

## Энергоэффективность медных компаний России как основа обеспечения их глобальной конкурентоспособности

*В. В. Криворотов<sup>1</sup> , А. В. Калина<sup>1</sup> ✉, С. Е. Ерыпалов<sup>2</sup> , П. А. Корякина<sup>1</sup> *

*<sup>1</sup>Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург, Россия*

*<sup>2</sup>Уральская горно-металлургическая компания,  
г. Верхняя Пышма, Россия  
✉ alexkalina74@mail.ru*

**Аннотация.** Целью настоящего исследования является разработка методического инструментария и проведение оценки энергоэффективности отечественных медных компаний в сравнении с ведущими мировыми конкурентами как основы обеспечения их конкурентного развития. Показано, что в современных условиях определяющим вектором экономического развития в ведущих странах мира является концепция низкоуглеродного развития и реализация модели «зеленой экономики», базирующейся на внедрении энергоэффективных низкоуглеродных технологий, которые обеспечивают снижение энергоемкости и уровня выбросов парниковых газов, на повсеместном проведении политики энергосбережения и стимулировании рационального использования энергоресурсов. Предложен научно-методический подход к исследованию и повышению конкурентоспособности компаний на основе их энергоэффективного развития, базирующийся на использовании системного подхода и принципа обратной связи между конкурентоспособностью компании и реализацией стратегии ее энергоэффективного развития; выделены и описаны основные блоки предлагаемого подхода. Разработан методический подход к оценке энергоэффективности компаний, базирующийся на использовании индикативного анализа и проведении сравнительного анализа показателей энергоэффективности компании в сравнении с ведущими конкурентами. В рамках разработанной методики предложена система показателей энергоэффективности компании, в основу которой положено проведение трехуровневой оценки на следующих уровнях: уровень производственного комплекса в целом; уровень отдельных видов продукции, выпускаемых производственным комплексом; уровень технологического процесса по производству продукции. В рамках рассмотренной трехуровневой системы сформирована блочная система показателей энергоэффективности компании. Предложена концептуальная схема методики многокритериального отбора приоритетных энергоэффективных проектов развития компании, основанная на проведении сложной многоэтапной процедуры, в результате реализации которой производится выбор того набора проектов, который обеспечит максимальный эффект с позиций роста энергоэффективности компании. Практическая апробация предложенных методических разработок проведена применительно к Уральской горно-металлургической компании – крупнейшей отечественной компании в сфере производства меди и изделий из нее – в сравнении с ведущими мировыми конкурентами. Результаты апробации показали существенное отставание компании по ряду ключевых показателей энергоэффективности от ведущих мировых производителей.

**Ключевые слова:** медные компании; энергоэффективность; показатели энергоэффективности; сравнительная оценка; энергоэффективные проекты; конкурентоспособность.

## 1. Введение

В последние десятилетия в литературе широко развернулась полемика, в ходе которой специалисты и представители общественности остро обсуждают проблемы изменения климата, связанные в первую очередь со сжиганием ископаемого топлива, а также цены на энергоресурсы и вопросы энергетической безопасности. Результатом полемики явилась целая волна научных и практических работ по проблемам энергоэффективности и публикация большого количества соответствующих материалов и информации.

Повышенное внимание к проблемам энергоэффективности производственного сектора имеет немало причин. Прежде всего это постоянный рост объемов промышленного производства, нестабильность цен и собственно ограниченность запасов энергоресурсов. Кроме того, физический и моральный износ основных фондов, особенно их активной части, влечет за собой подчас существенное увеличение потребления топливно-энергетических ресурсов, что, в свою очередь, ведет к повышению энергоемкости выпускаемой продукции и, соответственно, ее стоимости для конечного потребителя. Разумеется, подобные обстоятельства негативно сказываются на показателях конкурентоспособности компаний, заставляя их искать пути всемерного повышения энергоэффективности производства.

Как следствие, в современных условиях определяющим вектором экономического развития в ведущих странах мира является концепция низко-углеродного развития и реализация модели зеленой экономики, базирующейся на внедрении энергоэффективных низкоуглеродных технологий, которые обеспечивают снижение энергоемкости и уровня выбросов парниковых газов, на повсеместном проведении политики

энергосбережения и стимулировании рационального использования энергоресурсов. Поскольку на сегодняшний день энергоемкость российской экономики в 2–3 раза превышает аналогичные показатели развитых стран, то именно с реализацией стратегии низкоуглеродного энергоэффективного развития во многом связывается возможный рост конкурентоспособности российских компаний с поэтапным достижением ими показателей ведущих мировых аналогов.

Одними из наиболее энергоемких компаний, для которых вопросы энергоэффективности имеют первостепенное значение, являются компании, работающие в сфере металлургического производства (черная и цветная металлургия). Как следствие, энергоэффективное развитие таких компаний является важнейшей задачей как для самих компаний, так и для построения модели зеленой экономики в страновом масштабе.

В таких условиях особую важность приобретает задача мониторинга энергоэффективности как на уровне экономики страны в целом, так и на уровне отдельных предприятий и компаний. Такой мониторинг должен основываться на научно обоснованном методическом инструментарии и соответствующей ему системе показателей энергоэффективности, которая комплексно охватывает различные стороны потребления энергоресурсов и управления энергоэффективным развитием компании. С другой стороны, необходимо отметить, что на сегодняшний день в мировой науке нет единой трактовки понятия «энергоэффективность». Соответственно, нет единого универсального подхода к оценке энергоэффективности компаний.

В то же время заметим, что в подавляющей части современных исследований по проблемам энергоэффективности как на уровне стран и регионов,

так и на уровне отдельных предприятий, производственных комплексов (ПК) и компаний продвигается сходный подход к оценке энергоэффективности, а именно: проведение оценки по заранее отобранному набору индикаторов (показателей) энергоэффективности и сравнение полученных оценок с аналогичными объектами. Вместе с тем состав показателей энергоэффективности, а также принципы и алгоритмы проведения оценки в различных подходах могут существенно отличаться.

Таким образом, *целью проводимого исследования* является разработка методического инструментария и проведение оценки энергоэффективности отечественных медных компаний в сравнении с ведущими мировыми конкурентами как основы обеспечения их конкурентного развития.

*Гипотеза исследования* – в современных условиях низкоуглеродного развития мировой экономики и перехода к модели зеленой экономики энергоэффективность компаний становится ключевым критерием и важнейшим направлением, лежащим в основе их конкурентного развития и обеспечения конкурентоспособности.

В соответствии с поставленной целью и выдвинутой гипотезой построена структура статьи. В первом разделе (введение) обоснована актуальность проводимого исследования, приведены цель и гипотеза исследования. Во втором разделе проведен обзор исследований по проблемам оценки и управления энергоэффективностью предприятий и компаний. В третьем разделе рассмотрен научно-методический подход к оценке энергоэффективности и повышению конкурентоспособности компаний на основе их энергоэффективного развития. В четвертом разделе приведены результаты практической апробации предлагаемых разработок

применительно к крупнейшей отечественной компании, работающей в сфере производства меди и изделий из нее – Уральской горно-металлургической компании (УГМК), в сравнении с ведущими мировыми конкурентами. В пятом разделе содержатся основные выводы по результатам проведенного исследования.

## 2. Обзор литературы

Один из первых подходов к оценке энергоэффективности был развит М. Х. Чоджоем в работе «Энергосбережение в промышленности». В частности, автором были предложены и рассмотрены алгоритмы расчета таких показателей, как отношение расхода энергии к ВВП и на душу населения, удельный расход энергии к приросту ВВП, расход энергии на единицу произведенной продукции и др. [1]. В современных условиях эти показатели являются важнейшими показателями энергоэффективности национальной экономики в целом и ее производственного сектора (в том числе отдельных предприятий и компаний) в частности.

Также следует отметить, что в подавляющей части современных взглядов на эту проблему энергоэффективности продвигается во многом сходный подход к ее оценке, а именно: проведение оценки по заранее отобранному набору индикаторов (показателей) энергоэффективности и сравнение полученных оценок с аналогичными объектами или эталонными (нормативными) значениями. С другой стороны, состав конкретных показателей энергоэффективности, подходы к их определению (расчету), а также принципы и алгоритмы проведения оценки энергоэффективности в различных подходах могут существенно отличаться.

Так, например, В. М. Проскуряков и Р. Й. Самуйлявичюс [2] в качестве

результатирующих показателей энергоэффективности предлагают использовать несколько связанных между собой показателей энергоэффективности топливно-энергетических ресурсов (ТЭР), основываясь на том, что учет определенных пропорций между индексами роста энергетических и экономических показателей отображает динамику эффективности использования указанных ресурсов.

В работе В. В. Тимакова [3] предлагается 3-уровневая методика оценки энергоэффективности предприятия, а именно: для оборудования, технологий и предприятия в целом.

Пожалуй, одной из наиболее совершенных систем показателей энергоэффективности для различных объектов исследования (мировая и национальная экономика, предприятия, производственные процессы, технологии и т. д.) является предложение Международного энергетического агентства (International energy agency – IEA). Международное энергетическое агентство первым предложило исследовать показатели энергоэффективности в зависимости от их агрегирования в виде пирамиды индикаторов энергоэффективности (рис. 1): от наиболее детальных в основании

пирамиды до агрегированных в ее вершине [4].

Можно выделить следующие характерные формирования индикаторов энергоэффективности Международного энергетического агентства [5–9]:

- учет тенденций энергопотребления во времени;
- учет межстрановых различий;
- предпочтение физических показателей перед стоимостными;
- анализ предыдущих разработок в области энергоэффективности;
- использование бенчмаркинга вместо анализа наилучших доступных технологий.

В методиках Asia Pacific Research Center [10] индикаторы энергетической интенсивности измеряются как в денежных, так и в физических единицах, а сам выбор типа индикаторов и единиц их измерения напрямую связан с характером проводимого исследования. Как правило, индикаторы, измеряемые в денежных единицах, применяются для анализа энергоэффективности на макроэкономическом уровне, в то время как измерение в физических единицах применяется для индикаторов межотраслевого уровня.



Рис. 1. Пирамида индикаторов энергоэффективности

Fig. 1. Pyramid of energy efficiency indicators

Так, экономические индикаторы, как, например, энергоёмкость, определяются как отношение энергопотребления, измеряемого в энергетических единицах (тоннах нефтяного эквивалента, toe), к индикатору экономической деятельности, измеряемому в денежных единицах в постоянных ценах (ВВП, добавленная стоимость, ВРП и т. д.). Техничко-экономические или физические индикаторы рассчитываются на дезагрегированном уровне (на уровне вида деятельности или конечного потребителя) через отношение энергопотребления к индикатору вида деятельности, выраженному в физических единицах (тонны стали, число пассажиро-километров и т. д.) или единицах потребления (например, на двигатель, строение и т. д.). Такого рода показатели называются удельным энергопотреблением.

В 1992 г. французское агентство по окружающей среде и энергетическому менеджменту ADEME совместно с Международным энергетическим советом (World Energy Council – WEC) начало разработку базы данных ODYSSEE с целью создания системы для мониторинга национальных достижений в энергоэффективности. Предлагаемые при этом индикаторы энергоэффективности также включают энергоёмкость и технико-экономические индикаторы. Кроме того, система индикаторов базы данных ODYSSEE включает индикаторы энергосбережения и индикаторы распространения, которые направлены на отслеживание проникновения на рынок энергоэффективных технологий (когенерации, электрической стали, солнечных нагревателей воды) и мероприятий (например, доля общественного транспорта) [11].

В качестве одной из ведущих методик по оценке энергоэффективности следует выделить разработки российского Центра по эффективному

использованию энергии, которые получили широкое распространение на государственном уровне. В своих методических разработках Центр по эффективному использованию энергии выделяет пять взаимосвязанных групп индикаторов энергоэффективности:

- индикаторы, интегрально отражающие эффективность использования какого-либо энергоресурса в экономике в целом (энергоёмкость ВВП, электроёмкость ВВП, теплоёмкость ВВП, газоёмкость ВВП и др.);

- индикаторы, интегрально отражающие эффективность использования всех энергоресурсов в каком-либо секторе;

- индикаторы, отражающие эффективность использования энергии или какого-либо энергоносителя при производстве какого-либо товара или услуги (работы);

- индикаторы энергоэффективности нового оборудования, поступающего на рынок, и новых зданий как по отдельным моделям и сериям, так и средних по всему парку нового устанавливаемого оборудования и зданий;

- индикаторы по структуре технологий или парка оборудования по уровню энергоэффективности [12].

Говоря о компаниях и производственных комплексах, отметим, что анализ научной литературы, посвященной исследованию их энергоэффективности, позволяет сделать вывод о том, что сегодня специалисты используют в своих работах два основных подхода к оценке энергоэффективности компаний и производственных процессов.

Первый подход предполагает использование для оценки энергоэффективности экономических (стоимостных) и технико-экономических (физических) показателей деятельности, к которым добавляются индикативные показатели энергоэффективных производственных

технологий. Такой подход к оценке энергоэффективности применяется, к примеру, Мировым энергетическим советом [11, 13, 14].

Сторонники второго подхода формируют индикаторы энергоэффективности, дополнительно учитывая виды деятельности (отраслевая и внутриотраслевая деятельность), а также показатели энергетической интенсивности. Такой подход реализуется в методических разработках Asia Pacific Research Center [10], в проекте Международного энергетического агентства (International Energy Agency) [5, 8, 15], в проекте Французского агентства по окружающей среде ADEME [16], в разработках технической службы по стратегии и энергоэффективности Мирового энергетического совета (World Energy Council) [17, 18], в методике Национальной лаборатории Лоуренса Беркли (Lawrence Berkeley National Laboratory) [19].

Не проводя сравнительных параллелей, отметим, что зачастую оба указанных подхода используются совместно. При этом понятно, что на агрегированном уровне должны присутствовать экономические показатели, для характеристики внутри отрасли необходимы как экономические, так и технические показатели. Что же касается отдельных подразделений, то для них очень важны технические показатели.

Практически во всех упомянутых методиках одним из ключевых показателей энергоэффективности является энергоемкость продукции (производства). В то же время для анализа динамики и тенденций изменения экономической энергоэффективности как в отраслевом, так и в макроэкономическом разрезе не обойтись без оценки стоимостных относительных показателей затрат на топливо и энергию.

В статье С. Morton, С. Wilson и J. Anable [20] рассматривается влияние социально-экономических факторов и национальной политики в области энергоэффективности на ключевые показатели и характеристики в этой сфере. Для оценки такого влияния авторы предлагают использовать пространственные регрессионные модели зависимости факторов энергоэффективности от ключевых показателей социально-экономического развития, условий жизни и географического положения территории. Такой подход учитывает комплексное влияние различных условий и факторов пространственного развития на ключевые характеристики энергоэффективности.

Отдельные работы исследуют энергоэффективность домашних хозяйств. Среди них следует выделить труды S. Barr et al. [21], B. Boardman [22],

V. Brechling, S. Smith [23] и многих других. Однако, несмотря на всю значимость подобных работ, они, с нашей точки зрения, существенно сужают область исследования, акцентируя внимание только на одной из составляющих энергоэффективности.

В ряде работ исследуется влияние либерализации энергетических рынков на политику в области энергоэффективности. Так, например, в работе F. Nicolli и F. Vona рассматривается влияние либерализации энергетических рынков на развитие возобновляемых источников энергии и государственную политику в этой области [24]. В трудах P. Agnolucci оценивается эффективность ветроэнергетики и факторы, определяющие ее развитие [25]. В статье I. Cadoret и F. Padovano анализируются движущие силы политики в области возобновляемых источников энергии и их влияние на энергоэффективность экономики [26]. В то же время, на наш взгляд, такие работы скорее направлены

на формирование механизмов управления энергоэффективностью и достижение целевых показателей в этой сфере, чем на подходы к ее оценке.

Вопросы формирования финансирования энергоэффективной экономики и внедрения энергоэффективных технологий также нашли отражение в трудах многих ученых и специалистов. Так, в работе A. Geddes et al. изучается роль государственных инвестиционных банков в финансировании низкоуглеродной энергетики [27]. В трудах S. Hall et al. рассматриваются проблемы инвестирования в низкоуглеродные проекты и формирование инвестиционных рынков и институтов в этой сфере [28, 29]. Вопросы привлечения частных инвестиций для финансирования энергоэффективных проектов отражены в работе J. Mathews et al. [30] и многих других ученых и практиков. По аналогии с предыдущим блоком работ эти труды также направлены на формирование механизмов управления энергоэффективностью и реализацию энергоэффективной политики. Вопросы оценки энергоэффективности нашли в них только косвенное отражение.

Большой цикл работ посвящен оценке влияния политики в области энергоэффективности на изменение величины и структуры энергопотребления. Так, в [31] исследуется роль структурных изменений и эффективности мер по повышению энергоэффективности в снижении энергопотребления. Среди основополагающих работ в этом направлении можно упомянуть работы В. Ang [32, 33]. В рамках этих работ прежде всего производится оценка влияния мер и мероприятий в области энергоэффективности на показатели энергопотребления, что является основой для проведения энергоэффективной политики.

Одной из последних тенденций в области оценки и повышения

энергоэффективности является учет изменения климата и переход к модели зеленой экономики. Как следствие, в основу оценки перспектив роста энергопотребления положены индикаторы зеленой экономики, которые опираются на показатели выбросов парниковых газов, эмиссии загрязняющих веществ и т. п. Характеризуя индикаторы энергоэффективности с позиций зеленой экономики, остановимся на показателях базы данных проекта ODYSSEE в сфере энергоэффективности, в рамках которого выделяются следующие основные индикаторы, характеризующие эмиссию CO<sub>2</sub>:

- потребление энергии/интенсивность CO<sub>2</sub>: отношение энергопотребления в отрасли к интенсивности CO<sub>2</sub>;

- потребление на единицу продукции/эмиссия CO<sub>2</sub>: отношение энергопотребления в отрасли к эмиссии CO<sub>2</sub> по отношению к физическим индикаторам (потребление на тонну стали, на тонну цветного металла и т. п.);

- потребление энергии/сбережение CO<sub>2</sub>: расчет энергопотребления по отношению к объему сбережения CO<sub>2</sub> после проведения энергоэффективных мероприятий [34].

По методологии Международного энергетического агентства оценку эмиссии CO<sub>2</sub> можно производить по следующим индикаторам:

- эмиссия CO<sub>2</sub>/совокупное потребление энергетических ресурсов (т CO<sub>2</sub>/ТДж);

- эмиссия CO<sub>2</sub>/выручка (кг CO<sub>2</sub>/долл.);

- эмиссия CO<sub>2</sub>/кВт (в числителе эмиссия CO<sub>2</sub> при сгорании натурального топлива для выработки электричества, в знаменателе количество произведенного электричества, полученного при сгорании натурального топлива, ядерного топлива, за счет гидроэнергии, геотермальной энергии, солнечной энергии, биотоплива) [35].

Подытоживая анализ современных подходов к оценке и формированию механизмов управления энергоэффективностью, следует отметить, что во многих случаях оцениваются только отдельные направления (составляющие) энергоэффективности или укрупненные агрегированные показатели – энергоемкость, электроемкость, экологическая эффективность и связанные с ними показатели. С другой стороны, комплексный подход, учитывающий влияние различных факторов, а также детальный анализ энергоэффективности технологических циклов и процессов, что является крайне важным при оценке и управлении энергоэффективностью компании, в подавляющей части подходов отсутствуют или обозначены очень укрупненно.

Учитывая аналитический обзорный материал, изложенный выше, авторы статьи предлагают методический подход к оценке энергоэффективности деятельности компании, основанный на поэтапном трехуровневом учете блоков показателей эффективности энергопотребляющих систем и энергосбережения, экономической эффективности энергопотребления и эффективности использования основных фондов и экологической эффективности потребления топливно-энергетических ресурсов.

### **3. Методический подход к оценке энергоэффективности и повышению конкурентоспособности компаний на основе их энергоэффективного развития**

#### ***3.1. Научно-методический подход к повышению конкурентоспособности компаний на основе их энергоэффективного развития***

Научно-методический подход к повышению конкурентоспособности компании на основе ее

энергоэффективного развития показан на рис. 2. Представленный подход базируется на использовании системного подхода и принципа обратной связи между конкурентоспособностью компании и реализацией стратегии ее энергоэффективного развития. В предложенной схеме можно выделить следующие основные блоки:

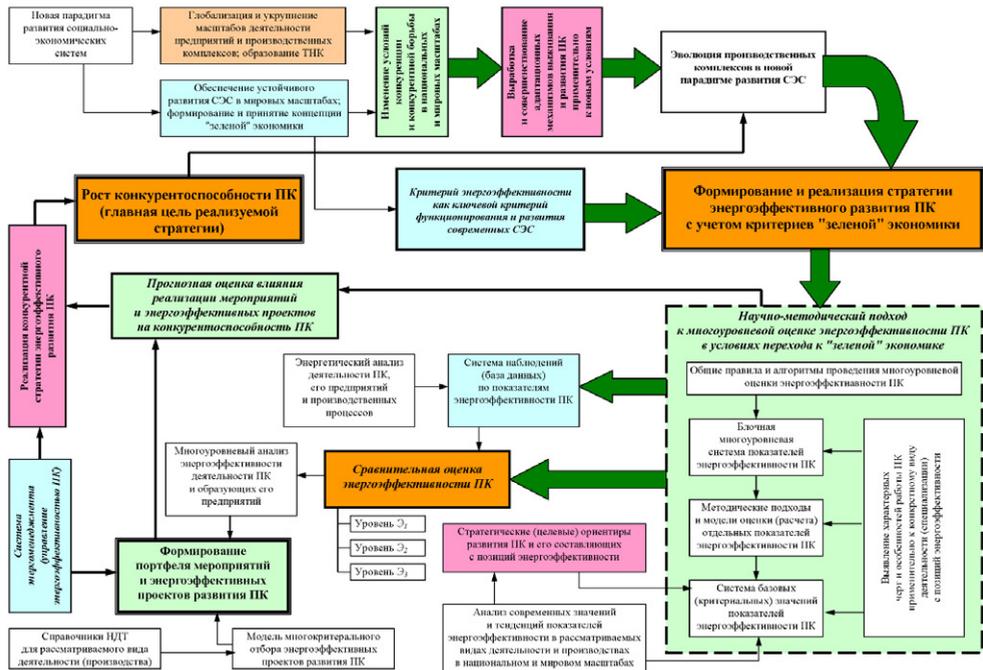
1. Блок многофакторной многоуровневой оценки энергоэффективности компании (производственных комплексов).

2. Блок отбора портфеля мероприятий и энергоэффективных проектов развития компании (производственных комплексов).

3. Блок формирования прогнозных стратегий энергоэффективного развития компании, направленных на обеспечение конкурентоспособности и достижение долгосрочных конкурентных преимуществ компании (производственных комплексов) в прогнозный период.

Методический подход к проведению многофакторной оценки энергоэффективности компании (производственных комплексов) (блок 1) базируется на использовании блочной многоуровневой системы показателей, характеризующих различные стороны энергоэффективности компании в сравнении с ведущими конкурентами. Такая оценка прежде всего призвана выявить сильные стороны и узкие места в развитии компании с позиций энергоэффективности, а также определить основные направления энергоэффективного развития компании и точки приложения управляющих воздействий.

Конечным итогом работы блока является сравнительная оценка энергоэффективности компании (производственных комплексов) относительно ведущих конкурентов, а также ведущих достижений в области энергоэффективности применительно к профильным видам



**Рис. 2.** Научно-методический подход к повышению конкурентоспособности компаний на основе их энергоэффективного развития

**Fig. 2.** Methodological approach to increasing the competitiveness of companies based on their energy efficiency development

экономической деятельности, в рамках которых работает рассматриваемая компания.

С учетом анализа разработок отечественных и зарубежных специалистов для оценки энергоэффективности компании (ПК) в настоящем исследовании предлагается система показателей, разбитых по трем уровням [34, 35]:

1. Уровень компании (производственных комплексов) в целом (Э<sub>1</sub>).
2. Уровень отдельных видов продукции, выпускаемых компанией (Э<sub>2</sub>).
3. Уровень технологического процесса по производству продукции (Э<sub>3</sub>).
4. При проведении детального анализа энергоэффективности компании выполняется трехуровневая оценка, в соответствии с обозначенными выше уровнями: Э<sub>1</sub>, Э<sub>2</sub> и Э<sub>3</sub>. Однако в большинстве случаев достаточно оценки

только на уровне производственного комплекса в целом (Э<sub>1</sub>). Более того, во многих случаях провести трехуровневую оценку энергоэффективности компании невозможно по информационным ограничениям (как правило, на многих предприятиях отчетная информация на уровнях Э<sub>2</sub> и Э<sub>3</sub> отсутствует или представлена очень ограниченно).

Результатом (выходом) процесса оценки энергоэффективности компании (ПК) будут являться стратегические (целевые) ориентиры развития компании и его составляющих с позиций энергоэффективности, которые наряду с результатами оценки энергоэффективности компании являются входной информацией для второго блока – блока отбора портфеля мероприятий и энергоэффективных проектов развития компании. Такой отбор выполняется

на основании решения оптимизационной задачи в условиях ресурсных ограничений.

Следующим блоком предложено на рис. 2 научно-методического подхода является прогнозирование показателей и формирование прогнозных стратегий энергоэффективного развития компании (производственных комплексов) в среднесрочной и долгосрочной перспективе. Входными данными для процесса прогнозирования будут являться:

1. Сценарные условия развития отечественной и мировой экономики, соответственно, рынков сбыта и цен на топливо и энергию, материалов и комплектующих, перспективных энергоэффективных технологий.

2. Результаты многоуровневой оценки энергоэффективности компании в текущий и ретроспективный периоды.

3. Портфель мероприятий и энергоэффективных проектов развития компании, определенных по итогам реализации 2-го этапа (блок 2).

Сценарные условия развития экономики являются внешними по отношению к компании, в основном не зависят от ее деятельности, но определяют состояние внешней среды и влияют на показатели деятельности компании. К показателям, характеризующим состояние внешней среды, в частности, относятся:

1. Темп роста ВВП, инвестиций в основной капитал отечественной экономики, а также экономик стран – рынков сбыта продукции компании.

2. Ожидаемые последствия внедрения перспективных энергоэффективных технологий в отечественной и мировой экономике, а также примерный перечень перспективных энергоэффективных технологий для профильных видов экономической деятельности, в рамках которых работает рассматриваемая компания.

3. Объем платежеспособного спроса на продукцию компании, показатели долевого разделения рынка.

4. Прогнозные цены на основные виды топлива и энергии, используемые в компании и образующих ее предприятиях, а также по альтернативным энергоисточникам.

5. Показатели, характеризующие прогноз развития рынков сырья, материалов, комплектующих, необходимых компании для производства продукции: степень монополизации рынка, величина цен предложения.

6. Значения цен на основные типопредставители продукции компании (как среднероссийские, так и среднемировые).

В ходе выполнения процесса прогнозирования строятся экономико-статистические модели зависимости ключевых показателей деятельности и энергоэффективности компании (ПК) от показателей, определенных в сценарных условиях развития экономики. Далее моделируются значения показателей энергоэффективности компании в результате реализации портфеля мероприятий и энергоэффективных проектов развития компании, что является основой для построения и реализации конкурентной стратегии энергоэффективного развития компании. Конечным результатом по 3-му блоку является прогноз показателей конкурентоспособности компании, достигаемый в результате предложенной стратегии энергоэффективного развития.

### **3.2. Методический инструментарий оценки энергоэффективности компаний**

На основе анализа системы показателей энергоэффективности и основных положений энергоэкономического анализа технологических процессов производственного комплекса, а также

авторских разработок и разработок ведущих отечественных и зарубежных специалистов в рамках предлагаемой методики авторами предлагается достаточно широкий набор показателей для оценки энергоэффективности компании (ПК).

Как отмечено в п. 3.1, оценка энергоэффективности компаний проводится в рамках блочной системы показателей, разбитых по трем уровням  $\mathcal{E}_i$ . Согласно предлагаемой методике для каждого из уровней выделяются следующие крупные блоки показателей:

1. Блок 1. Эффективность энергопотребляющих систем и энергосбережения.
2. Блок 2. Экономическая эффективность энергопотребления и эффективность использования основных фондов.
3. Блок 3. Экологическая эффективность потребления топливно-энергетических ресурсов [37].

Для каждого из уровней ( $\mathcal{E}_i$ ) состав показателей блоков будет отличаться.

При этом рассматриваемая система показателей энергоэффективности носит открытый характер, позволяя без ущерба конечному результату изменять набор показателей по каждому из блоков в зависимости от целей проведения оценки, используемых энергоресурсов, имеющейся в наличии информации и т. д.

В табл. 1 представлен предлагаемый состав показателей энергоэффективности для уровня компании в целом ( $\mathcal{E}_1$ ). Алгоритмы расчета показателей, а также состав и алгоритмы расчета показателей для уровней  $\mathcal{E}_2$  и  $\mathcal{E}_3$  подробно рассмотрены в [37].

При проведении оценки энергоэффективности и получении оценок по блокам показателей  $X_{kn}$ , а впоследствии и интегральной оценки энергоэффективности на каждом уровне  $\mathcal{E}_k$  прибегают к процедуре нормирования оценок по отдельным показателям, т. е. их приведению в безразмерный

Таблица 1. Показатели энергоэффективности для уровня компании в целом ( $\mathcal{E}_1$ )

Table 1. Energy efficiency indicators for the company level as a whole ( $\mathcal{E}_1$ )

Показатель	Обозначение	Единица измерения
Блок 1. Эффективность энергопотребляющих систем и энергосбережения		
1. Энергоемкость валовой выручки компании по первичному энергопотреблению	$\alpha_{эн.ВВперв}$	г у.т/руб.
2. Электроемкость валовой выручки компании по первичному энергопотреблению	$\alpha_{эн.ВВперв}$	кВт·ч/тыс.руб.
3. Энергоемкость валовой выручки компании по конечному (вторичному) энергопотреблению	$\alpha_{эн.ВВвтор}$	г у.т/руб.
4. Электроемкость валовой выручки компании по конечному энергопотреблению	$\alpha_{эн.ВВвтор}$	кВт·ч/тыс.руб.
5. Уровень потерь электроэнергии в электрических сетях компании	$\alpha_{пот.ээ}$	%
6. Уровень потерь теплоэнергии в теплосетях компании	$\alpha_{пот.тэ}$	%

Продолжение табл. 1

Continued table 1

Показатель	Обозначение	Единица измерения
7. Доля потребления первичных энергетических ресурсов, производимых с использованием собственных нетрадиционных и возобновляемых источников энергии, в общем объеме потребления собственных производимых первичных энергетических ресурсов в компании	$\alpha_{\text{номНВИГЭсоб}}$	отн. ед. (%)
8. Интегральный показатель удельного расхода энергоресурсов на выпуск продукции компании	$\beta_{\text{ээ}}$	отн. ед.

Блок 2. Экономическая эффективность энергопотребления и эффективность использования основных фондов

1. Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы в валовой выручке компании	$\alpha_{\text{эн.затр.ВВ}}$	отн. ед.
2. Коэффициент опережения потребления электрической энергии по отношению к росту объема производства компании	$K_3^{\text{он}}$	отн. ед.
3. Коэффициент опережения потребления первичных энергетических ресурсов по отношению к росту объема производства компании	$K_{\text{птэр}}^{\text{он}}$	отн. ед.
4. Энергоемкость основных производственных фондов компании	$\alpha_{\text{эн.ОПФ}}$	г у.т/руб.
5. Электроемкость основных производственных фондов компании	$\alpha_{\text{эл.ОПФ}}$	кВт·ч/тыс.руб.
6. Доля затрат на мероприятия, направленные на повышение энергоэффективности и энергосбережение, в валовой выручке компании	$\alpha_{\text{ээзатр.ВВ}}$	отн. ед. (%)
7. Интегральный показатель потенциала энергосбережения по видам продукции компании, выявленный в ходе энергетического анализа или сравнения с лучшими значениями удельного энергопотребления аналогичного вида продукции	$P_{\text{эисб}}$	отн. ед.

Блок 3. Экологическая эффективность потребления топливно-энергетических ресурсов

1. Отношение эмиссии CO <sub>2</sub> к первичному потреблению энергетических ресурсов в целом по компании	$KCO_{2\text{Вперв}}$	г CO <sub>2</sub> /г у.т
---	-----------------------	--------------------------

Окончание табл. 1

End of table 1

Показатель	Обозначение	Единица измерения
2. Отношение эмиссии CO <sub>2</sub> к валовой выручке компании в сопоставимых ценах	$KCO_{2BB}$	г CO <sub>2</sub> /руб.
3. Отношение эмиссии CO <sub>2</sub> к первичному потреблению электроэнергии в целом по компании	$KCO_{2Q_{Энерв}}$	г CO <sub>2</sub> / кВт·ч
4. Отношение эмиссии CO <sub>2</sub> к конечному потреблению энергетических ресурсов в целом по компании	$KCO_{2Втор}$	г CO <sub>2</sub> / г у.т
5. Углеродоемкость продукции компании	$C_{уг.емк}$	отн. ед.

сопоставимый вид. Предлагаемый подход к нормированию выглядит следующим образом:

$$\alpha_{kns}^{норм} = \frac{\alpha_{kns}}{\alpha_{kns, баз}}, \quad (1)$$

где  $\alpha_{kns}^{норм}$  – нормированное значение показателя  $s$ , входящего в блок  $n$  на  $k$ -м уровне оценки энергоэффективности;

$\alpha_{kns}$  – текущее (фактическое) значение показателя  $s$ , входящего в блок  $n$  на  $k$ -м уровне оценки энергоэффективности;

$\alpha_{kns, баз}$  – базовое значение показателя  $s$ , входящего в блок  $n$  на  $k$ -м уровне оценки энергоэффективности. Обычно в качестве базовых значений берут значения аналогичных показателей основных конкурентов или целевые ориентиры, определенные стратегией развития компании в перспективный период.

Зная нормированные значения отдельных показателей энергоэффективности, нетрудно определить результирующие оценки по блокам показателей. Для этого предлагается использовать среднее геометрическое значение по показателям, входящим в блок.

$$X_{kn} = \sqrt[Z]{\prod_{s=1}^Z \alpha_{kns}^{норм}}, \quad (2)$$

где  $Z$  – число показателей, входящих в блок  $n$  на  $k$ -м уровне оценки энергоэффективности.

По аналогичному алгоритму определяется интегральный показатель энергоэффективности для соответствующего уровня  $\mathcal{E}_k$ .

При трехуровневой оценке энергоэффективности компании, помимо оценок на каждом из уровней  $\mathcal{E}_k$ , необходимо получить общую результирующую оценку  $\mathcal{E}_{общ}$ , объединяющую в себе оценки на всех уровнях и являющуюся наиболее объективным интегральным критерием энергоэффективности компании. Однако следует учесть, что оценки на уровнях  $\mathcal{E}_2$  и  $\mathcal{E}_3$  доступны не всегда. В этом случае оценка  $\mathcal{E}_{общ}$  будет совпадать с  $\mathcal{E}_1$ . В основу расчета  $\mathcal{E}_{общ}$  положено выражение (3).

$$\mathcal{E}_{общ} = \sqrt[M]{\prod_{m=1}^M \mathcal{E}_1^m \cdot K_2 \cdot K_3}, \quad (3)$$

где  $\mathcal{E}_1^m$  – интегральная оценка энергоэффективности на 1-м уровне, полученная для предприятия  $m$ ;

$M$  – число основных предприятий компании, по которым проводилась оценка энергоэффективности. Следует отметить, что при большом числе предприятий, входящих

в компанию, оценка энергоэффективности может проводиться для отдельных предприятий-типопредставителей;

$K_2$  – коэффициент, учитывающий оценки энергоэффективности, полученные для уровня  $\mathcal{E}_2$ ;

$K_3$  – коэффициент, учитывающий оценки энергоэффективности, полученные для уровня  $\mathcal{E}_3$ .

В свою очередь, величины  $K_2$  и  $K_3$  определяются:

$$K_2 = \sum_{i=1}^R \mathcal{E}_{2i} \cdot b_i; \quad \sum_{i=1}^R b_i = 1, \quad (4)$$

где  $\mathcal{E}_{2i}$  – результирующая оценка энергоэффективности, полученная для  $i$ -го вида продукции, производимой в компании;

$R$  – число основных видов продукции, производимой в компании;

$b_i$  – удельный вес  $i$ -го вида продукции в валовой выручке.

$$K_3 = \sum_{j=1}^H \mathcal{E}_{3j} \cdot c_j; \quad \sum_{j=1}^H c_j = 1, \quad (5)$$

где  $\mathcal{E}_{3j}$  – результирующая оценка энергоэффективности, полученная для  $j$ -го технологического процесса по производству продукции в компании;

$H$  – число основных технологических процессов, используемых в компании;

$c_j$  – значимость (вес)  $j$ -го технологического процесса в деятельности компании. Значения  $c_j$  обычно определяются экспертным путем, исходя из анализа используемых технологий и процессов в условиях конкретной компании.

При этом при проведении детального анализа энергоэффективности компании выполняется трехуровневая оценка в соответствии с обозначенными выше уровнями:  $\mathcal{E}_1$ ,  $\mathcal{E}_2$  и  $\mathcal{E}_3$ . Уровень  $\mathcal{E}_1$  является наиболее агрегированным и оперирует сводными данными по компании

без их детализации. На данном уровне сложно проводить глубокий энергетический анализ, но в то же время данные на уровне  $\mathcal{E}_1$  являются наиболее доступными. По сути, уровень  $\mathcal{E}_1$  – уровень сводного анализа и выявления основных проблем в области энергоэффективности компании. Кроме того, оценки, получаемые на этом уровне, показывают синтетическое влияние реализуемых в компании мероприятий и проектов на энергоэффективность ее деятельности. Следовательно, с позиции оценки результатов проводимой в компании политики в области энергоэффективности уровень  $\mathcal{E}_1$  является наиболее важным.

Поэтому в большинстве случаев достаточно оценки только на уровне компании в целом ( $\mathcal{E}_1$ ). Более того, во многих случаях провести трехуровневую оценку энергоэффективности компании невозможно по информационным ограничениям (как правило, на многих предприятиях отчетная информация на уровнях  $\mathcal{E}_2$  и  $\mathcal{E}_3$  отсутствует или представлена очень ограниченно).

Таким образом, предлагаемая методика позволяет оценивать показатели энергоэффективности производственного комплекса в целом и проводить анализ каждого производственного процесса, начиная с подготовки топлива для процесса и заканчивая конечной обработкой продукта. Подобный анализ является особенно ценным, поскольку каждый процесс будет рассматриваться в отдельности и будет исключено возможное влияние процессов друг на друга.

### ***3.3. Концептуальные и методические основы многокритериального отбора приоритетных энергоэффективных проектов развития крупных компаний***

Предложенная методика оценки энергоэффективности компании и результаты ее практического применения

являются основой для многокритериального отбора приоритетных энергоэффективных проектов развития компании, концептуальная схема которого представлена на рис. 3. Конечным итогом представленного алгоритма будет выбор того набора проектов, который обеспечит максимальный эффект с позиций роста энергоэффективности компании, что, в свою очередь, обеспечит рост ее конкурентоспособности.

Система многокритериального отбора приоритетных энергоэффективных проектов включает следующие основные этапы:

1. *Формирование методики оценки энергоэффективности компании (ПК).* Такая методика, показатели оценки энергоэффективности компании, а также правила и подходы к определению интегральных (комплексных) оценок энергоэффективности подробно рассмотрены в п. 3.2. На основании определенных с использованием этой методики частных и интегрального (комплексного) показателя энергоэффективности компании делается окончательный выбор того или иного проекта (группы проектов).

2. *Формирование базы данных по показателям энергоэффективности компании (ПК).* База данных привязывается к двум основным элементам:

1) методике оценки энергоэффективности компании (ПК), рассмотренной в п. 3.2;

2) параметрам и технико-экономическим и финансовым характеристикам возможных или реализуемых приоритетных энергоэффективных проектов развития компании. При этом по каждому из проектов соответствующими ответственными готовится информация по унифицированной форме показателей. В состав представляемых данных включаются:

– технико-экономические параметры реализуемого проекта (мощность,

объемы выработки отдельных видов энергоресурсов, показатели удельных расходов производимых или потребляемых топливно-энергетических ресурсов и т. п.);

– показатели ожидаемой экономии топливно-энергетических ресурсов и повышения эффективности их использования (потребления);

– показатели финансовой эффективности отдельных энергоэффективных проектов. Обычно в качестве таких показателей могут выступать чистый дисконтированный доход, рентабельность проекта, срок окупаемости капитальных вложений и др.

3. *Оценка энергоэффективности компании (ПК) на современном этапе и ее динамики в ретроспективном периоде.* Основными задачами этапа являются:

– оценка существующего состояния по отдельным индикаторам энергоэффективности деятельности компании на основании сформированной базы данных показателей статистической отчетности. По итогам оценки выявляются проблемы и узкие места развития компании с позиций энергоэффективности;

– получение комплексных оценок по индикативным блокам и уровням оценки (Э) и выявление на их основе ключевых направлений регулирования ситуации и приоритетных направлений реализации энергоэффективных проектов развития компании;

– определение комплексной оценки энергоэффективности компании и динамики ее изменения в ретроспективный период. Такая оценка отражает комплексное влияние реализуемых проектов на показатели энергоэффективности компании.

4. *Повариантное (посценарное) формирование перечня приоритетных энергоэффективных проектов развития*

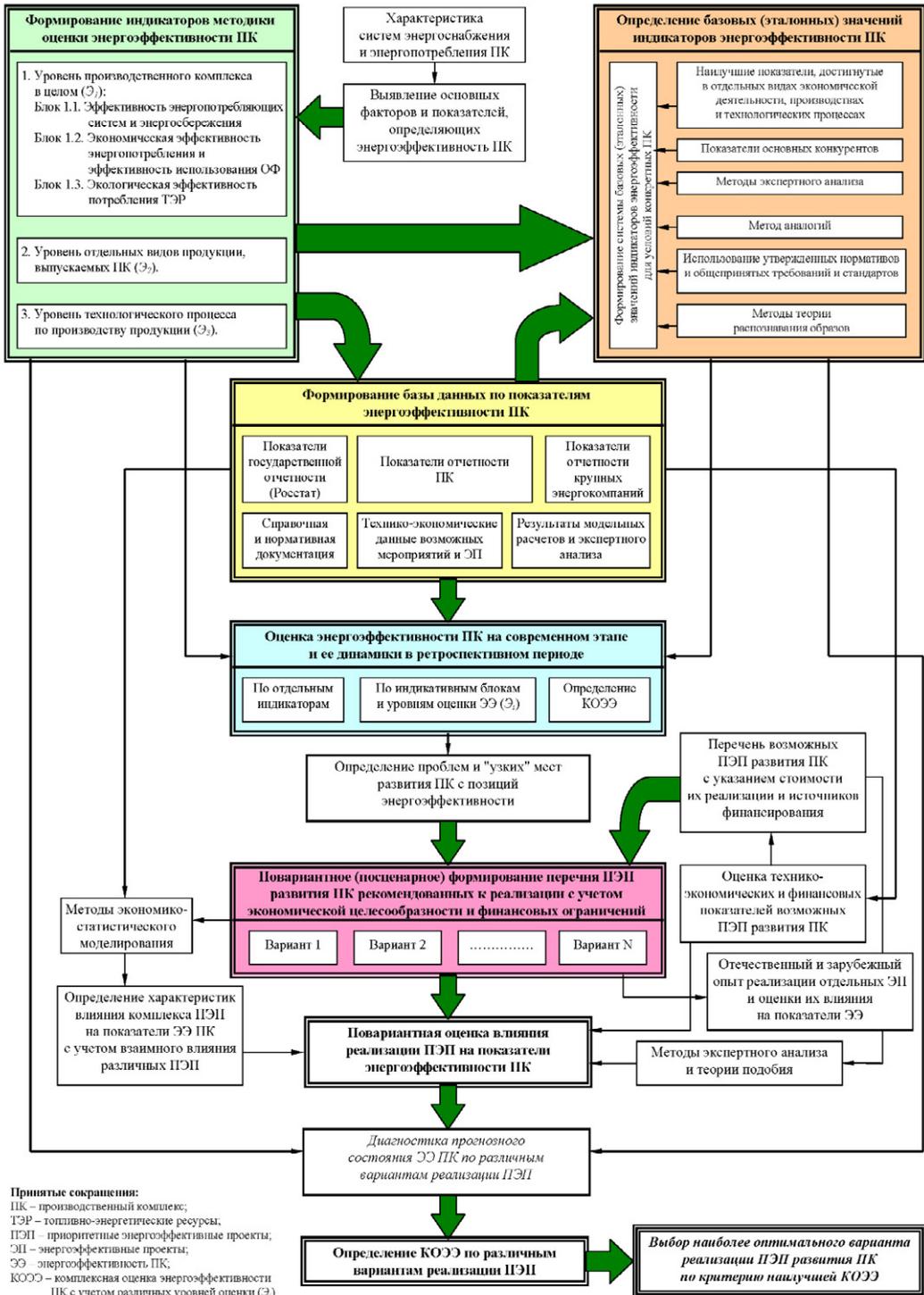


Рис. 3. Концептуальная схема методики многокритериального отбора приоритетных энергоэффективных проектов (ПЭП) развития компании (ПК)

Fig. 3. Conceptual scheme of the methodology of multi-criteria selection of priority energy efficiency development projects of the company

компаний (ПК), рекомендованных к реализации с учетом экономической целесообразности и финансовых ограничений. Основой такого формирования являются:

1) результаты проведенной оценки энергоэффективности компании на современном этапе и в ретроспективный период, на основании которой устанавливаются приоритетные направления реализации энергоэффективных проектов развития компании;

2) подготовленный на втором этапе перечень возможных энергоэффективных проектов развития компании (ПК). При этом во многих случаях проекты оцениваются не поодиночке, а в комплексе, с учетом того, что для достижения желаемых показателей энергоэффективности деятельности компании требуется реализация не одного проекта, а их комплекса.

Учитывая, что во многих случаях альтернативные варианты энергоэффективных проектов равноэкономичны, главным критерием эффективности реализуемых проектов выступает их воздействие на комплексную оценку энергоэффективности компании с точки зрения достижения максимального положительного эффекта, выраженного показателями энергоэффективности деятельности компании в прогнозный период.

5. *Повариантная оценка влияния реализации приоритетных энергоэффективных проектов на показатели энергоэффективности компании (ПК).* В основе такой оценки лежит учет эффекта, который каждый из реализуемых проектов оказывает на исходные показатели энергоэффективности деятельности компании, а также определение дополнительного кумулятивного эффекта (если таковой будет) от реализации комплекса взаимосвязанных проектов. Этап заканчивается

определением прогнозных значений комплексной оценки энергоэффективности компании для различных вариантов реализации энергоэффективных проектов.

6. *Окончательный выбор наиболее оптимального варианта реализации приоритетных энергоэффективных проектов развития компании (ПК).* В условиях равноэкономичности реализуемых вариантов перспективных энергоэффективных проектов (явного предпочтения по своим экономическим и финансовым показателям не имеет ни один из вариантов) главным критерием принятия решения в пользу того или иного варианта является наибольший эффект с точки зрения положительного воздействия на величину комплексной оценки энергоэффективности компании по сравнению с современным состоянием.

В ряде случаев различные варианты оказывают примерно одинаковое влияние на величину комплексной оценки энергоэффективности компании. В такой ситуации предпочтение отдается тому варианту, который оказывает более сильное влияние на наиболее проблемные показатели энергоэффективности компании. Кроме того, может быть учтен и социальный эффект от реализации того или иного варианта энергоэффективных проектов.

#### **4. Оценка энергоэффективности УГМК в сравнении с ведущими мировыми конкурентами**

Для практической апробации разработанного методического инструментария была проведена сравнительная оценка показателей энергоэффективности УГМК в сопоставлении с ведущими мировыми производителями медной продукции. Оценка проводилась на уровне  $\mathcal{E}_1$  (уровень компании

в целом), что является достаточным для решения подобных задач. Оценка энергоэффективности УГМК проводилась в сравнении со следующими крупнейшими компаниями, специализирующимися на производстве меди и изделий из нее:

- CODELCO;
- Freeport-McMoRan (Freeport);
- BHP Billiton (BHP);
- KGHM Polska Miedz S. A. (KGHM);
- Antofagasta plc (Antofagasta);
- Anglo American plc (Anglo American).

В качестве расчетного был взят период 2012–2018 гг., так как до 2012 г. данные по потреблению энергоресурсов и по выбросам парниковых газов многими компаниями не предоставлялись совсем или предоставлялись в «урезанном» виде, что не позволяло учесть ряд индикаторов энергоэффективности. Начиная с 2012 г., практически все из рассмотренных компаний в своих годовых отчетах и отчетах по устойчивому развитию предоставляют в открытый доступ информацию, необходимую для оценки приведенных выше показателей энергоэффективности. С нашей точки зрения, обозначенный период проведения

оценки является репрезентативным и позволяет выявить основные тенденции и проблемы в сфере энергоэффективности рассматриваемых компаний.

Характеризуя ситуацию по одному из ключевых показателей энергоэффективности – энергоемкости валовой выручки компании по первичному энергопотреблению, входящему в блок *эффективности энергопотребляющих систем и энергосбережения*, следует отметить в целом неплохие позиции УГМК среди компаний-конкурентов (табл. 2).

По итогам 2018 г. УГМК занимала срединное положение среди рассматриваемых компаний с величиной энергоемкости 173,8 г у.т./долл., существенно уступая только CODELCO и Anglo American. Такая ситуация прежде всего является следствием технической политики УГМК, проводимой с середины первого десятилетия 2000-х гг. и направленной на развитие производственных мощностей предприятий компании на современной технологической базе, характеризующейся высокими показателями экологической и энергетической эффективности.

Таблица 2. Энергоемкость валовой выручки компаний по первичному энергопотреблению в 2012–2018 гг., г у.т./долл.

Table 2. Energy intensity of gross revenue of companies by primary energy consumption in 2012–2018, gram of conditional fuel/USD

Компания	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
<b>УГМК</b>	<b>143,3</b>	<b>152,4</b>	<b>162,3</b>	<b>200,0</b>	<b>234,5</b>	<b>181,8</b>	<b>173,8</b>
CODELCO	105,3	113,2	122,5	143,9	152,5	120,0	120,8
Freeport-McMoRan	178,4	160,5	155,0	239,1	230,7	184,2	177,7
BHP Billiton	101,5	107,3	119,5	179,7	199,4	118,0	142,6
KGHM Polska Miedz S. A.	84,3	117,6	138,7	189,8	153,5	168,1	191,3
Antofagasta	79,3	94,4	105,3	176,4	194,9	153,7	176,5
Anglo American	103,7	101,9	120,9	149,4	145,8	108,0	88,5

С другой стороны, нельзя не отметить рост энергоемкости медной продукции УГМК начиная с 2012 г. Такой рост прежде всего обусловлен существенной девальвации российского рубля по отношению к доллару США после 2012 г., что в свою очередь привело к существенному снижению выручки многих предприятий компании в долларо-вом эквиваленте.

Другим недостатком показателя энергоемкости валовой выручки компании по первичному энергопотреблению является его существенная зависимость от мировых цен на медь, которая также является конъюнктурным фактором, не связанным с эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов. Это наглядно видно из данных табл. 2. Например, в 2015–2016 гг., когда цены на мировых рынках меди были наименьшими за весь рассматриваемый период, значение показателя для всех без исключения компаний было самым высоким, что было обусловлено снижением их выручки от реализации медной продукции. Наоборот, в 2012–2013 гг., когда цены на медь были наиболее высокими, энергоемкость валовой выручки компаний имела наименьшие значения.

Показатель электроемкости валовой выручки компании по первичному энергопотреблению показал еще более оптимистичные результаты, чем предыдущий показатель. По итогам 2018 г. УГМК имела одни из лучших позиций среди компаний-конкурентов со значением электроемкости 404,9 кВт·ч/тыс. долл., уступая только Anglo American. Так же как и в случае с показателем энергоемкости валовой выручки, аналогичный показатель электроемкости валовой выручки подвержен существенно влиянию конъюнктурных факторов.

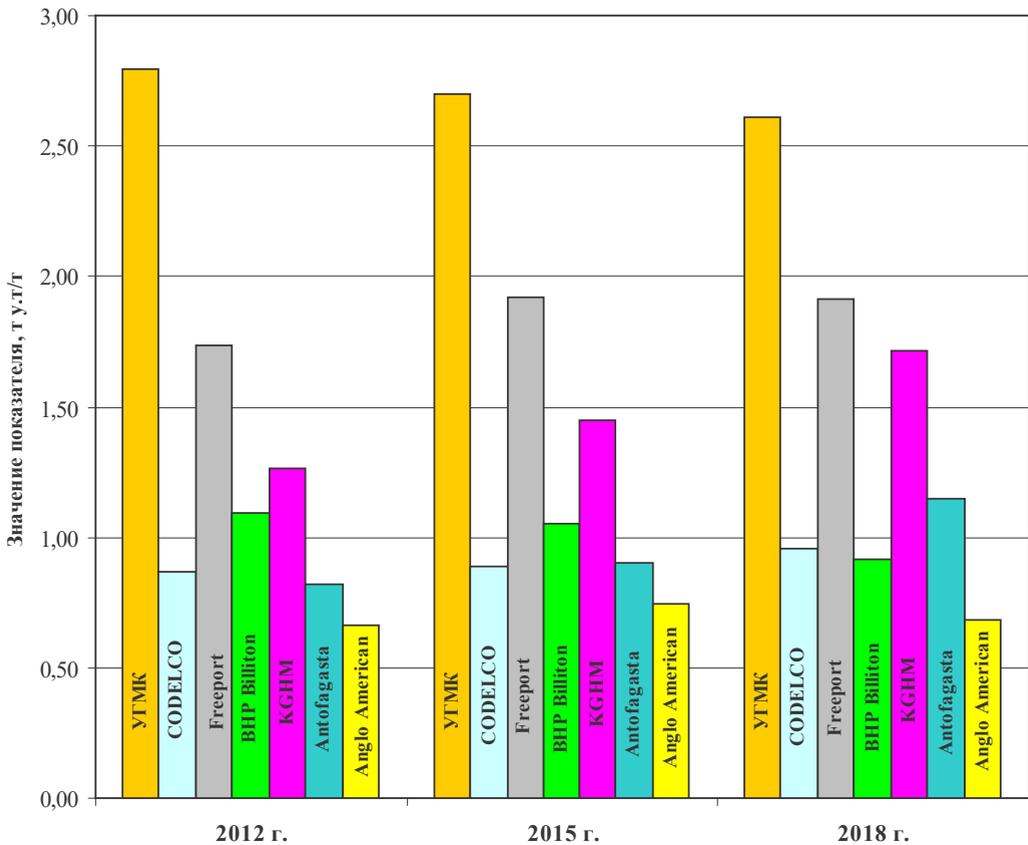
Одним из важнейших показателей, оценивающих энергоэффективность рассматриваемых компаний, является

показатель удельного расхода энерго-ресурсов на производство медной продукции в натуральном выражении. В отличие от двух предыдущих показателей блока, в нем нет влияния конъюнктурных факторов. Как следствие, его значение отражает реальный уровень энергоэффективности компании. И здесь картина совершенно отличается от ситуации по двум предыдущим показателям блока, а именно: показатели УГМК оказались самыми высокими среди всех сопоставляемых компаний (рис. 4).

По итогам 2018 г. совокупный расход энергоресурсов на производство 1 т катодной меди по УГМК составлял 2,61 т у. т. Это более чем в 2–2,5 раза больше, чем по основным компаниям-конкурентам. Такая ситуация еще раз подтверждает сильное отставание отечественных компаний от зарубежных в вопросах энергоэффективности.

С другой стороны, можно сказать, что у УГМК есть существенный потенциал энергосбережения и повышения энергетической эффективности деятельности, реализация которого даст заметный прорыв в повышении результатов деятельности и конкурентоспособности компании, что в перспективе должно стать залогом укрепления ее конкурентных позиций на мировом рынке медной продукции. Также как положительный факт следует отметить неуклонное снижение рассматриваемого показателя. Так, если в 2012 г. удельный расход энергоресурсов на производство медной продукции в натуральном выражении по УГМК составлял 2,80 т у.т./т, то к 2018 г. он снизился до 2,61 т у.т./т, т. е. почти на 7%.

На основании оценок по рассмотренным трем показателям сложилась результирующая оценка по блоку эффективности энергопотребляющих систем и энергосбережения, динамика которой представлена на рис. 5.



**Рис. 4.** Результаты оценки энергоэффективности мировых компаний-производителей медной продукции по показателю удельного расхода энергоресурсов на производство медной продукции в натуральном выражении

**Fig. 4.** The results of the assessment of the energy efficiency of the world companies-producers of copper products in terms of the specific consumption of energy resources for the production of copper products in physical terms

Анализируя представленную динамику, можно сказать, что в целом УГМК занимает срединное положение среди рассматриваемых компаний-конкурентов, имея в целом неплохие показатели, близкие к 1, что соответствует базовому уровню.

Тенденция к снижению объемов потребления энергоресурсов с одновременным сохранением, а в некоторых случаях увеличением производства медной продукции обусловила в целом положительную динамику по показателям опережения потребления электроэнергии и первичных ТЭР по отношению к росту объемов производства,

входящих в блок экономической эффективности энергопотребления и эффективности использования основных фондов, практически для всех рассматриваемых компаний-конкурентов. Исключения составляли в основном 2015–2017 гг., когда в ряде компаний рост потребления энергоресурсов шел быстрее роста объемов производства по причине невысоких мировых цен на медь и связанным с этим замедлением, а в некоторых случаях и снижением объемов производства медной продукции в натуральном выражении.

Такие тенденции в изменении рассматриваемых показателей в целом

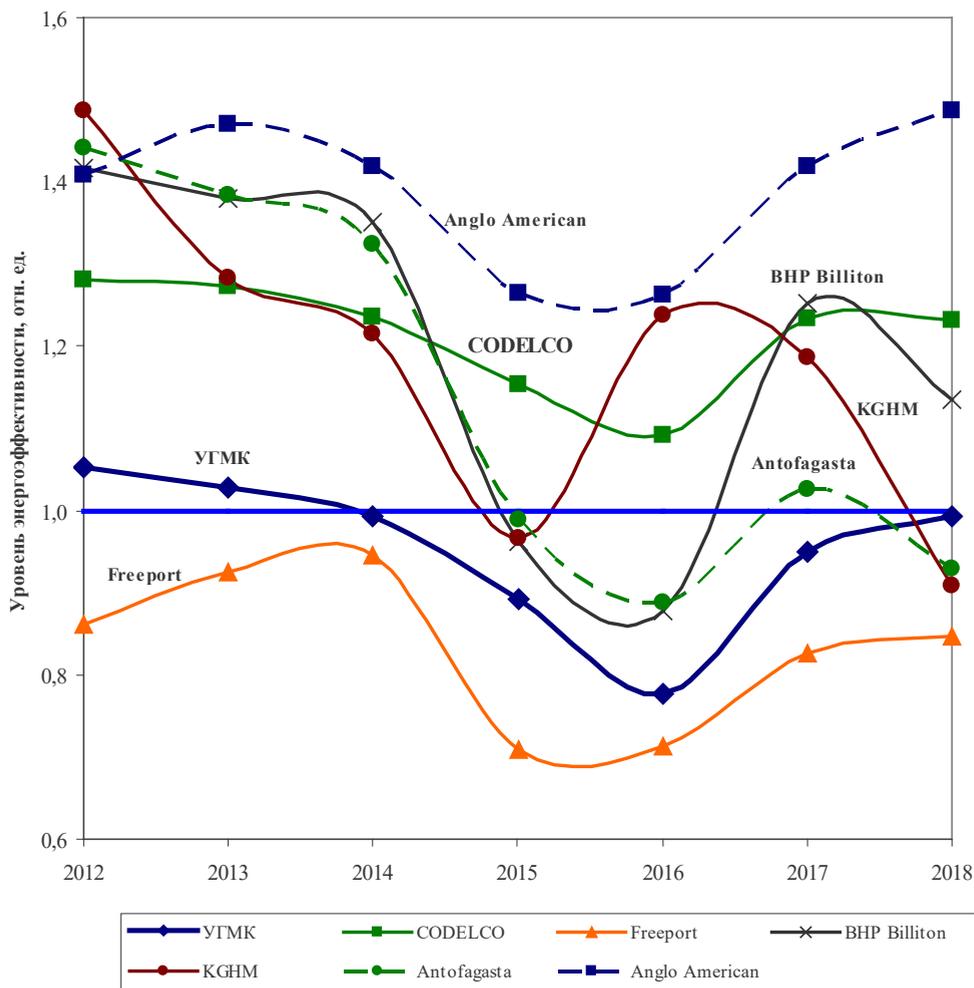


Рис. 5. Результаты оценки энергоэффективности мировых Компаний – производителей медной продукции по блоку эффективности энергопотребляющих систем и энергосбережения

Fig. 5. The results of the energy efficiency assessment of the world companies-producers of copper products on the block of efficiency of energy-consuming systems and energy saving

за период 2012–2018 гг. прежде всего говорят о том, что большинство современных мировых компаний в настоящее время реализуют стратегию энергосбережения и повышения энергетической эффективности. Учитывая мощный потенциал для энергосбережения в УГМК, о котором говорилось ранее, исследование показало, что динамика положительных изменений в компании по этим показателям была одной из самых высоких среди рассматриваемых

компаний. Особенно следует выделить 2017–2018 гг., когда темпы роста эффективности потребления ТЭР и электроэнергии были очень высокими.

Низкий уровень эффективности энергопотребления УГМК, о котором указывалось при анализе ситуации по показателю удельного расхода энергоресурсов на производство медной продукции в натуральном выражении, подтвердили результаты оценки по показателям энергоёмкости

и электроемкости основных производственных фондов. По итогам последних пяти лет по рассматриваемым показателям УГМК занимает стабильно последнее место среди всех рассматриваемых компаний-конкурентов. Так, например, по итогам 2018 г. энергоемкость основных производственных фондов компании составляла 492 г у.т./долл., а электроемкость – 1146 кВт·ч/тыс. долл. Например, эти же показатели для компании CODELCO соответственно составили 64 г у.т./долл. и 270 кВт·ч/тыс. долл., что ниже, чем в УГМК в несколько раз. Следует заметить, что показатели, связанные с эффективностью использования основных производственных фондов, слабо подвержены действию конъюнктурных факторов. Как следствие, такая ситуация требует реализация энергосберегающей стратегии компании, что станет залогом устойчивого роста ее конкурентоспособности.

Оценка энергоэффективности по блоку *экологической эффективности потребления топливно-энергетических ресурсов* принесла для УГМК разнонаправленные тенденции и результаты. С одной стороны, у компании достаточно хорошие позиции по показателям отношения эмиссии  $\text{CO}_2$  к первичному потреблению энергетических ресурсов и отношения эмиссии  $\text{CO}_2$  к валовой выручке в сопоставимых ценах. С другой – позиции компании по показателям отношения эмиссии  $\text{CO}_2$  к первичному потреблению электроэнергии и углеродоемкости медной продукции существенно уступают основным конкурентам.

Рассматривая ситуацию по показателю отношения эмиссии  $\text{CO}_2$  к первичному потреблению энергетических ресурсов, следует сказать, что УГМК имеет один из наилучших показателей среди всех сопоставляемых компаний. Так, по итогам 2018 г. эмиссия

$\text{CO}_2$  по отношению к первичному потреблению ТЭР для УГМК составляла 2,611 г  $\text{CO}_2$ /т, немногим уступая наилучшему значению – 2,493 г  $\text{CO}_2$ /т (компания Anglo American). С другой стороны, например, компания KGHM в последние годы характеризовалась значениями показателей 3,5–4 г  $\text{CO}_2$ /т, а компания Antofagasta – показателями 3–4 г  $\text{CO}_2$ /т. Все это, бесспорно, положительно характеризует УГМК, ставя ее в ряд высокоэффективных компаний в рассматриваемом аспекте деятельности.

Также УГМК характеризуется достаточно хорошими оценками по показателю отношения эмиссии  $\text{CO}_2$  к валовой выручке в сопоставимых ценах, где значения показателя для компании превышали базовый уровень (были больше 1) практически на протяжении всего расчетного периода. Однако здесь говорить о каком-либо лидерстве УГМК среди конкурентов нельзя. Наоборот, компания достаточно много уступает лидерам – компаниям Anglo American и CODELCO, имея по итогам 2018 г. значение показателя 453,8 г  $\text{CO}_2$ /долл. против, соответственно, 220,6 и 328,9 г  $\text{CO}_2$ /долл. у упомянутых выше компаний.

Показатель отношения эмиссии  $\text{CO}_2$  к первичному потреблению электроэнергии в противоположность показателю отношения эмиссии  $\text{CO}_2$  к первичному потреблению энергоресурсов показал для УГМК в целом негативные результаты. Так, значение показателя компании на протяжении периода исследования превышало 1 г  $\text{CO}_2$ /кВт·ч (его значение находилось в диапазоне 1,087–1,142 г  $\text{CO}_2$ /кВт·ч), что существенно выше, чем практически у всех основных конкурентов: по итогам 2018 г. значение показателя для большинства компаний-конкурентов было менее 0,7 г  $\text{CO}_2$ /кВт·ч. Другими словами, по медному направлению УГМК эмиссия  $\text{CO}_2$  по отношению к первичному потреблению

электроэнергии более чем в 1,5 раза выше, чем у основных конкурентов.

Наконец, УГМК имеет очень низкие показатели углеродоемкости медной продукции (табл. 3). Так, например, по итогам 2018 г. этот показатель для компании (7,44 т CO<sub>2</sub>/т) в два и более раз превышал углеродоемкость медной продукции основных конкурентов, а от наилучших компаний (компания Anglo American – 1,71 т CO<sub>2</sub>/т и BHP Billiton – 2,61 т CO<sub>2</sub>/т) УГМК отставала в 3–4 раза. Это еще раз подтверждает выводы, сделанные при анализе показателя удельного расхода энергоресурсов на производство медной продукции в натуральном выражении, о сильном отставании отечественных компаний от зарубежных в вопросах эффективности потребления топливно-энергетических ресурсов.

На основании оценок по четырем рассмотренным выше индикаторам сложилась результирующая оценка по блоку экологической эффективности потребления топливно-энергетических ресурсов. Негативные оценки по последним двум индикаторам блока обусловили в целом невысокую результирующую

оценку для УГМК, которая по итогам 2018 г. уступала всем компаниям-конкурентам, кроме KGHM (рис. 6). В то же время в абсолютном выражении оценка по блоку для УГМК близка к 1, что соответствует базовому уровню.

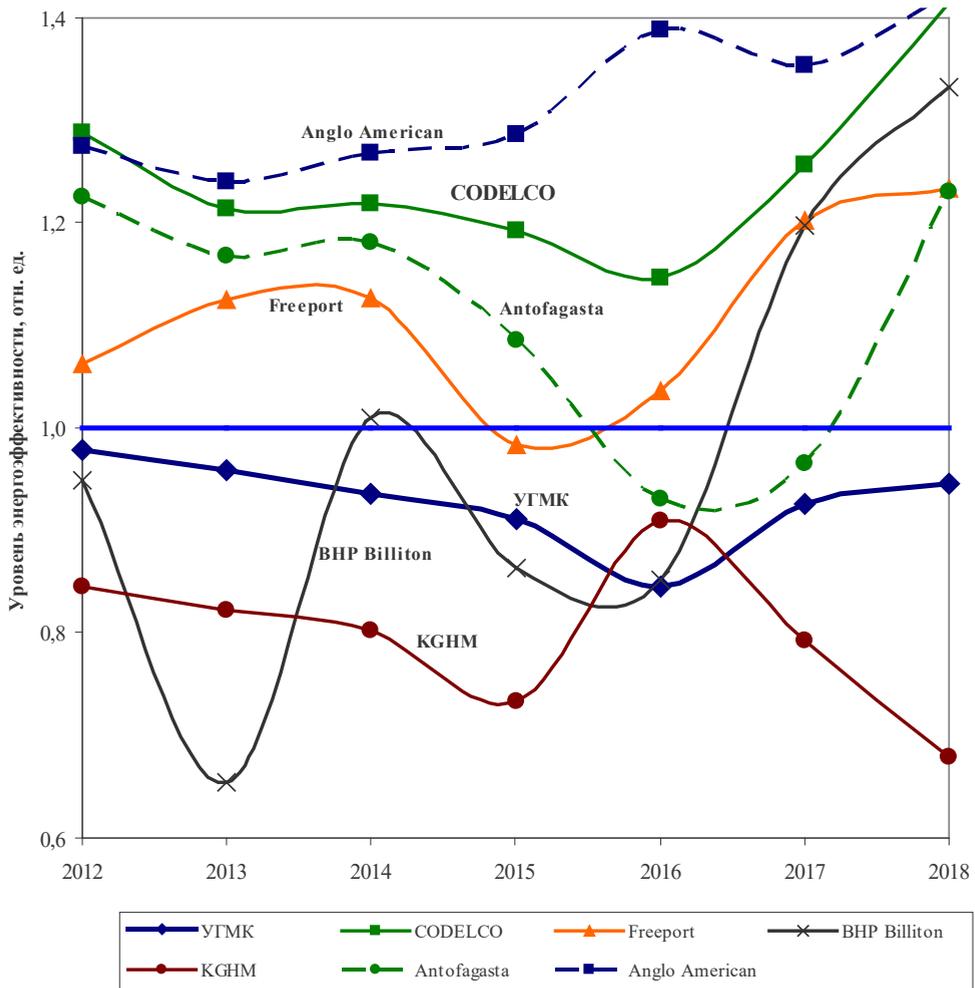
Невысокие оценки по всем блокам показателей обусловили в целом и невысокие позиции УГМК по энергоэффективности в целом (рис. 7). По итогам 2018 г. УГМК уступала всем компаниям-конкурентам, кроме KGHM. При этом на протяжении всего периода 2012–2018 гг. энергоэффективность УГМК была ниже базового уровня, что является важнейшим критерием наличия существенных проблем у компании в этой сфере. Это, в свою очередь, является одним из узких мест в конкурентоспособности компании и требует реализации широкомасштабной политики и соответствующих программ в этом направлении.

Рассматривая ситуацию по составляющим энергоэффективности УГМК, можно сказать, что оценки по всем блокам показателей за рассматриваемый период в подавляющей части случаев были ниже базового уровня, что следует

Таблица 3. Углеродоемкость медной продукции компаний в 2012–2018 гг., т CO<sub>2</sub>/т

Table 3. Carbon intensity of copper products of companies in 2012–2018, gramCO<sub>2</sub>/tonnes

Компания	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
<b>УГМК</b>	<b>7,79</b>	<b>7,91</b>	<b>8,21</b>	<b>7,60</b>	<b>8,68</b>	<b>7,81</b>	<b>7,44</b>
CODELCO	3,10	3,21	3,06	2,90	3,21	3,06	2,60
Freeport-McMoRan	5,82	5,43	5,41	5,82	5,40	4,77	4,89
BHP Billiton	3,67	5,33	3,34	4,37	4,68	3,04	2,61
KGHM Polska Miedz S. A.	5,51	6,16	6,09	6,34	4,37	5,43	7,81
Antofagasta	2,92	3,09	2,98	3,16	3,94	4,16	3,33
Anglo American	2,44	2,31	2,29	2,05	1,94	2,18	1,71



**Рис. 6.** Результаты оценки энергоэффективности мировых компаний – производителей медной продукции по блоку экологической эффективности потребления топливно-энергетических ресурсов

**Fig. 6.** The results of the assessment of the energy efficiency of the world companies-producers of copper products on the block of environmental efficiency of consumption of fuel and energy resources

рассматривать как негативный факт. Также негативно следует рассматривать тенденции в изменении ситуации по блокам и комплексной оценке энергоэффективности. Ни по одному из блоков положительных сдвигов не произошло, и оценки 2018 г. везде уступают оценкам 2012 г.

В то же время после 2016 г. в целом наблюдаются положительные тенденции в изменении практически всех показателей энергоэффективности

компании. Прежде всего это связано с постепенным восстановлением мировых рынков медной продукции.

Подытоживая оценку энергоэффективности УГМК в сравнении с ведущими компаниями-конкурентами, можно сделать следующие выводы.

1. По отдельным показателям энергоэффективности (энергоёмкость и электроёмкость валовой выручки, коэффициенты опережения потребления энергоресурсов и электропотребления

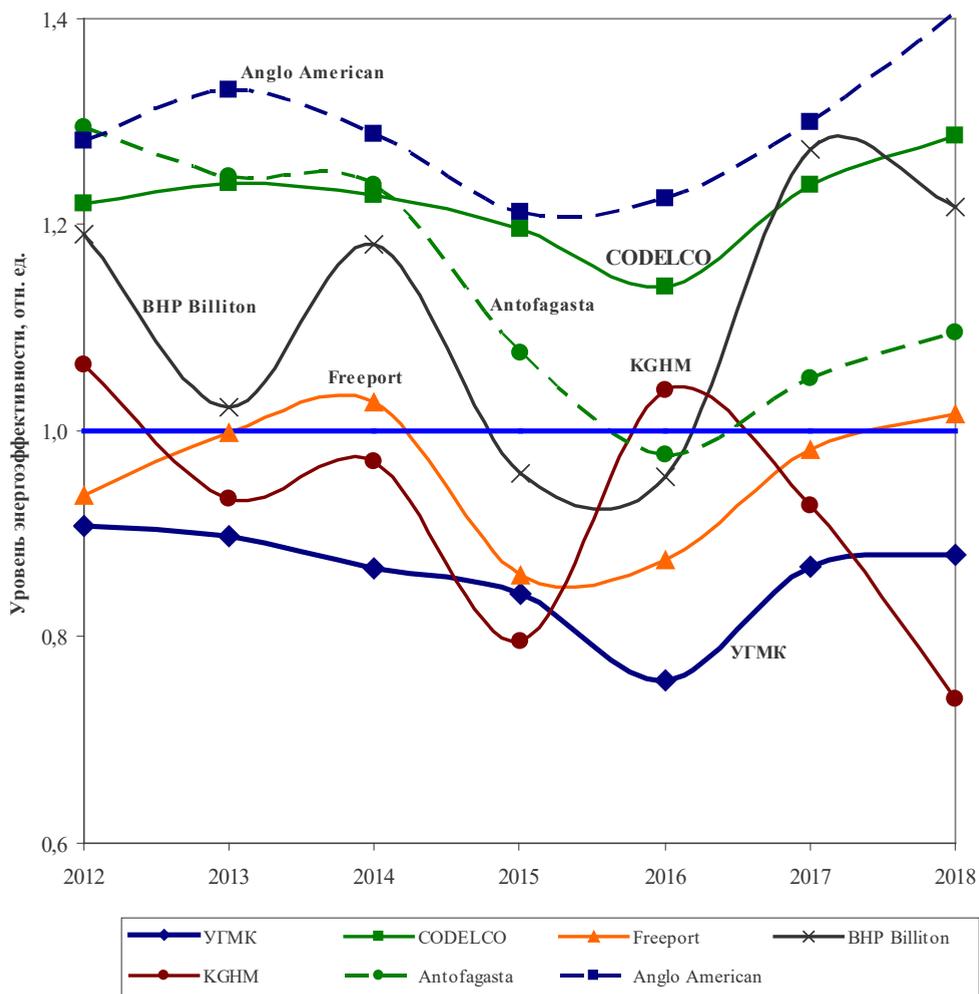


Рис. 7. Комплексная оценка энергоэффективности мировых компаний – производителей медной продукции

Fig. 7. Comprehensive assessment of energy efficiency of global copper production companies

по отношению к росту объемов производства, ряду показателей экологической эффективности потребления ТЭР) компания занимает лидирующие позиции, в некоторых случаях характеризующаясь одними из самых высоких оценок среди компаний-конкурентов.

2. Главными проблемами УГМК и многих других российских компаний в области энергоэффективности является высокий уровень потребления ТЭР и выбросов CO<sub>2</sub> в расчете на единицу производимой продукции в натуральном выражении (в частности, медной

продукции). Разрыв между отечественными и ведущими зарубежными компаниями здесь может достигать несколько раз, существенно снижая конкурентоспособность российских компаний.

3. По всем блокам показателей энергоэффективности компания имеет оценки ниже базового уровня, уступая практически всем ведущим конкурентам.

4. После 2016 г. наметились положительные тенденции в изменении ситуации по большей части показателей энергоэффективности компании, что в первую очередь связано с ростом цен

на медную продукцию и постепенным восстановлением мировых рынков меди в последние годы.

## 5. Основные выводы

Результаты проведенного исследования позволяют сформулировать следующие обобщающие выводы:

1. Сформирован научно-методический подход к исследованию и повышению конкурентоспособности компаний на основе их энергоэффективного развития, базирующийся на использовании системного подхода и принципа обратной связи между конкурентоспособностью компании и реализацией стратегии ее энергоэффективного развития. В рамках предложенного подхода выделено три ключевых блока:

- блок многофакторной многоуровневой оценки энергоэффективности компании (ПК);

- блок отбора портфеля мероприятий и энергоэффективных проектов развития компании (ПК);

- блок формирования прогнозных стратегий энергоэффективного развития компании, направленных на обеспечение конкурентоспособности и достижение долгосрочных конкурентных преимуществ компании (ПК) в прогнозный период.

2. С учетом анализа разработок отечественных и зарубежных специалистов предложена система показателей энергоэффективности, разбитых по трем уровням производственного комплекса: уровню производственного комплекса в целом; уровню отдельных видов продукции, выпускаемых производственным комплексом; уровню технологического процесса по производству продукции. Это послужило основой для разработки методики оценки энергоэффективности производственного комплекса, которая позволяет оценивать показатели его энергоэффективности

в целом и проводить анализ каждого производственного процесса, начиная с подготовки топлива для процесса и заканчивая конечной обработкой продукта. При этом каждый процесс рассматривается в отдельности, и исключено возможное влияние процессов друг на друга.

3. Разработаны концептуальные и методические основы многокритериального отбора приоритетных энергоэффективных проектов развития крупных компаний, основанные на использовании методологии проведения индикативного анализа и представляющие собой сложную многоэтапную процедуру. Выделены основные этапы отбора проектов, а также основные требования и подходы к реализации каждого из этапов.

4. Выполнена практическая апробация предложенного методического подхода применительно к задаче оценки энергоэффективности крупнейшей российской медной компании – Уральской горно-металлургической компании в сравнении с ведущими компаниями-конкурентами. Полученные результаты свидетельствуют в целом о невысоких позициях УГМК на конкурентном поле, значения ряда показателей энергоэффективности компании существенно уступают ведущим зарубежным конкурентам. В то же время после 2016 г. в целом наблюдаются положительные тенденции в изменении практически всех показателей энергоэффективности компании.

В процессе исследования подтверждена гипотеза о том, что в современных условиях низкоуглеродного развития мировой экономики и перехода к модели зеленой экономики энергоэффективность компаний становится ключевым критерием и важнейшим направлением, лежащим в основе их конкурентного развития и обеспечения конкурентоспособности.

В целом результаты практической апробации показали, что предложенный методический инструментарий оценки энергоэффективности производственного комплекса может быть использован для решения практических задач, связанных со стратегическим развитием комплекса и образующих его предприятий

в новых условиях, характеризующихся переходом социально-экономических систем к стратегии зеленой экономики. Его основными достоинствами являются комплексный учет различных факторов энергоэффективности, гибкость, возможность проведения анализа за различной степени детализации и др.

#### Список использованных источников

1. Чоджой М. Х. Энергосбережение в промышленности / пер. с англ. М. : Metallurgia, 1982. 270 с.
2. Проскуряков В. М., Самуйлявичюс Р. Й. Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов: показатели, факторы роста, анализ. М. : Экономика, 1988. 175 с.
3. Тимаков В. В. Проблемы оценки энергоэффективности корпораций и технологий // Академия энергетики. 2012. № 3 (47). С. 70–77.
4. Показатели энергоэффективности: основы формирования политики. Международное энергетическое агентство, 2014. Режим доступа: <http://www.iea.org/media/training/euukraine2015/RussianEPM.pdf>.
5. Energy Policies of IEA Countries. Canada. 2009 Review. Paris: International Energy Agency, 2010. 260 p. Режим доступа: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Canada2009.pdf>.
6. Energy Policies of IEA Countries. Sweden. 2008 Review. Paris : International Energy Agency, 2008. 150 p.. Режим доступа: <https://doi.org/10.1787/9789264043343-en>.
7. Energy Policies of IEA Countries. Finland. 2007 Review. Paris: International Energy Agency, 2008. 139 p.
8. Energy Statistics Manual. Paris: OECD/IEA, 2005. 196 p. Режим доступа: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/statistics\\_manual.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/statistics_manual.pdf).
9. Key World Energy Statistics 2016. Paris: International Energy Agency, 2016. 77 p. Режим доступа: <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph241/kwan1/docs/KeyWorld2016.pdf>.
10. Energy Efficiency Indicators: A Study of Energy Efficiency Indicators for Industry in APEC Economies. Tokyo: Asia Pacific Energy Research Centre 2000. 154 p. Режим доступа: [https://aperc.iecej.or.jp/file/2010/9/26/Energy\\_Efficiency\\_Indicators\\_for\\_Industry\\_2000.pdf](https://aperc.iecej.or.jp/file/2010/9/26/Energy_Efficiency_Indicators_for_Industry_2000.pdf).
11. Energy Efficiency: A Recipe for Success. London: World Energy Council, 2010. 163 p. Режим доступа: [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/10/PUB\\_Energy\\_Efficiency\\_-\\_A\\_Recipe\\_For\\_Success\\_2010\\_WEC.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/10/PUB_Energy_Efficiency_-_A_Recipe_For_Success_2010_WEC.pdf).
12. Башмаков И. А., Дзедзичек М. Г., Лунин А. А., Лебедев О. В. Характеристики и индикаторы энергетической эффективности в Ростовской, Тверской и Свердловской областях: отчет в рамках проекта Европейского союза «Привлечение инвестиций в энергосберегающие проекты регионов России». М. : ЦЭНЭФ, 2009.
13. Ang B. W., Lee S. Y. Decomposition of industrial energy consumption: some methodological and application issues // Energy Economics. 1994. Vol. 16, Issue 2. Pp. 83–92. DOI: 10.1016/0140–9883 (94) 90001-9.
14. Ang B. W., Choi K. H. Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia index method // The Energy Journal. 1997. Vol. 18, No. 3. Pp. 59–73. DOI: 10.5547/ISSN0195–6574-EJ-Vol18-No3–3.
15. Energy Indicators System: Index Construction Methodology. Режим доступа: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/06/f24/index\\_methodology.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/06/f24/index_methodology.pdf).

16. Indicators to Measure the Contribution of Energy Efficiency and Renewables to the Lisbon Targets. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research, 2009. Режим доступа: <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-en/profile/publikationen.php>.

17. *McKenna R.* Industrial Energy Efficiency: Interdisciplinary Perspectives on the Thermodynamic, Technical and Economic Constraints. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. University of Bath, 2009. 254 p. Режим доступа: [https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/343656/Industrial\\_Energy\\_Efficiency\\_McKenna\\_030809.pdf](https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/343656/Industrial_Energy_Efficiency_McKenna_030809.pdf).

18. *Nanduri M., Nyboer J., Jaccard M.* Aggregating physical intensity indicators: results of applying the composite indicator approach to the Canadian industrial sector // *Energy Policy*. 2002. Vol. 30. Pp. 151–163. DOI: 10.1016/S0301–4215 (01) 00083-0.

19. *Worrell E., Neelis M., Price L., Galitsky C., Zhou N.* World Best Practice Energy Intensity Values for Selected Industrial Sectors. Berkeley CA: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2007. Режим доступа: <https://escholarship.org/uc/item/77n9d4sp>.

20. *Morton C., Wilson C., Anable J.* The diffusion of domestic energy efficiency policies: A spatial perspective // *Energy Policy*. 2018. Vol. 114. Pp. 77–88. DOI: 10.1016/j.enpol.2017.11.057.

21. *Barr S., Gilg A. W., Ford N.* The household energy gap: examining the divide between habitual and purchaserelated conservation behaviours // *Energy Policy*. 2005. Vol. 33, Issue 11. Pp. 1425–1444. DOI: 10.1016/j.enpol.2003.12.016.

22. *Boardman B.* New directions for household energy efficiency: evidence from the UK // *Energy Policy*. 2004. Vol. 32, Issue 17. Pp. 1921–1933. DOI: 10.1016/j.enpol.2004.03.021.

23. *Brechling V., Smith S.* Household energy efficiency in the UK // *Fiscal Studies*. 1994. Vol. 15, No. 2. Pp. 44–56. Режим доступа: [https://ifs.org.uk/fs/articles/brechling\\_may94.pdf](https://ifs.org.uk/fs/articles/brechling_may94.pdf).

24. *Nicolli F., Vona F.* Energy market liberalization and renewable energy policies in OECD countries // *Energy Policy*. 2019. Vol. 128. Pp. 853–867. DOI: 10.1016/j.enpol.2019.01.018.

25. *Agnolucci P. A.* Wind electricity in Denmark: a survey of policies, their effectiveness and factors motivating their introduction // *Energy Policy*. 2007. Vol. 11. Pp. 951–963. DOI: 10.1016/j.rser.2005.07.004.

26. *Cadoret I., Padovano F.* The political drivers of renewable energies policies // *Energy Economics*. 2016. Vol. 56. Pp. 261–269. DOI: 10.1016/j.eneco.2016.03.003.

27. *Geddes A., Schmidt T. S., Steffen B.* The multiple roles of state investment banks in low-carbon energy finance: An analysis of Australia, the UK and Germany // *Energy Policy*. 2018. Vol. 115. Pp. 158–170. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.01.009.

28. *Hall S., Foxon T. J., Bolton R.* Investing in low-carbon transitions: energy finance as an adaptive market // *Climate Policy*. 2017. Vol. 17, Issue 3. Pp. 280–298. DOI: 10.1080/14693062.2015.1094731.

29. *Hall S., Foxon T. J., Bolton R.* Financing the civic energy sector: How financial institutions affect ownership models in Germany and the United Kingdom // *Energy Research & Social Science*. 2016. Vol. 12. Pp. 5–15. DOI: 10.1016/j.erss.2015.11.004.

30. *Mathews J. A., Kidney S., Mallon K., Hughes M.* Mobilizing private finance to drive an energy industrial revolution // *Energy Policy*. 2010. Vol. 38. Pp. 3263–3265. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.02.030.

31. *Moreau V., De Oliveira Neves C. A., Vuille F.* Is decoupling a red herring? The role of structural effects and energy policies in Europe // *Energy Policy*. 2019. Vol. 128. Pp. 243–252. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.01.044.

32. *Ang B. W.* The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide // *Energy Policy*. 2005. Vol. 33. Pp. 867–871. DOI: 10.1016/j.enpol.2003.10.010.

33. *Ang B. W.* Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? // *Energy Policy*. 2004. Vol. 32. Pp. 1131–1139. DOI: 10.1016/S0301–4215 (03) 00076-4.

34. ODYSSEE Database. Key Indicators. Режим доступа: <http://www.indicators.odysseemure.eu/online-indicators.html>.

35. CO<sub>2</sub> Emissions from the Fuel Combustion. Highlights. Режим доступа: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2emissionsfromfuelcombustionhighlights2013.pdf>.

36. *Криворотов В. В., Калина А. В., Савельева А. И., Ерыпалов С. Е.* Оценка энергоэффективности производственных комплексов как основа их конкурентоспособного развития. М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2018. 146 с.

37. *Криворотов В. В., Ерыпалов С. Е., Калина А. В.* Методический инструментарий повышения конкурентоспособности производственных комплексов: монография / под ред. В. В. Криворотова. М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2020. 377 с.

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

### **Криворотов Вадим Васильевич**

Доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической безопасности производственных комплексов Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID 0000-0002-7066-0325; e-mail: v\_krivorotov@mail.ru.

### **Калина Алексей Владимирович**

Кандидат технических наук, доцент кафедры экономической безопасности производственных комплексов Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID 0000-0003-0376-2505; e-mail: alexkalina74@mail.ru.

### **Ерыпалов Сергей Евгеньевич**

Кандидат экономических наук, директор по капитальному строительству и инвестициям Уральской горно-металлургической компании, г. Верхняя Пышма, Россия (624091, Свердловская область, г. Верхняя Пышма, Успенский проспект, 1); ORCID 0000-0003-4630-300X; e-mail: ese62@rambler.ru.

### **Корякина Полина Александровна**

Студентка группы ЭУ-563615 Уральского федерального университета имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID 0000-0003-1577-4036; e-mail: pkoriakina20@gmail.com.

## ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ

Криворотов В. В., Калина А. В., Ерыпалов С. Е., Корякина П. А. Энергоэффективность медных компаний России как основа обеспечения их глобальной конкурентоспособности // *Journal of Applied Economic Research*. 2021. Т. 20, № 3. С. 428–460. DOI: 10.15826/vestnik.2021.20.3.018.

## ИНФОРМАЦИЯ О СТАТЬЕ

Дата поступления 16 июня 2021 г.; дата поступления после рецензирования 26 июля 2021 г.; дата принятия к печати 11 августа 2021 г.

## Energy Efficiency of Russian Copper Companies as a Basis for Ensuring Their Global Competitiveness

V. V. Krivorotov<sup>1</sup> , A. V. Kalina<sup>1</sup> ✉, S. E. Erypalov<sup>2</sup> , P. A. Koryakina<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Ural Federal University  
named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

<sup>2</sup>Ural Mining Metallurgical Company,  
Verkhnyaya Pyshma, Russia  
✉ alexkalina74@mail.ru

**Abstract.** The purpose of this study is to develop methodological tools and assess the energy efficiency of Russian copper companies in comparison with the world's leading competitors as the basis for ensuring their competitive development. It is shown that in today's conditions the defining vector of economic development in the leading countries of the world is the concept of low-carbon development and the implementation of the model of a «green economy, based on the introduction of energy-efficient low-carbon technologies that reduce energy intensity and the level of greenhouse gas emissions, on the widespread implementation of energy conservation policies and stimulating the rational use of energy resources. A scientific and methodological approach to researching and increasing the competitiveness of companies based on their energy efficient development based on the use of a systematic approach and the principle of feedback between the company's competitiveness and the implementation of its energy efficient development strategy is proposed. A methodological approach to assessing the energy efficiency of companies has been developed, based on the use of indicative analysis and comparative analysis of energy efficiency indicators. Within the framework of the developed methodology, a system of indicators of the company's energy efficiency is proposed, which is based on a threelevel assessment at the following levels: the level of the production complex as a whole; the level of certain types of products manufactured by the production complex; the level of the technological process for the production of products. Within the framework of the considered threetier system, a block system of energy efficiency indicators of the company has been formed. The conceptual scheme of the methodology for the multicriteria selection of priority energy-efficient projects for the development of the company is proposed, based on a complex multistage procedure, as a result of the implementation of which the selection of the set of projects is made that will provide the maximum effect from the standpoint of increasing the company's energy efficiency. Practical testing of the proposed methodological developments was carried out in relation to the Ural Mining and Metallurgical Company – the largest domestic company in the field of copper and copper products production – in comparison with the world's leading competitors. The results of the approbation showed a significant lag of the company in a number of key energy efficiency indicators from the world's leading manufacturers.

**Key words:** copper companies; energy efficiency; energy efficiency indicators; comparative assessment; energy efficiency projects; competitiveness.

JEL C13, L16, Q40

### References

1. Chodjoy, M. Kh. (1982). *Energy Saving in Industries*. Moscow, Metallurgiya. (In Russ.).
2. Proskuryakov, V.M., Samuiliavichius, R.I. (1988). *Effektivnost ispolzovaniia toplivno-energeticheskikh resursov: pokazateli, faktory rosta, analiz (Efficiency of energy and fuel utilization: Metrics, growth factors, analysis)*. Moscow, Ekonomika. (In Russ.).

3. Timakov, V. V. (2012). Problemy otsenki energoeffektivnosti korporatsiy i tekhnologii [Problems of evaluating the energy efficiency of corporations and technologies]. *Akademiya Energetiki [Energy Industry Academy]*, No. 3 (47), 70–77. (In Russ.).
4. International Energy Agency. Energy Efficiency Indicators: Essential for Policy Making. (2014). (In Russ.). Available at: <http://www.iea.org/media/training/eeukraine2015/RussianEPM.pdf>
5. Energy Policies of IEA Countries. Canada. 2009 Review. (2010). Paris, International Energy Agency, 260 p. Available at: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Canada2009.pdf>.
6. Energy Policies of IEA Countries. Sweden. 2008 Review (2008). Paris, International Energy Agency, 150 p. Available at: <https://doi.org/10.1787/9789264043343-en>.
7. Energy Policies of IEA Countries. Finland. 2007 Review (2008). Paris, International Energy Agency, 139 p.
8. Energy Statistics Manual (2005). Paris, OECD/IEA, 196 p. Available at: [https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/statistics\\_manual.pdf](https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/statistics_manual.pdf).
9. Key World Energy Statistics (2016). Paris, International Energy Agency, 77 p. Available at: <http://large.stanford.edu/courses/2017/ph241/kwan1/docs/KeyWorld2016.pdf>.
10. Energy Efficiency Indicators: A Study of Energy Efficiency Indicators for Industry in APEC Economies (2000). Tokyo, Asia Pacific Energy Research Centre, 154 p. Available at: [https://aperc.ieej.or.jp/file/2010/9/26/Energy\\_Efficiency\\_Indicators\\_for\\_Industry\\_2000.pdf](https://aperc.ieej.or.jp/file/2010/9/26/Energy_Efficiency_Indicators_for_Industry_2000.pdf).
11. Energy Efficiency: A Recipe for Success (2010). London, World Energy Council, 163 p. Available at: [https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/10/PUB\\_Energy\\_Efficiency\\_-\\_A\\_Recipe\\_For\\_Success\\_2010\\_WEC.pdf](https://www.worldenergy.org/wp-content/uploads/2012/10/PUB_Energy_Efficiency_-_A_Recipe_For_Success_2010_WEC.pdf).
12. Bashmakov, I. A., Dzedzichuk, M. G., Lunin, A. A., Lebedev, O. V. (2009). *Kharakteristiki i indikatory energeticheskoi effektivnosti v Rostovskoi, Tverskoi i Sverdlovskoi oblastiakh: otchet v ramkakh proekta Evropeiskogo soiuza «Privlechenie investitsii v energosberegaiushchie proekty regionov Rossii» [Characteristics and indicators of energy efficiency in Rostov, Tver and Sverdlovsk regions: a report within the framework of the European Union-sponsored project "Attracting investors to energy saving projects in the regions of Russia"]*. Moscow, CENEF. (In Russ.).
13. Ang, B. W., Lee, S. Y. (1994). Decomposition of industrial energy consumption: some methodological and application issues. *Energy Economics*, Vol. 16, Issue 2, 83–92. DOI: 10.1016/0140–9883 (94) 90001-9.
14. Ang, B. W., Choi, K. H. (1997). Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: a refined Divisia index method. *The Energy Journal*, Vol. 18, No. 3, 59–73. DOI: 10.5547/ISSN0195–6574-EJ-Vol18-No3–3.
15. Energy Indicators System: Index Construction Methodology (2015). Available at: [https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/06/f24/index\\_methodology.pdf](https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/06/f24/index_methodology.pdf).
16. Indicators to Measure the Contribution of Energy Efficiency and Renewables to the Lisbon Targets (2009). Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research. Available at: <http://www.isi.fraunhofer.de/isi-en/profile/publikationen.php>.
17. McKenna, R. (2009). *Industrial Energy Efficiency: Interdisciplinary Perspectives on the Thermodynamic, Technical and Economic Constraints*. A thesis submitted for the degree of Doctor of Philosophy. University of Bath, 254 p. Available at: [https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/343656/Industrial\\_Energy\\_Efficiency\\_McKenna\\_030809.pdf](https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/343656/Industrial_Energy_Efficiency_McKenna_030809.pdf).
18. Nanduri, M., Nyboer, J., Jaccard, M. (2002). Aggregating physical intensity indicators: results of applying the composite indicator approach to the Canadian industrial sector. *Energy Policy*, Vol. 30, 151–163. DOI: 10.1016/S0301–4215 (01) 00083-0.
19. Worrell, E., Neelis, M., Price, L., Galitsky, C., Zhou, N. (2007). *World Best Practice Energy Intensity Values for Selected Industrial Sectors*. Berkeley CA, Lawrence Berkeley National Laboratory. Available at: <https://escholarship.org/uc/item/77n9d4sp>.

20. Morton, C., Wilson, C., Anable, J. (2018). The diffusion of domestic energy efficiency policies: A spatial perspective. *Energy Policy*, Vol. 114, 77–88. DOI: 10.1016/j.enpol.2017.11.057.
21. Barr, S., Gilg, A.W., Ford, N. (2005). The household energy gap: examining the divide between habitual- and purchase-related conservation behaviours. *Energy Policy*, Vol. 33, Issue 11, 1425–1444. DOI: 10.1016/j.enpol.2003.12.016.
22. Boardman, B. (2004). New directions for household energy efficiency: evidence from the UK. *Energy Policy*, Vol. 32, Issue 17, 1921–1933. DOI: 10.1016/j.enpol.2004.03.021.
23. Brechling, V., Smith, S. (1994). Household energy efficiency in the UK. *Fiscal Studies*, Vol. 15, No. 2, 44–56. Available at: [https://ifs.org.uk/fs/articles/brechling\\_may94.pdf](https://ifs.org.uk/fs/articles/brechling_may94.pdf).
24. Nicolli, F., Vona, F. (2019). Energy market liberalization and renewable energy policies in OECD countries. *Energy Policy*, Vol. 128, 853–867. DOI: 10.1016/j.enpol.2019.01.018.
25. Agnolucci, P.A. (2007). Wind electricity in Denmark: a survey of policies, their effectiveness and factors motivating their introduction. *Energy Policy*, Vol. 11, 951–963. DOI: 10.1016/j.rser.2005.07.004.
26. Cadoret, I., Padovano, F. (2016). The political drivers of renewable energies policies. *Energy Economics*, Vol. 56, 261–269. DOI: 10.1016/j.eneco.2016.03.003.
27. Geddes, A., Schmidt, T.S., Steffen, B. (2018). The multiple roles of state investment banks in low-carbon energy finance: An analysis of Australia, the UK and Germany. *Energy Policy*, Vol. 115, 158–170. DOI: 10.1016/j.enpol.2018.01.009.
28. Hall, S., Foxon, T.J., Bolton, R. (2017). Investing in low-carbon transitions: energy finance as an adaptive market. *Climate Policy*, Vol. 17, Issue 3, 280–298. DOI: 10.1080/14693062.2015.1094731.
29. Hall, S., Foxon, T.J., Bolton, R. (2016). Financing the civic energy sector: How financial institutions affect ownership models in Germany and the United Kingdom. *Energy Research & Social Science*, Vol. 12, 5–15. DOI: 10.1016/j.erss.2015.11.004.
30. Mathews, J.A., Kidney, S., Mallon, K., Hughes, M. (2010). Mobilizing private finance to drive an energy industrial revolution. *Energy Policy*, Vol. 38, 3263–3265. DOI: 10.1016/j.enpol.2010.02.030.
31. Moreau, V., De Oliveira Neves, C.A., Vuille, F. (2019). Is decoupling a red herring? The role of structural effects and energy policies in Europe. *Energy Policy*, Vol. 128, 243–252. DOI: 10.1016/j.apenergy.2018.01.044.
32. Ang, B.W. (2005). The LMDI approach to decomposition analysis: a practical guide. *Energy Policy*, Vol. 33, 867–871. DOI: 10.1016/j.enpol.2003.10.010.
33. Ang, B.W. (2004). Decomposition analysis for policymaking in energy: which is the preferred method? *Energy Policy*, Vol. 32, 1131–1139. DOI: 10.1016/S0301-4215(03)00076-4.
34. ODYSSEE Database. Key Indicators. Available at: <http://www.indicators.odyssee-mure.eu/online-indicators.html>.
35. CO<sub>2</sub> Emissions from the Fuel Combustion. Highlights (2013). Available at: <http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/co2emissionsfromfuelcombustionhighlights2013.pdf>.
36. Krivorotov, V.V., Kalina, A.V., Savelyeva, A.I., Erypalov, S.E. (2018). *Otsenka energoeffektivnosti proizvodstvennykh kompleksov kak osnova ikh konkurentosposobnogo razvitiia [Energy efficiency assessment of industrial complexes as the basis of their competitive development]*. Moscow, UNITI-DANA. (In Russ.).
37. Krivorotov, V.V., Erypalov, S.E., Kalina, A.V. (2020). *Metodicheskii instrumentarii povysheniia konkurentosposobnosti proizvodstvennykh kompleksov [Methodological toolkit for improving the competitive ability of industrial complexes]*. Moscow, UNITI-DANA. (In Russ.).

## INFORMATION ABOUT AUTHORS

### **Krivorotov Vadim Vasilyevich**

Doctor of Economics, Professor, Head of Department of Economic Safety of Industrial Complexes, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); ORCID 0000-0002-7066-0325; e-mail: v\_krivorotov@mail.ru.

### **Kalina Alexei Vladimirovich**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Economic Safety of Industrial Complexes, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); ORCID 0000-0003-0376-2505; e-mail: alexkalina74@mail.ru.

### **Erypalov Sergei Evgenievich**

Candidate of Economic Sciences, Doctoral Student, Director for Capital Construction and Investments of Ural Mining Metallurgical Company – Holding Corporation, Verkhnyaya Pyshma, Russia (624091, Sverdlovsk region, Verkhnyaya Pyshma city, Uspenskiy Prospekt, 1); ORCID 0000-0003-4630-300X; e-mail: ese62@rambler.ru.

### **Koryakina Polina Alexandrovna**

Student of Group EU-563615, Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin, Ekaterinburg, Russia (620002, Ekaterinburg, Mira street, 19); ORCID 0000-0003-1577-4036; e-mail: pkoriakina20@gmail.com.

## FOR CITATION

Krivorotov V. V., Kalina A. V., Erypalov S. E. Energy Efficiency of Russian Copper Companies as a Basis for Ensuring Their Global Competitiveness. *Journal of Applied Economic Research*, 2021, Vol. 20, No. 3, 428–460. DOI: 10.15826/vestnik.2021.20.3.018.

## ARTICLE INFO

Received June 16, 2021; Revised July 26, 2021; Accepted August, 11 2021.

