КРИВОРОТОВ Вадим Васильевич

Доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической безопасности производственных комплексов

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

620002, РФ, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

Контактный телефон: (343) 375-41-25

e-mail: v_krivorotov@mail.ru

КАЛИНА Алексей Владимирович

Кандидат технических наук, доцент кафедры экономической безопасности производственных комплексов

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

620002, РФ, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

Контактный телефон: (343) 375-41-27

e-mail: alexkalina74@mail.ru

САВЕЛЬЕВА Анастасия Ильинична

Аспирант кафедры экономической безопасности производственных комплексов

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

620002, РФ, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

Контактный телефон: (343) 375-41-27

e-mail: everythingwell@mail.ru

Оценка энергоэффективности компаний медной промышленности: теория и практика

Статья посвящена изучению фактора энергоэффективности в развитии современных социально-экономических систем как основы построения модели «зеленой экономики», реализуемой в развитых странах мира. Целью работы является оценка уровня энергоэффективности крупнейших российских металлургических комплексов в сравнении с их мировыми конкурентами и выявление проблем и возможностей управления в этой сфере. Центральным объектом исследования является Уральская горно-металлургическая компания, специализирующаяся на производстве меди и изделий из нее. Основным методом исследования предложен индикативный анализ, предполагающий сравнение энергоэффективности компаний медной промышленности по отобранному и обоснованному составу показателей энергоэффективности производственного комплекса. Полученные результаты выявили сильное отставание предприятий Уральского горно-металлургического комплекса по ряду ключевых показателей энергоэффективности от ведущих мировых производителей меди и продукции из нее. Исследования показали практическую применимость предложенного методического подхода.

JEL classification: D24, Q40, P52

Ключевые слова: медная промышленность; «зеленая» экономика; концепция низкоуглеродного развития; энергоэффективность; производственный комплекс; индикаторы энергоэффективности; сравнительная оценка.

Введение

Определяющим вектором экономического развития в ведущих странах мира является концепция, базирующаяся на внедрении энергоэффективных низкоуглеродных технологий, которые снижают энергоемкость и уровень выбросов парниковых газов. Внедрение таких технологий обеспечивается повсеместным проведением политики энергосбережения и стимулированием рационального использования энергоресурсов. Энергоемкость российской экономики в два–три раза превышает аналогичные показатели развитых стран. Следовательно, от реализации стратегии низкоуглеродного энергоэффективного развития во многом зависит рост конкурентоспособности российских производственных комплексов (ПК) и поэтапного достижения ими показателей ведущих мировых аналогов.

Высокую актуальность приобретает переход экономики страны на новую модель развития, связанную с реализацией низкоуглеродной стратегии. Такой моделью должна стать модель «зеленой экономики», приводящая к росту благосостояния человека в долгосрочной перспективе, не подвергая при этом будущие поколения риску экологических кризисов или экологического дефицита [6; 7].

Мероприятия по переходу к «зеленой экономике» затрагивают различные уровни: создание проектов протоколов мировыми организациями и странами; разработка национальных программ по энергосбережению; введение стандартов по классам энергоэффективности оборудования; маркировка энергоэффективной продукции и т. д.

Практически во всех исследованиях и разработках понятие «зеленая экономика» неразрывно связано с низкоуглеродным развитием, в основе которого лежат энергосбережение и энергоэффективность. Основа перехода к модели «зеленой экономики» – это достижение высоких уровней энергоэффективности в различных сферах жизнедеятельности. Главными субъектами управления энергоэффективностью должны стать производственные комплексы (ПК), поскольку именно в производственном секторе экономики потребляется большая часть топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

Преобладание энергоемких отраслей в структуре российской промышленности, таких как черная и цветная металлургия, нефтепереработка, химическая отрасль, обуславливает высокую энергоемкость валового внутреннего продукта и конкретных видов продукции. Энергоемкость, являясь одним из показателей энергоэффективности, оказывает сильное влияние на конкурентоспособность промышленной продукции ПК на российском и международном рынках.

Металлургические комплексы на фоне производственных секторов современной экономики России выделяются энергоемкостью [5]. Энергоэффективное развитие таких комплексов может внести весомый вклад в построение модели «зеленой экономики», поэтому вопросы исследования и управления энергоэффективностью крупных металлургических комплексов приобретают большую научную и практическую значимость.

Подходы к оценке энергоэффективности

Термин «энергоэффективность» широко применяется в контексте уменьшения затрат на энергоресурсы, снижения выбросов углекислого газа, повышения безопасности энергоснабжения и т. п. При этом данный термин имеет двойственный характер, являясь, с одной стороны, являясь показателем эффективности использования энергии, а с другой – фактором развития, так как с ростом объема производства увеличивается и количество энергии, вводимое в систему.

В настоящее время в отечественной и зарубежной науке нет единого универсального определения понятия «энергоэффективность», а следовательно, нет такого подхода и к оценке энергоэффективности. Вместе с тем в подавляющей части современных работ продвигается метод оценки энергоэффективности для заданных объектов

исследования по отобранному набору индикаторов (показателей) энергоэффективности и сравнение полученных результатов по аналогичным объектам [4; 8; 11]. В то же время состав показателей энергоэффективности, а также принципы и алгоритмы проведения оценки могут существенно отличаться.

Анализ отечественной и зарубежной литературы [1; 3; 10, с. 5; 12] позволяет сделать вывод о том, что сегодня специалисты используют два подхода к оценке энергоэффективности производственных комплексов и процессов.

Первый подход основывается на расчете экономических (стоимостных) и технико-экономических (физических) параметров деятельности, к которым добавляются индикативные показатели энергоэффективных производственных технологий. Такой подход к оценке энергоэффективности применяет, к примеру, Мировое энергетическое консульство (World Energy Council) [13; 14].

Сторонники второго подхода формируют индикаторы энергоэффективности, дополнительно учитывая виды деятельности (отраслевая и внутриотраслевая), а также показатели энергетической интенсивности. Этот подход реализуется в методических разработках Asia Pacific Research Center, в проекте Международного энергетического агентства (International Energy Agency), в проекте Французского агентства по окружающей среде ADEME, в разработках технической службы по стратегии и энергоэффективности Мирового энергетического консульства [15].

Отметим, что зачастую оба подхода используются совместно. При этом на агрегированном уровне должны присутствовать экономические показатели, для характеристики внутри отрасли необходимы как экономические, так и технические показатели, для отдельных подразделений очень важны технические показатели.

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

Таким образом, характеристика энергоэффективности деятельности производственного комплекса, помимо показателей энергоемкости, должна включать еще целый ряд показателей, наиболее полно отражающих энергетическую составляющую производства.

Сравнительный анализ энергоэффективности крупного металлургического комплекса (на примере Уральской горно-металлургической компании)

Сравнительный анализ энергоэффективности ведущего российского производственного комплекса по производству меди и продукции из нее – Уральской горно-металлургической компании (УГМК) – и предприятий-конкурентов проводился по четырем основным показателям:

- энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, т у.т./дол. США;
- электроемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, кВт•ч/дол. США;
- энергоемкость основных производственных фондов, т у.т./дол. США;
- электроемкость основных производственных фондов, кВт•ч/дол. США.

Подробно методика оценки энергоэффективности производственного комплекса рассмотрена в работе [9].

Уральская горно-металлургическая компания объединяет более 40 предприятий различной отраслевой принадлежности, которые расположены в Свердловской, Тюменской, Кемеровской, Оренбургской областях, Республике Башкортостан и др.

Основные направления деятельности ОАО «УГМК-Холдинг» сосредоточены в горнодобывающей отрасли, цветной металлургии и машиностроении. Ключевое звено компании составляет замкнутый технологический цикл по производству медной продукции, включая добычу сырья и конечное изготовление готовых изделий из меди. Такое производство крайне энергоемко, особенно в электролитическом процессе. Энергетическая потребность в ряде процессов с использованием медного концентрата лежит в диапазоне 14–20 ГДж/т катода меди. Количество энергии, потребляемой на стадии электролитической очистки меди, равно 300–400 кВт•ч на тонну меди.

Приведенные цифры подчеркивают чрезвычайную актуальность оценки и повышения энергоэффективности деятельности производственного комплекса.

Данные по предприятиям УГМК разбиты по трем видам деятельности: «добыча и обогащение руды», «переработка руды» и «производство рафинированной меди, катанка, слитки и пр.». По каждому виду деятельности выбраны предприятия-представители, вносящие наибольший вклад в валовую выручку, а также имеющие сопоставимые данные для расчета показателей энергоэффективности.

По виду деятельности «добыча и обогащение руды» рассчитывались показатели энергоэффективности Гайского горно-обогатительного комбината. По виду деятельности «переработка руды» определялись показатели энергоэффективности ОАО «Святогор», ОАО «Среднеуральский медеплавильный завод». По виду деятельности «производство рафинированной меди, катанка, слитки и пр.» вычислялись показатели энергоэффективности ОАО «Уралэлектромедь», ОАО «Электроцинк», ОАО «Кировский завод по обработке цветных металлов», ОАО «Ревдинский завод ОЦМ», ОАО «Металлургический завод им. А. К. Серова».

Сравнительный анализ энергоэффективности проводился по показателям четырех иностранных компаний-конкурентов Уральской горно-металлургической компании – Glencore Xstrata, Vedanta Resources, KGHM Polska Miedz SA, Codelco, а также российской компании ПАО «ГМК «Норильский никель». Перечисленные компании являются одними из крупнейших в мире производителей меди в концентрате. Данные о производстве ими меди и потреблении энергоресурсов находятся в свободном доступе (табл. 1).

Таблица 1

Производство меди, тыс. т

Компания	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Производство меди в концентрате</i>							
Codelco	1 760,0	1 796,0	1 758,0	1 792,0	1 841,0	1 891,0	1 827,0
Glencore Xstrata	913,5	888,9	747,0	1492,8	1 546,0	1502,2	1425,8
Vedanta Resources	507,0	521,0	526,0	569,0	471,0	531,0	566,0
<i>Производство рафинированной меди</i>							
KGHM Polska Miedz SA	547,1	571,0	565,8	565,2	576,9	574,3	535,6
ПАО «ГМК «Норильский никель»	365,7	363,5	363,8	371,0	368,0	400,3	374,0
ОАО «Уральская горно-металлургическая компания»	369,0	379,3	387,9	378,7	385,1	382,2	337,8

Синтетические показатели по виду деятельности для сравнения с показателями конкурентов были рассчитаны как средневзвешенные. Веса определялись долей первичного энергопотребления предприятия в суммарном энергопотреблении по виду деятельности. Синтетические показатели энергоэффективности были рассчитаны как в российской валюте, так и по паритету покупательной способности (\$ PPP) для сравнения с иностранными конкурентами (табл. 2).

Сложность сравнения данных заключается в том, что показатели энергопотребления иностранных компаний не разделены по видам деятельности (табл. 3).

Показатели «энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению» (т. у.т./\$) и «электроемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению» (кВт•ч/\$) в УГМК значительно выше, чем в иностранных компаниях, в том числе в компании Codelco – мирового лидера по производству меди. Будучи наиболее близкими по уровню, показатели УГМК нестабильны в рассматриваемом временном диапазоне, а показатели ПАО «ГМК «Норильский никель» стабильно растут с 2011 г.

Значение показателя «электроемкость основных производственных фондов» УГМК в несколько раз больше, чем показателя из выявил существенные различия показателей энергоэффективности УГМК и зарубежных предприятий-конкурентов. Рассмотрим причины такого несоответствия.

Во-первых, анализ зарубежных конкурентов, ПАО «ГМК «Норильский никель» проводился по комплексу в целом, а не по синтетическим параметрам отдельных видов деятельности, рассчитанным с помощью весовых коэффициентов. При доступности соответствующей информации по показателям видов деятельности рассматриваемых зарубежных конкурентов этот недостаток может быть устранен.

Во-вторых, значения показателей энергоемкости зависят от применяемой технологии, отрасли, региона, страны. Подобные нюансы в большинстве случаев учесть достаточно сложно.

В-третьих, в годовых отчетах предприятий-конкурентов УГМК в большей степени представлены данные об эмиссии парникового газа, а не о потреблении энергетических ресурсов. В частности, в годовых отчетах KGHM Polska Miedz SA приведены данные об углеродоемкости тонны произведенной меди. Этот недостаток легко устраняется введением обязательного учета соответствующих данных в УГМК.

В российской промышленности важную роль в слабой мотивации к энергосбережению играет также система скрытого (технологического) и перекрестного (социального) субсидирования в энергетике, когда затраты переводятся с одного вида энергетического товара на другой [2].

В-четвертых, снижение показателей энергоемкости не всегда приводит к получению выгоды для предприятия, так как внедрение энергоэффективных технологий связано с дополнительными инвестициями в новое оборудование, доходы от которых иногда не покрывают расходы. В большинстве случаев внедрение энергоэффективных технологий применительно к старому оборудованию экономически невыгодно, вследствие чего производство останавливается и теряются рабочие места [3].

По данным ОАО «Уралэлектромедь», для российского рынка меди характерна наиболее острая конкуренция за обеспеченность сырьевыми ресурсами. При этом ценовая конкуренция практически отсутствует из-за того, что стоимость меди и медной продукции формируется Лондонской биржей металлов. Поскольку в медной отрасли компании конкурируют на уровне обеспеченности сырьевыми ресурсами, а не на уровне энергоэффективности продукции, у российских компаний отсутствует мотивация к повышению энергоэффективности готовой продукции.

К сожалению, низкая энергоэффективность производства и готовой продукции, по сравнению с энергоэффективностью производства крупных зарубежных компаний-конкурентов, характерна для многих технологических циклов в российской промышленности, в том числе в производстве изделий из цветных металлов.

Это не соответствует энергетической стратегии России, в которой сформулированы новые требования к экономической и энергетической политике. Понятно, что при сохранении существующей удельной энергоемкости экономики достижение прогнозируемых темпов развития страны представляется проблематичным. Чтобы обеспечить энергетические потребности страны при намечаемых темпах ее развития, необходимо

Таблица 2

Показатели энергоэффективности предприятий УГМК по видам деятельности

Показатель	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<i>Добыча и обогащение руды (УГМК)</i>							
Энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, т у.т./\$ PPP			271,49	283,18	479,48	418,03	495,33
Электроёмкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, кВт•ч/\$ PPP			798,21	865,12	1 542,23	1 746,08	2 059,16
Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы в валовой выручке				0,07	0,10	0,08	0,11
Уровень потерь электроэнергии в электрических сетях производственного комплекса			–	0,00	0,01	0,01	0,01
Коэффициент опережения потребления электрической энергии по отношению к росту валовой выручки			–	1,01	1,04	0,87	1,42
Энергоемкость основных производственных фондов, т у.т./\$ PPP			233,36	215,84	371,65	473,73	387,94
Электроёмкость основных производственных фондов, кВт•ч/тыс.р.			22,59	20,15	21,26	27,13	26,59
<i>Переработка руды (УГМК)</i>							
Энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, т у.т./\$ PPP	1 078,87	1 085,07	856,18	936,91	1 592,49	1 848,16	1 467,74
Электроёмкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, кВт•ч/\$ PPP	1 725,90	1 375,78	1 166,94	1 127,56	1 834,79	2 162,33	1 823,42
Доля затрат на топливно-энергетические ресурсы в валовой выручке	0,16	0,23	0,18	0,18	0,19	0,13	0,15
Уровень потерь электроэнергии в электрических сетях производственного комплекса	0	0	0	0	0	0	0
Коэффициент опережения потребления электрической энергии по отношению к росту валовой выручки	0	0,73	0,86	1,01	0,93	0,90	0,98
Энергоемкость основных производственных фондов, т у.т./\$ PPP	1 731,54	2 496,49	2 415,18	2 704,86	4 151,73	6 955,08	5 903,91
Электроёмкость основных производственных фондов, кВт•ч/тыс.р.	94,08	93,76	93,88	85,45	73,15	97,15	103,57

Таблица 3

Показатели энергоэффективности международных компаний-конкурентов

Показатель	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
ОАО «ГМК «Норильский никель»							
Энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, т у.т./\$		531,38	709,13	834,15	824,17	1069,33	1113,00
Электроёмкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, кВт•ч/\$		688,54	778,26	846,05	872,67	1207,47	1157,34
Энергоемкость основных производственных фондов, т у.т./\$		782,91	735,23	854,74	1 395,24	1 429,01	1 020,68
Электроёмкость основных производственных фондов, кВт•ч/\$		10,14	8,07	8,67	14,77	16,14	10,61
Glencore Xstrata							
Энергоемкость валовой выручки по прямому энергопотреблению, т у.т./\$	173,58	184,66	195,81	101,06	80,37	146,01	141,02
Энергоемкость основных производственных фондов, т у.т./\$ PPS	75,95	83,60	74,49	38,77	31,37	37,17	35,16
Vedanta Resources							
Энергоемкость валовой выручки по прямому энергопотреблению, т у.т./\$	0	832,19	769,18	778,47	919,88	1235,74	1313,56
Энергоемкость основных производственных фондов, т у.т./\$ PPS		358,09	253,06	263,60	272,96	373,587	481,652
KGHM Polska Miedz SA							
Энергоемкость валовой выручки по прямому энергопотреблению, т у.т./\$	130,75	116,84	104,39	34,17	150,31	189,97	115,98
Электроёмкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, кВт*ч/\$ PPS	73,31	66,04	60,05	10,58	84,31	98,04	115,98
Энергоемкость основных производственных фондов, т у.т./\$ PPS	104,38	87,18	80,41	23,43	68,28	82,34	58,23
Электроёмкость основных производственных фондов, кВт•ч/тыс.р.	58,53	49,28	46,26	7,26	38,30	42,49	58,23
CodeLco							
Энергоемкость валовой выручки по первичному энергопотреблению, т у.т./\$	95,12	87,71	104,85	108,26	–	142,64	152,16
Энергоемкость основных производственных фондов, т у.т./\$ PPS	75,36	73,74	52,55	48,54	–	50,07	52,55

к 2020 г. снизить (по сравнению с 2000 г.) удельную энергоемкость ВВП в 2,1 раза, а удельную электроемкость – в 2,2 раза. Распоряжениями Правительства Российской Федерации определен ряд мер, призванных изменить существующее положение: утверждаются требования к строительству промышленных объектов и эксплуатации оборудования в соответствии с современными технологиями и мировыми стандартами; устанавливается система выплат за энергосбережение; развивается рынок «белых сертификатов» и энергосервисных договоров и др.

Заключение

Учитывая повышение стоимости энергоносителей, важной задачей для российских производственных комплексов, в том числе для УГМК, является снижение затрат на электроэнергию и первичные энергетические ресурсы. Анализ энергетических затрат в технологических циклах производства УГМК необходим для повышения показателей энергоэффективности и конкурентоспособности продукции на мировом рынке.

Управление энергопотреблением промышленных предприятий и производственных комплексов должно осуществляться в русле повышения энергоэффективности, обеспечивая энергосберегающее развитие экономики промышленного производства в рамках новой промышленной политики. Это может способствовать устойчивому социально-экономическому развитию промышленных предприятий, производственных комплексов и страны в целом.

Источники

1. Бадмаева С. Д. Энергономика промышленного производства. СПб: СПбЛТА, 2000.
2. Богданов А. Б. Три причины высокой энергоемкости российского ВВП // Энергетика и промышленность России. 2013. № 17 (229). С. 44–46.
3. Голованова Л. А., Московцева А. А. Факторы и условия энергоэффективности в промышленности // Вестник ТОГУ. 2014. № 3 (34). С. 137–146.
4. Кокшаров В. А. Концепция эффективного управления энергопотреблением промышленного предприятия // Экономика, статистика и информатика. Вестник УМО. 2014. № 4. С. 66–71.
5. Оценка конкурентоспособности производственных комплексов / В. В. Криворотов, В. Д. Третьяков, А. В. Калина, С. Е. Ерыпалов, А. В. Патрушев; Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина. Екатеринбург: Изд-во УМЦ УПИ, 2016.
6. Мартынов А. В. Становление «зеленой» экономики в России в русле новой индустриализации // Проблемы теории и практики управления. 2014. № 12. С. 29–36.
7. Порфирьев Б. Н. «Зеленая» экономика: общемировые тенденции развития и перспективы // Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82, № 4. С. 323–344.
8. Проскуряков В. М., Самуилявичус Р. Й. Эффективность использования топливно-энергетических ресурсов: показатели, факторы роста, анализ. М.: Экономика, 1988.
9. Савельева А. И., Калина А. В., Ерыпалов С. Е. Методический инструментарий оценки энергоэффективности производственного комплекса в условиях перехода к «зеленой экономике» // Вестник УрФУ. Серия «Экономика и управление». 2015. Т. 14, № 3. С. 432–456.
10. Сергеев Н. Н. Методологические аспекты энергосбережения и повышения энергоэффективности промышленных предприятий. Ижевск: Изд-во «Удмуртский университет», 2013.
11. Тимаков В. В. Проблемы оценки энергоэффективности корпораций и технологий // Академия энергетики. 2012. № 3 (47). С. 70–77.

12. Эффективное использование электроэнергии / под ред. К. Смита. М.: Энергоин-
здат, 1989.

13. Ang B. W., Su B. Structural Decomposition Analysis Applied to Energy and Emissions:
Some Methodological Developments // *Energy Economics*. 2012. Vol. 34, Issue 1. P. 177–188.

14. Ang B. W., Xu X. Y. Index Decomposition Analysis Applied to CO2 Emission Studies // *Ecological Economics*. 2013. Vol. 93. P. 313–329.

15. McKenna R. Industrial Energy Efficiency: Interdisciplinary Perspectives on the
Thermodynamic, Technical and Economic Constraints. University of Bath. 2009. Access: URL:
<https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/343656>.

***

Energy Efficiency Assessment of Copper Producers: Theory and Practice

by Vadim V. Krivorotov, Aleksey V. Kalina, and Anastasiya I. Savelyeva

The paper focuses on the study of energy efficiency as a factor in the development of modern so-
cioeconomic systems. Energy efficiency is considered to be a basis for the green economy model widely
implemented in the developed countries. The purpose of the research is to compare current state of large
Russian metallurgical companies with their leading world rivals, and reveal problems and opportuni-
ties in this sphere. The object of the research is the Ural Mining Metallurgical Company specialising
predominantly in production of copper and copper products. The authors apply a method of time series
analysis that involves the comparison of energy efficiency of copper producers according to the selected
and justified list of energy efficiency indicators of a production complex. The findings of the research
suggest that the Ural Mining Metallurgical Company significantly lags behind the leading copper pro-
ducers in a number of key indicators of energy efficiency. The research proves that the utilized methodol-
ogy is applicable and useful in attaining strategic development goals and improving energy efficiency of
the Russian production complexes.

Keywords: copper industry; green economy; low-carbon development; energy efficiency; industrial
system; energy efficiency indicators; comparative assessment.

References:

1. Badmaeva S. D. *Energonomika promyshlennogo proizvodstva* [Energonomics of industrial produc-
tion]. Saint Petersburg: Saint Petersburg State Forestry Academy named after S. M. Kirov, 2000.

2. Bogdanov A. B. Tri prichiny vysokoy energoemkosti rossiyskogo VVP [Three reasons for the high
energy intensity of the Russian GDP]. *Energetika i promyshlennost Rossii – Energy and Industry of Russia*,
2013, no. 17 (229), pp. 44–46.

3. Golovanova L. A., Moskovtseva A. A. Faktory i usloviya energoeffektivnosti v promyshlennosti
[Factors and conditions for energy efficiency in industry]. *Vestnik Tikhookeanskogo gosudarstvennogo
universiteta – Bulletin of the Pacific National University*, 2014, no. 3 (34), pp. 137–146.

4. Koksharov V. A. Kontseptsiya effektivnogo upravleniya energopotrebleniem promyshlennogo
predpriyatiya [The concept of effective energy management of an industrial enterprise]. *Ekonomika,
statistika i informatika. Vestnik UMO – Economy, Statistics and Information Science. Bulletin of UMO*,
2014, no. 4, pp. 66–71.

5. Krivorotov V. V., Tretyakov V. D., Kalina A. V., Yerypalov S. Ye., Patrushev A. V. *Otsenka
konkurentosposobnosti proizvodstvennykh kompleksov* [Assessment of the competitiveness of industrial
complexes]. Yekaterinburg: Ural Federal University, 2016.

6. Martynov A. V. Stanovlenie “zelenoy” ekonomiki v Rossii v rusle novoy industrializatsii [The for-
mation of green economy in Russia in the wake of the new industrialisation]. *Problemy teorii i praktiki
upravleniya – Problems of Management Theory and Practice*, 2014, no. 12, pp. 29–36.

7. Porfiriyev B. N. “Zelenaya” ekonomika: obshchemirovye tendentsii razvitiya i perspektivy [Green
economy: Global development trends and prospects]. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk – Bulletin of the
Russian Academy of Sciences*, 2012, vol. 82, no. 4, pp. 323–344.

8. Proskuryakov V. M., Samuilyavichyus R. Y. *Effektivnost' ispol'zovaniya toplivno-energeticheskikh resursov: pokazately, faktory rosta, analiz* [Efficiency of using fuel and energy resources: Indicators, growth factors, analysis]. Moscow: Ekonomika, 1988.

9. Savelyeva A. I., Kalina A. V., Yerypalov S. Ye. Metodicheskiy instrumentariy otsenki energoeffektivnosti proizvodstvennogo kompleksa v usloviyakh perekhoda k zelenoy ekonomike' [Methodological tools for assessing the energy efficiency of a production system during the transition to green economy]. *Vestnik Uralskogo Federalnogo Universiteta. Seriya: Ekonomika i upravlenie – Bulletin of the Ural Federal University. Series: Economics and Management*, 2015, vol. 14, no. 3., pp. 432–456.

10. Sergeev N. N. *Metodologicheskie aspekty energosberezheniya i povysheniya energoeffektivnosti promyshlennykh predpriyatiy* [Methodological aspects of energy saving and energy efficiency of industrial enterprises]. Izhevsk: Udmurt University, 2013, p. 5.

11. Timakov V. V. Problemy otsenki energoeffektivnosti korporatsiy i tekhnologiy [Problems of evaluating the energy efficiency of corporations and technologies]. *Akademiya energetiki – Energy Industry Academy*, 2012, no. 3 (47), pp. 70–77.

12. Smit K. (ed.) *Effektivnoe ispol'zovanie elektroenergii* [Efficient use of electrical energy]. Moscow: Energoizdat Publ., 1989.

13. Ang B. W., Su B. Structural Decomposition Analysis Applied to Energy and Emissions: Some Methodological Developments. *Energy Economics*, 2012, vol. 34, issue 1, pp. 177–188.

14. Ang B. W., Xu X. Y. Index Decomposition Analysis Applied to CO2 Emission Studies. *Ecological Economics*, 2013, vol. 93, pp. 313–329.

15. McKenna R. *Industrial Energy Efficiency: Interdisciplinary Perspectives on the Thermodynamic, Technical and Economic Constraints*. University of Bath. 2009. Available at: <https://purehost.bath.ac.uk/ws/portalfiles/portal/343656>.

Contact Info:

Vadim V. Krivorotov, Dr. Sc. (Econ.), Prof.,
Head of Production Systems' Economic
Security Dept.

Phone: (343) 375-41-25

e-mail: v_krivorotov@mail.ru

Aleksey V. Kalina, Cand. Sc. (Engineering),
Associate Prof. of Production Systems' Eco-
nomic Security Dept.

Phone: (343) 375-41-27

e-mail: alexkalina74@mail.ru

Anastasiya I. Savelyeva, Postgraduate
of Production Systems' Economic Security
Dept.

Phone: (343) 375-41-27

e-mail: everythingwell@mail.ru

Ural Federal University named after
the first President of Russia Boris N. Yeltsin
19 Mira St., Yekaterinburg, Russia, 620002

Ural Federal University named after
the first President of Russia Boris N. Yeltsin
19 Mira St., Yekaterinburg, Russia, 620002

Ural Federal University named after
the first President of Russia Boris N. Yeltsin
19 Mira St., Yekaterinburg, Russia, 620002

Ссылка для цитирования: Криворотов В. В., Калина А. В., Савельева А. И. Оценка энергоэффективности компаний медной промышленности: теория и практика // Известия Уральского государственного экономического университета. 2018. Т. 19, № 4. С. 107–116. DOI: 10.29141/2073-1019-2018-19-5-8

For citation: Krivorotov V. V., Kalina A. V., Savelyeva A. I. Otsenka energoeffektivnosti kompaniy mednoy promyshlennosti: teoriya i praktika [Energy efficiency assessment of copper producers: Theory and practice]. *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta – Journal of the Ural State University of Economics*, 2018, vol. 19, no. 5, pp. 107–116. DOI: 10.29141/2073-1019-2018-19-5-8