, комплексный результат	
Уровень реализации проекта	технологический процесс, производственный процесс, предприятие, компания	
Масштаб проекта	мелкомасштабные, среднемасштабные, крупномасштабные	

Проект повышения энергоэффективности считается экономически эффективным, если:

1) проект соответствует одному из критериев достижения ЦУР (достаточное условие), т.е. вносит «вклад» в достижение указанных целей. В качестве оценочных показателей принимаются показатели - индикаторы, характеризующие степень достижения ЦУР, устанавливаемых компанией (отношение фактически достигнутого результата к установленному).

Учитывая, что в работе введены дополнительные критерии гибкость и надежность, которые не включены в отчеты компаний, предлагается оценивать положительную динамику показателей, характеризующих данные критерии;

2) при экономической оценке проекта, требующего инвестиций, обеспечивается положительный чистый дисконтированный доход (ЧДД) (положительное значение – необходимое, но не достаточное условие), при этом должны быть максимально учтены все дополнительные результаты проекта (технологические, экологические, социальные, организационные).

На четвертом этапе выполняется многокритериальная оценка проекта, позволяющая учесть максимальный «вклад» проекта повышения энергоэффективности в достижение поставленных целей и экономическую оценку результатов проектов.

Методика строится на двухуровневой системе критериев и показателей оценки (рисунок 3):

1. Критерий первого уровня – степень достижения целей проекта в соответствии с ЦУР и ЭТ. Показатели первого уровня – индикаторы, характеризующие данный критерий.

2. Критерии и показатели, характеризующие результаты и экономические результаты проектов, применяемые для оценки его экономической эффективности.

Выбор показателей для оценки проектов повышения энергоэффективности определяется:

– целями в области ЦУР, которые ставит перед собой компания;

– уровнем решаемых задач (технический, технологический, производственный, предприятия в целом, уровень компании);

- конкретного способа достижения поставленных целей;
- развитием методического аппарата оценки проектов.

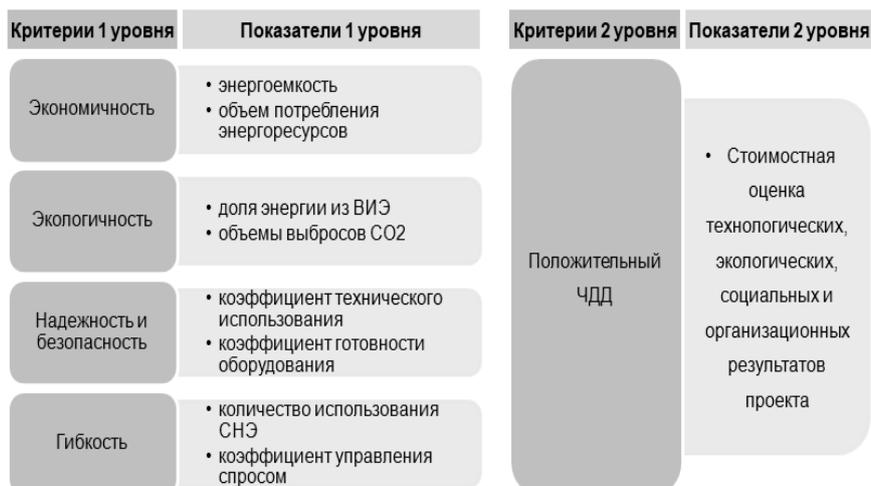


Рисунок 3 – Двухуровневая система показателей оценки проектов повышения энергоэффективности

Методика предполагает последовательность определенных шагов:

Шаг 1. Определение критериев и соответствующих показателей.

Выбор показателей в соответствии с условиями деятельности компании.

С учетом результатов выполненного анализа научной литературы, а также отчетности по устойчивому развитию крупных компаний, предлагается в качестве показателей - индикаторов, характеризующих достижение ЦУР в результате реализации проекта по четырем критериям, применять следующие показатели (таблица 4):

1) для оценки по критерию «экономичность»:

а) энергоёмкость продукции - индикатор определяется как снижение энергоёмкости, достигаемое за счет реализации проекта в соответствии с ЦУР;

б) объём потребления энергоресурсов – индикатор определяется снижением объемов потребления энергоресурсов при сохра-

нении текущего показателя энергоэффективности или его улучшения.

2) для оценки по критерию «экологичность»:

а) доля энергии, получаемой из возобновляемых источников - индикатор определяется как увеличение этой доли в соответствии с ЦУР;

Таблица 4 – Показатели, характеризующие критерии оценки

Кри-терий	Показа-тель	Формула	Приме-чания
Эконо-мич-ность	Энерго-емкость продукции	$\mathcal{E}_{\text{пр}} = \frac{\sum W_j}{G_{\text{пр}}}$	W _j - потребление ТЭР j-вида, приведенных к условным единицам, т.у.т. G _{пр} - количество выпущенной продукции, руб.
	Объем потребления энергоресурсов	$\sum W_j$	
Эколо-гич-ность	Доля энергии из ВИЭ	$E = \frac{E_{\text{RES}}}{E}$	E _{RES} – энергия из низкоуглеродных источников, Дж E – общий объем энергии, Дж
	Объемов выбросов CO ₂	$V_{\text{CO}_2} = V_{\text{CO}_2 1} - V_{\text{CO}_2 2}$	V _{CO₂ 1} - объем выбросов CO ₂ без применения технологии, тонн V _{CO₂ 2} - объем выбросов CO ₂ с применением технологии, тонн

Продолжение таблицы 4

Надежность и безопасность	Коэффициент технического использования	$P(t) = \frac{t}{T}$	t – количество часов безотказной работы оборудования, ч. T – режимный фонд рабочего времени всего энергооборудования и установок за год, ч.
	Коэффициент готовности оборудования	$K_g = \frac{t_w}{t_w + t_p}$	t _w – время исправной работы, ч t _p – время вынужденного простоя, ч
Гибкость	Коэффициент использования СНЭ	$K_{\text{СНЭ}} = \frac{t_{\text{ESS}}}{24} \times 100\%$	t _{ESS} – количество часов получения энергии из СНЭ, час
	Коэффициент управления спросом	$R_d = \frac{\sum P_{\text{reduced}}}{\sum P_{\text{total}}} \times 100\%$	P _{reduced} – мощность, уменьшаемая по запросу, Вт P _{total} – общая мощность, Вт

б) снижение объемов выбросов CO₂, а также вредных выбросов;

3) для оценки по критерию «надежность и безопасность»:

а) коэффициент технического использования – индикатор определяется как повышение коэффициента;

б) коэффициент готовности - индикатор определяется как повышение коэффициента готовности оборудования.

4) для оценки по критерию «гибкость» (предложены автором):

а) коэффициент использования систем накопления энергии (СНЭ) - индикатор определяется как рост;

б) коэффициент управления спросом – способность системы управлять спросом для балансирования генерации и потребления.

Шаг 2. Разработка шкалы для показателей 1 уровня.

Для оценки положительной динамики показателей применяется 10-балльная шкала. Поскольку изменение показателя, характеризующего вклад проекта в достижение ЦУР, зависит от технических (технологических, организационных) возможностей и условий реализации самого проекта, а также логики построения показателя-индикатора, «ценность» одного балла для каждого показателя будет своя.

Например, переход на безуглеродные источники энергии позволят на 100% снизить объемы выбросов CO₂, в то же время, как показывают результаты анализа практики внедрения энергоэффективных проектов, потенциал снижения энергоемкости на горных предприятиях может достигать 40%. Поэтому «ценность» 1 балла в первом случае определяется в интервале 0–10; во втором 0–4 (таблица 5).

Таблица 5 – Показатели балльной оценки критериев 1 уровня

Показатели	Диапазон изменения показателя
Энергоемкость	0 – 40%
Объем потребления энергоресурсов	0 – 30%
Доля энергии из ВИЭ	0 – 10%
Объемы выбросов CO ₂	0 – 100%
Коэффициент технического использования	0 – 100%
Коэффициент готовности	0 – 100%
Отношение времени использования энергии из накопителя к продолжительности суток	0–40%
Коэффициент управления спросом	0 – 10%

Шаг 3. Определяется сумма баллов по проекту, которая характеризует степень достижения ЦУР.

Шаг 4. Оценка экономической эффективности проекта по критериям 2 уровня.

Основным критерием оценки проектов является положительное значение чистого дисконтированного дохода.

Оценка экономической эффективности проектов предполагает применение традиционной методики оценки эффективности инвестиционных проектов с расчетом ЧДД (1):

$$\sum_t^T \text{ЧДД}_t = \sum_{t=0}^T \frac{E_t \cdot (1 - H_{\text{п}}) + A_t + Л_t}{(1 + i)^t} - \sum_{t=0}^T K_t > 0, \quad (1)$$

где ЧДД_t – чистый дисконтированный доход в момент времени t ;

E_t – экономический эффект в момент времени t ;

T – расчетный период;

i – ставка дисконтирования;

A_t – амортизация в момент времени t ;

$Л_t$ – ликвидационная стоимость проекта в момент времени t ;

$H_{\text{п}}$ – ставка налога на прибыль в долях;

K_t – объем инвестиций в проект в момент времени t .

Модель оценки экономического эффекта проекта представляет собой разность между текущими комплексными экономическими результатами и затратами на их достижение (2):

$$E_t = R_{\text{et}_t} + R_{\text{ee}_t} + R_{\text{es}_t} + R_{\text{eo}_t} - \sum_{m=1}^M C_{m_t}, \quad (2)$$

где E_t – экономический эффект от реализации проекта в момент времени t ;

R_{et_t} – экономическая оценка технологического результата;

R_{ee_t} – экономическая оценка экологического результата;

R_{es_t} – экономическая оценка социального результата;

R_{eo_t} – экономическая оценка организационного результата;

$\sum_{m=1}^M C_{m,t}$ - суммарные текущие затраты по проекту, связанные с получением различных результатов.

Сформированный комплекс показателей (таблица 6) и расчетных моделей, который может быть применим при оценке экономической эффективности проектов (особенно, малых), предназначен для оценки результатов проектов, прежде всего на уровне технологий, процессов и структурных подразделений предприятия. Однако существует необходимость в формировании и интеграции более обширного и логически связанного набора критериев, которые смогут обеспечить не только качественную оценку достигнутых результатов, но также позволят проводить всесторонний анализ экономических выгод и эффектов. Поэтому, по мере развития технологий и расширения источников информации, комплекс показателей может дополняться новыми.

На примере предприятия «Албазинский ГОК» (АО «Полиметалл») выполнена экономическая оценка проектов, направленных на повышение энергоэффективности предприятия.

Автором предлагается базовый вариант - проект строительства энерготехнологического комплекса дополнить следующими проектом: на территории Албазинского ГОК заменить энергообеспечение насосной станции с номинальной мощностью 100 кВт ВИЭ.

Однако данные источники энергии характеризуются невозможностью выработки энергии круглосуточно. На сегодняшний день для покрытия необходимого спроса на энергию применяются дизель-генераторные установки. В рамках данного моделирования предлагается использовать систему накопления энергии (СНЭ) совместно с ВИЭ.

Результаты реализации базового и предлагаемого проектов представлены в таблице 7 и 8.

В результате расчетов базовый проект получил в сумме 20 баллов при инвестициях в размере 1.2 млрд. руб., дополненный проект – 30 баллов при инвестициях в размере 1.279 млрд. руб.

Поэтому второй вариант проекта является предпочтительным и может быть рекомендован к реализации в целях повышения энергоэффективности и устойчивого развития горного предприятия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертация представляет собой научную работу, в которой предлагается решение актуальной научной задачи по обоснованию комплексной экономической оценки проектов повышения энергетической эффективности на основе монетизации нефинансовых выгод. По результатам выполнения диссертационной работы сделаны следующие выводы и рекомендации:

1. Установлено, что горные предприятия, как объекты энергопотребления имеют специфические особенности (признаки), среди которых можно выделить: сложность и непрерывность производственного процесса, высокий уровень механизации, особые условия труда, содержание объектов социальной инфраструктуры, сложность системы энергоснабжения, высокие энергозатраты на обеспечение производственных процессов.

2. Выявлено, что повышение энергоэффективности горных предприятий может быть осуществимо или ограничено в зависимости от взаимодействия множества внешних и внутренних факторов, определяющих степень адаптивности и устойчивости систем управления энергопотреблением и эффективность внедрения проектов.

3. Определены основные целевые направления повышения энергоэффективности на горных предприятиях: снижение потребления энергоресурсов, повышение качества энергоресурсов, повышение надежности и безопасности энергосистемы предприятия, повышение гибкости управления энергоресурсами и энергосистемой.

4. Дано авторское определение энергоэффективности как экономической категории на основании рассмотрения этапов развития концепции энергоэффективности, анализа существующих определений и принципов «энергетической трилеммы» для уровня предприятия.

5. Предложен методический подход к оценке проектов повышения энергоэффективности, основанный на систематизации проектов, сформированного комплекса показателей и расчетных моделей, который позволяет учесть различные результаты проектов (технологические, экологические, социальные, организационные) и разработанной методике многокритериальной оценки.

6. Выполнена апробация разработанной методики многокритериальной оценки на примере предприятия - «Албазинский ГОК», входящего в структуру АО «Полиметалл». Результаты оценки показали, что комплекс проектов с позиции достижения ЦУР предприятия, является более предпочтительным и при наличии источников финансирования может быть рекомендован к реализации.

Перспективами дальнейшего исследования может выступать совершенствование методики экономической оценки проектов повышения энергоэффективности, в частности, в расширении перечня показателей оценки технологических, экологических, социальных и организационных результатов внедрения проектов. Повышение надежности и безопасности, гибкости энергосистемы являются современными направлениями повышения энергоэффективности горных предприятий, что требует разработки универсальных показателей оценки данных критериев.

СПИСОК ОСНОВНЫХ РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Публикации в изданиях из Перечня ВАК:

1. Виноградова, В.В. Направления развития рынка электроэнергии Российской Федерации в условиях цифровизации / В.В. Виноградова, **С.М. Райхлин**, М.А. Невская // Экономика и предпринимательство. – 2022. – С. 176–187. – DOI: 10.34925/EIP.2022.141.4.032.

2. Райхлин, С.М. Управление спросом на электроэнергию как направление в развитии подходов к повышению энергоэффективности в России / **С. М. Райхлин**, М. А. Невская, В. В. Виноградова, М. М. Хайкин // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. – 2022. – № 12. – С. 240-245. – EDN YCPOPQ.

3. Невская, М.А. Методические аспекты экономической оценки проектов повышения энергоэффективности на горных предприятиях / М.А. Невская, **С.М. Райхлин** // Экономика, предпринимательство и право. – 2024. – Том 14. – № 6. – DOI: 10.18334/ep.14.6.121003.

Публикации в изданиях, входящих в международную базу данных и систему цитирования Scopus:

4. Nevskaya, M. A Study of Factors Affecting National Energy Efficiency / M. Nevskaya, **S. Raikhlin**, V. Vinogradova,; V. Belyaev, M.

Khaikin // *Energies*. – 2023. – Vol. 16. – №. 13. – P. 5170. – DOI: 10.3390/en16135170

5. Kirsanova, N. Sustainable Development of Mining Regions in the Arctic Zone of the Russian Federation / N. Kirsanova, M. Nevskaya, **S. Raikhlin** // *Sustainability*. – 2024. – Vol. 16. – № 5. – P. 2060. – DOI: 10.3390/su16052060

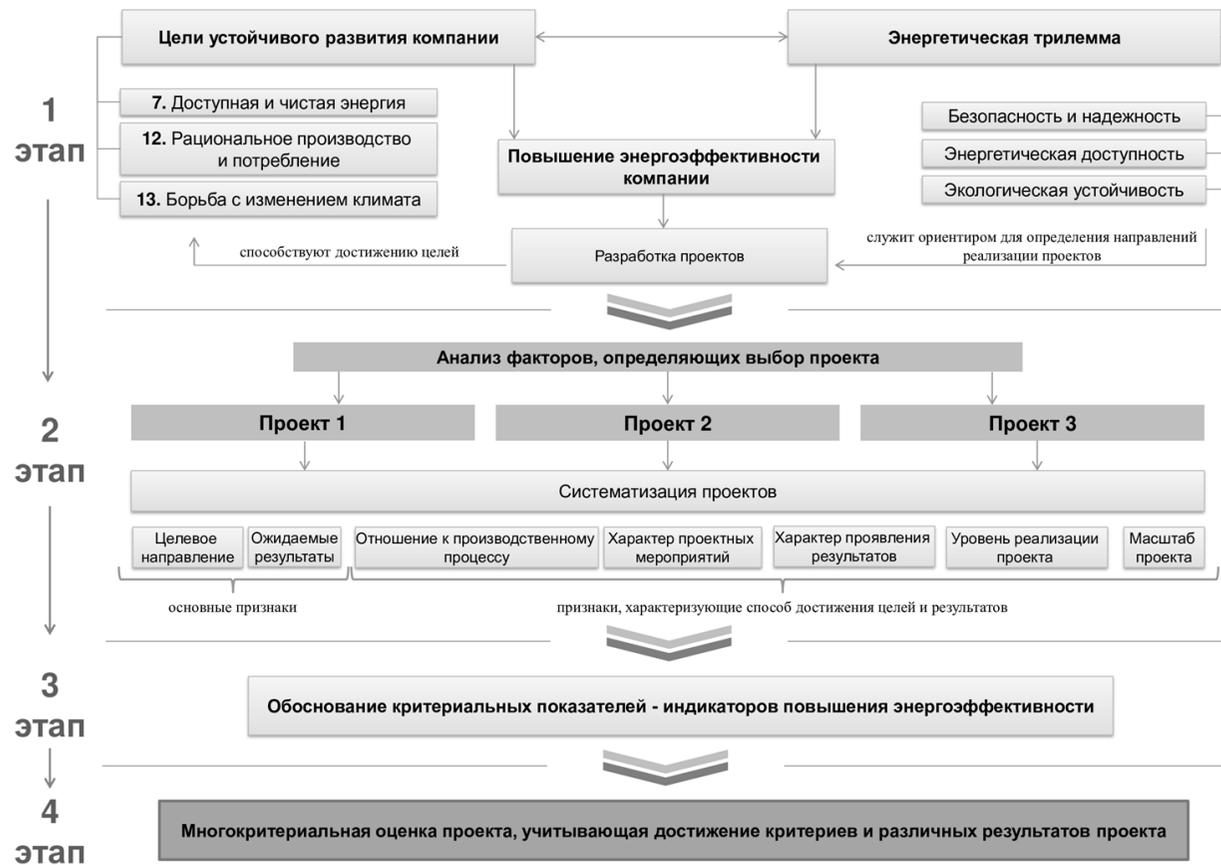


Рисунок 2 – Методический подход к оценке проектов

Таблица 6 – Результаты проектов повышения энергетической эффективности и их оценка

Возможные результаты проекта	Критерии оценки результата	Показатели экономической оценки результата	Примечание
Технологический	повышение коэффициента готовности оборудования	$R_{et}^1 = \Delta t_p \cdot Q_p \cdot C_p$ увеличение объемов производства продукции за счет снижения времени простоев	Δt_p – сокращение времени простоя, ч Q_p – объем производства продукции, ед. пр. C_p – себестоимость единицы продукции, руб/ед.

Продолжение таблицы 6

	увеличение средней наработки на отказ	$R_{et}^2 = \Delta t_i \cdot Q_P \cdot C_P$ увеличение объемов производства продукции за счет увеличения времени работы оборудования	Δt_i – увеличение продолжительности работы оборудования до наступления отказа i , ч. Q_P – объем производства продукции, ед. пр. C_P – себестоимость единицы продукции, руб/ед.
	повышение вероятности безотказной работы оборудования	$R_{et}^3 = \Delta n(t) \cdot C_r$ снижение затрат на ремонт оборудования за счет сокращения числа отказов оборудования	$\Delta n(t)$ – сокращение числа объектов, отказавших к моменту t , ед C_r – затраты на ремонт оборудования в результате отказа, руб/м
	увеличение срока службы дизель-генераторной установки (ДГУ)	$R_{ee}^4 = \Delta A = A_1 - A_2$ экономия за счет снижения амортизационных платежей	A_1 – амортизационные отчисления без применения технологии, руб. A_2 – амортизационные отчисления с применением технологии, руб.
	повышение коэффициента полезного действия энергоустановки	$R_{et}^5 = \Delta E \cdot C_E$ экономия энергоресурсов	ΔE – экономия энергоресурсов, Дж C_E – цена энергоресурса, руб/Дж
	увеличение доли накопления электроэнергии	$R_{et}^6 = \Delta d \cdot Q_E \cdot (P_{peak} - P_{off-peak}/\eta)$ снижение платы за потребление электроэнергии в часы пиковых нагрузок	Δd – увеличение доли накопления энергии, Вт Q_E – общий объем потребления электроэнергии, кВт P_{peak} – цена электроэнергии в пиковый период, руб/кВт·ч $P_{off-peak}$ – цена электроэнергии в непииковый период, руб/кВт·ч η – коэффициент полезного действия накопителя
	снижение расхода топлива	$R_{ee}^7 = \Delta Q \cdot P_T$ снижение затрат на топлива	Q – объем потребления топлива, л. P_T – цена топлива, руб/л
	снижение потерь электроэнергии	$R_{ee}^8 = \Delta E \cdot P_{kWh}$ снижение затрат на электроэнергию	E – объем потребления электроэнергии, кВт·ч P_{kWh} – цена электроэнергии за 1 киловатт-час, руб/кВт·ч
Экологический	снижение количества вредных выбросов при сжигании топлива двигателем	$R_{eec}^9 = \Delta V_{CO_2} \cdot P_e$ снижение платы за выбросы	V_{CO_2} – объем выбросов CO_2 , тонн P_e – цена за выбросы, руб/тонн
	улучшение структуры потребляемых энергоисточников	$R_{eec}^{10} = \pm P_{RES} \cdot \Delta Q_{res}$ экономия (затраты) при использовании возобновляемых источников энергии	P_{RES} – цена возобновляемых источников энергии, руб/Дж ΔQ_{res} – изменение объема возобновляемых ресурсов, Дж

Продолжение таблицы 6

Социальный	повышение уровня квалификации работников	$R_{es}^{11} = (Z - \frac{Z \cdot i_z}{i_L}) \cdot Q_p$ снижение затрат за счет роста производительности труда	Z - затраты по статье «зарплата» в текущем году в расчете на 1 руб. товарной продукции, руб i_z - индекс заработной платы i_L - индекс производительности труда Q_p - выпуск продукции в плановом году в оптовых ценах предприятия, ед. пр.
Организационный	сокращение потерь рабочего времени работника	$R_{eo}^{12} = \Delta t \cdot Q_p \cdot C_p$	Δt – количество рабочего времени, затраченного на производство продукции, чел.-ч. Q_p – объем производства продукции, ед. пр./чел. – ч. C_p – себестоимость единицы продукции, руб/ед.
	сокращение неэффективных рабочих мест	$R_{eo}^{13} = \Delta n \cdot Z_w$	Δn – количество сокращенных неэффективных рабочих мест Z_w – средняя заработная плата на одного сокращенного работника, руб.
	энергосберегающее поведение и активное участие в проектах по снижению энергопотребления	$R_{eo}^{14} = \Delta N \cdot \Delta B \cdot P_{en}$ снижение затрат на подготовку персонала	N – количество человек, задействованных в организационных мерах, ед. B – объем энергоресурсов, приходящихся на 1 работника, ед. изм./чел P_{en} - цена энергоресурсов, руб/ед. изм.

Таблица 7 – Результаты экономической оценки базового проекта повышения энергоэффективности на Албазинском ГОКе

Критерий	Показатель	Изменение показателя	Баллы показателя	Баллы критерия	Объем инвестиций, млрд. руб.	Кумулятивный ЧДД, млрд. руб.
Проект строительства электроэнергетического комплекса						
Экономичность	Энергоемкость	не изменяется	0	10	1, 2	3,5
	Объем потребления энергоресурсов	снижается на 66%	10			
Экологичность	Доля энергии из ВИЭ	не изменяется	0	10		
	Объемы выбросов CO ₂	объем выбросов в охвате 1 снижаются на 100%	10			

Продолжение таблицы 7

Надежность и безопасность	Коэффициент технического использования	не изменяется	0	0		
	Коэффициент готовности	не изменяется	0			
Гибкость	Доля СНЭ	не изменяется	0	0		
	Коэффициент управления спросом	не изменяется	0			
Итого				20	1,2	3,5

Таблица 8 – Результаты экономической оценки дополненного проекта повышения энергоэффективности на Албазинском ГОКе

Критерий	Показатель	Изменение показателя	Баллы показателя	Баллы критерия	Объем инвестиций, млрд	Кумулятивный ЧДД, млрд. руб.
Проект строительства электроэнергетического комплекса, применения ВИЭ и СНЭ						
Экономичность	Энергоемкость	не изменяется	0	10	1,2 (базовый проект) 0,079 (дополнительный проект)	1,2 (базовый проект) 0,094 (дополнительный проект)
	Объем потребления энергоресурсов	снижается на 66%	10			
Экологичность	Доля энергии из ВИЭ	растет на 0.02%	1	11		
	Объемы выбросов CO ₂	объем выбросов в охвате 1 снижаются на 100%	10			
Надежность и безопасность	Коэффициент технического использования	не изменяется	0	0		
	Коэффициент готовности	не изменяется	0			
Гибкость	Доля СНЭ	растет на 33%	8	8		
	Коэффициент управления спросом	не изменяется	0			
Итого				29	1,279	1,294