DOI: 10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

оригинальная статья
УДК 331.101.6: 622

# Факторная модель производительности труда в угольной промышленности

Евгений И. Харлампенков [a, b]; Ирина А. Кудряшова [a, b, @]

[a] Кемеровский институт (филиал) Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова, Россия, г. Кемерово
[b] Кемеровский государственный медицинский университет, Россия, г. Кемерово
[@] kudrina2007@mail.ru

Поступила в редакцию 22.04.2020. Принята в печать 20.10.2020.

**Аннотация:** Рассматривается задача повышения производительности труда на угледобывающих предприятиях РФ. Авторы отмечают невозможность интенсивного развития угольной отрасли, формирования и развития эффективных моделей управления промышленным предприятием без кардинального роста производительности труда, являющейся индикатором степени эффективности трудовых затрат человека в производстве конечного продукта в единицу времени. На примере угольных предприятий Кемеровской области исследуется динамика угледобычи и уровень производительности труда в зависимости от способа добычи: подземного или открытого. Общемировая практика показывает, что производительность труда при открытом способе добычи выше, чем при подземном, что объясняется меньшими трудозатратами, более простым и безопасным способом организации трудовых процессов. Тем не менее внедрение нового оборудования при подземном способе добычи позволяет значительно нарастить добычу на шахтах. Отмечается опережающий рост производительности труда в шахтах по сравнению с разрезами. Обоснована необходимость оценки производительности труда на основе системного анализа и с использованием мультипликативной модели. На примере угольной промышленности Кузбасса исследована производительность труда в разрезе оценки влияния основных факторов, таких как внедрение новой техники и технологий угледобычи, подгтовка квалифицированных кадров, роботизация основных процессов угледобычи, внедрение системы менеджмента качества и информационных технологий и других. С использованием мультипликативной модели оценки производительности труда получены прогнозные оценки влияния данных факторов на изменение уровня производительности труда. Таким образом, статья решает одну из актуальных на сегодняшний день проблем и имеет немалое теоретическое и практическое значение.

**Ключевые слова:** мультипликативная модель, эластичность производительности труда, трудоемкость, затраты труда, угледобывающий регион, мировые цены на уголь, экономическая политика

**Для цитирования:** Харлампенков Е. И., Кудряшова И. А. Факторная модель производительности труда в угольной промышленности // Вестник Кемеровского государственного университета. Серия: Политические, социологические и экономические науки. 2020. Т. 5. № 4. С. 557–567. DOI: https://doi.org/10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

## Введение

На современном этапе в условиях цифровизации экономики без использования основных сквозных технологий, таких как большие данные, нейротехнологии и искусственный интеллект, технологии беспроводной связи, виртуальной и дополненной реальности, выступающих актуальными драйверами экономического развития, невозможно формирование и развитие эффективных моделей управления промышленным предприятием и дальнейшее наращивание производительности труда [1]. В ряде работ авторами, исследующими проблему производительности труда, отмечалось, что основным фактором, определяющим высокий уровень производительности труда в регионах РФ, выступает большая доля добывающего сектора [2–4]. Именно поэтому весьма важным представляется исследование данной проблематики применительно к Кузбассу как угледобывающему региону.

Долгосрочная программа развития угольной промышленности России до 2030 г. ставит перед предприятиями отрасли большие задачи, требующие инновационных подходов в их решении и предполагающие, что экстенсивное развитие отрасли уходит в прошлое, уступая место интенсивной трансформации[1]. Интенсивное развитие базируется на нескольких направлениях: использование новой техники с элементами роботизации; использование цифровых технологий в угледобыче, направленных на интенсификацию производственных процессов; совершенствование уровня менеджмента с точки зрения организации производственных процессов; повышение производительности труда, в том числе на основе реструктуризации состава работников угольных компаний.

Цель данной работы – исследование производительности труда в угольной промышленности на основе мультипликативной (факторной) модели ее оценки на примере угольных предприятий Кузбасса. Рассматриваемый

[1] Долгосрочная программа развития угольной промышленности России на период до 2030 года. Утв. Распоряжением Правительства РФ от 24.01.2012 № 14-р // Pandia. Режим доступа: https://pandia.ru/text/77/221/13908.php (дата обращения: 31.08.2020).

Статья распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

DOI: 10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

показатель, в количественном измерении характеризующий количество произведенной работником за определенный промежуток времени продукции, в качественном выражении отражает технологический уровень производства продукции [5].

Интенсивное использование трудовых ресурсов на шахтах и разрезах региона, предусматривающее снижение затрат на единицу продукции за счет использования современных методов организации труда и новой техники, способствует увеличению производительности труда, которая является индикатором степени эффективности трудовых затрат человека в производстве конечного продукта в единицу времени. Перед угольной отраслью РФ на среднесрочную перспективу поставлена задача по повышению производительности труда в 5 раз[2].

*Методы и материалы*. При реализации поставленной цели использовались методы системного, логического, сравнительного, статистического анализа, комплексного подхода. Авторами использована мультипликативная модель оценки производительности труда на основе факторного анализа с применением метода оценки влияния размерности исходных данных на результирующий показатель производительности труда.

**Результаты**

В 2018 г. угольные предприятия Кемеровской области добыли 255,3 млн т угля, при этом прирост годовой добычи составил 5,7 % по сравнению с 2017 г. Изменилась структура добычи угля с преобладающей долей производства открытым способом. Произошла коренная реструктуризация традиционных способов добычи: на разрезах добыто 165,8 млн т угля, в шахтах – 89,5 млн т угля[3]. Как показали исследования, форма добычи существенно влияет на производительность труда, которая на разрезах Кузбасса варьируется в диапазоне от 11954 т/год до 5700 т/год, а при подземном способе составляет от 8130 т/год до 2590 т/год с учетом горно-геологических условий[4]. Общемировая практика показывает, что производительность труда при открытом способе добычи выше, чем при подземном, что объясняется меньшими трудозатратами, более простым и безопасным способом организации трудовых процессов.

Тем не менее внедрение нового оборудования при подземном способе позволяет наращивать добычу в шахтах. В Кемеровской области в 2018 г. стало добываться больше угля подземным способом: в шахтах за год добыли на 4,6 млн т (7,3 %) больше, чем в 2017 г.; большая часть коксующихся марок угля также добыта в шахтах (48,2 млн т угля, что на 14,5 % превысило уровень 2017 г.)[5]. Производительность труда на одного занятого в области добычи угля в 2018 г. составила в целом по отрасли 334,1 т (рост на 15,9 т (5 %) по сравнению с уровнем предыдущего года), в том числе в шахтах – 230,1 т (рост на 28,1 т, или 13,9 %), а на разрезах – 413,2 т (рост на 5,7 т, или 1,4%)[6].

Переход к автоматизированным, компьютеризированным и роботизированным технологиям добычи угля, включая внедрение проектов «Умная шахта» и «Умный разрез» (иначе называемых «интеллектуальной угледобычей»), предусмотренных программой развития угольной отрасли РФ, открывает путь к прогрессивным технологиям добычи угля, а следовательно, повышению производительности труда в отрасли[7]. Основными факторами, определяющими уровень производительности труда, являются показатели выработки и трудоемкости. Показатель выработки продукции рассчитывается как отношение объема производства к затратам труда и показывает объем производства в расчете на единицу затрат труда. Данный показатель зависит как от технического оснащения производственного процесса, так и от его организационного и информационного обеспечения. Показатель трудоемкости характеризует соотношение между затратами труда и объемом производства продукции и показывает, сколько труда затрачено на производство единицы продукции[8].

Угольное предприятие является достаточно сложной системой, включающей большое количество компонентов, от работы которых зависят как общий результат работы предприятия, так и производительность труда отдельно взятого работника. Оценивать производительность труда стоит на основе системного анализа. Для оценки производительности труда угольщиков мы использовали мультипликативную модель, в общем виде выражаемую формулой:

$$Y = \prod_{i=1}^{n} x_i = x_1 \cdot x_2 \cdot \ldots \cdot x_n,$$

где $x_i$ – фактор, влияющий на производительность труда; $n$ – количество факторов влияния.

Использование мультипликативной модели оценки производительности труда обусловлено тем, что результативный показатель (в рассматриваемом случае – производительность труда) представляет собой совокупность

[2] Там же.

[3] Там же.

[4] Уголь России 2018: впечатляющие победы и скрытые угрозы // ЦДУ ТЭК. 23.05.2019. Режим доступа: http://www.cdu.ru/tek_russia/articles/5/586/ (дата обращения: 28.02.2020).

[5] Долгосрочная программа развития угольной промышленности…

[6] Уголь России 2018…

[7] За 2018 год угольщики Кузбасса добыли 255,3 млн тонн угля // Министерство угольной промышленности Кузбасса. 17.01.2019. Режим доступа: http://www.ugolprom-kuzbass.ru/news/1326/ (дата обращения: 28.02.2020).

[8] Больше угля – меньше горняков // Авант-ПАРТНЕР. 06.06.2016. № 2. С. 36–43.

 Статья распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

DOI: 10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

нескольких факторов, влияющих на угледобычу [6–8]. Для выявления воздействия различных составляющих на производительность труда в угольной отрасли в рамках проведенных исследований, включающих ряд переменных, был применен интегральный метод факторного анализа и проведена оценка влияния каждого из факторов на изменение величины результирующего показателя производительности труда [9]. Использование интегрального метода для измерения влияния факторов обусловлено его эффективностью в мультипликативных, кратных и смешанных моделях, поскольку позволяет получить более точные результаты расчета влияния факторов по сравнению со способами цепной подстановки. Дополнительный прирост показателя производительности труда, который образовался от взаимодействия факторов, раскладывался между ними пропорционально их изолированному воздействию на результативный показатель.

Особо стоит отметить фактор изменения мировых и внутренних цен на уголь, который косвенно влияет на производительность труда. Если прирост объема мощностей предприятий угольной отрасли Кузбасса составил в 2018 г. 17,7 млн т, то прогнозируемый в 2019 г. показатель оценивался аналитиками всего в 8,2 млн т, т. е. более, чем в 2 раза ниже уровня 2018 г. [10]. Это сигнал о снижении инвестиционной привлекательности отрасли со всеми вытекающими последствиями, если не сокращением собственно объемов добычи угля, то, по крайней мере, снижением темпов их роста. Динамика мировых цен на уголь в 2019 г. характеризовалась тенденцией резкого понижения: по сравнению со средними значениями 2018 г. они упали более чем на 10 %. В частности стоимость одной тонны угля на азиатском рынке составляет в среднем 90 долларов против 103 долларов США в прошлом году; а на рынках Западной и Восточной Европы из-за радикального снижения спроса цена одной тонны снизилась почти вдвое до 51 доллара. Средняя стоимость тонны каменного угля на конец 2019 г. составляла 70 долларов [10].

Анализ работы угольных предприятий Кемеровской области позволил систематизировать ряд основных критериев, влияющих на производительность труда: 1) численность работников промышленно-производственного персонала; 2) уровень механизации основных производственных процессов; 3) уровень роботизации процесса добычи; 4) уровень организации производственных процессов на предприятии; 5) уровень информатизации производственных процессов; 6) уровень квалификации персонала.

Часть критериев являются регулируемыми, связанными с внедрением инновационных методов добычи и организации труда при значительном управленческом воздействии, другие – частично регулируемыми, слабо зависящими от модели управления и бизнес-процессов организации. Или здесь речь идет о значительном или слабом влиянии на производительность труда? Например, если численность промышленно-производственного персонала является регулируемым критерием, таким же как уровень квалификации персонала, уровень механизации и роботизации и информационное обеспечение производственных процессов, то характер организации производственных процессов, число дней простоя в расчете на одного рабочего, экономия рабочего времени за счет внедрения инноваций, изменение часовой выработки, связанное а) с изменением цен по отношению к плановым; б) с изменением структуры производства в отношении плановой, являются частично регулируемыми критериями. Важнейшим нерегулируемым критерием выступают горно-геологические условия залегания пластов, что зачастую буквально определяет уровень производительности труда.

В соответствии с выбранной моделью имеется необходимость оценки влияния вышеперечисленных факторов на производительность труда. Степень и характер влияния этих факторов на конечный результат будут различными. Анализ производительности труда горняков за период с 2010 г. по 2015 г. показал прирост производительности труда за счет внедрения современного оборудования в среднем по отрасли на 25 %. Главным образом это произошло за счет высвобождения персонала, когда доля занятых в угольной отрасли за данный период снизилась на 10 %, обострив проблему безработицы в регионе. Если в 1996 г. среднесписочная численность рабочих в угольной отрасли Кузбасса составляла 211,5 тыс. человек, то в 2019 г. она приблизилась к отметке 90 тыс. горняков [11]. Альтернативные рабочие места в новых для региона отраслях промышленности, где могли бы продолжать свою трудовую деятельность высвобожденные горняки, на тот период в регионе не были созданы [12].

В период 2016–2018 гг. тенденция опережающего роста производительности труда укрепилась, что явно прослеживается на примере ЗАО «Шахта Беловская», входящей в ГК «Каракан-Инвест». Производительность труда на предприятии в эти годы возросла на 17 % (с 626 т/человека до 735 т/человека) при увеличении численности персонала на 14 % (с 608 до 697 человек) [13]. Относительный фактор роста производительности труда (темп ускорения) определим по формуле:

$$X_{пр} = \frac{\Delta W(Q)}{\Delta W_{пер}} = \frac{735 - 626}{697 - 608} = 1,22,$$

где $X_{пр}$ – относительный фактор роста производительности труда; $\Delta W(Q)$ – изменение производительности труда работников шахты, т/человека; $\Delta W_{пер}$ – изменение количества работников, человек.

В среднем по угольной отрасли России этот показатель находится в диапазоне 1,17–1,24. Во многом рост данного фактора обусловлен созданием высокопроизводительных рабочих мест, инвестициями в их создание, внедрением новой техники, повышением уровня квалификации персонала, ростом заработной платы и улучшением условий труда. В компании сформирована высокопрофессиональная инженерная и инженерно-управленческая

Статья распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 

DOI: 10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

команда, 80 % сотрудников имеют высшее образование, и большинство горняков имеют стаж работы в компании более 5 лет. Современной тенденцией стала передача части технологических процессов на аутсорсинг, доля которого в угольной промышленности Кузбасса составляет по буровым и вскрышным работам 10 %, по взрывным работам – 94 % [14]. Это позволило снизить количество горняков в штатном расписании предприятия и, таким образом, повысить статистические показатели оценки производительности труда.

Добыча на шахтах Кузбасса ведется механизированным способом с применением современных горнодобывающих комплексов с частичной роботизацией производственного процесса. Это позволило, например, компании АО «СУЭК» увеличить объемы подземной добычи на 49 % за 2014–2018 гг., а производительность труда нарастить на 90 % [14]. При оценке степени влияния указанного фактора на производительность труда в угольной промышленности коэффициент корреляции, позволяющий оценить зависимость между оснащением современным оборудованием (добычными угольными комбайнами) и производительностью труда, составил в АО «СУЭК» в среднем за последние 5 лет 0,54[9], что указывает на его решающий характер воздействия, определяющий уровень производительности труда.

Управление организационно-технологическими процессами на предприятиях отрасли выступает важным рычагом воздействия на уровень производительности труда. Практически данный элемент был заложен во времена стахановских рекордов, что позволило на основе разделения труда и организации производственных процессов резко повысить производительность. Такой подход, основанный на стандартах менеджмента качества, активно используется в настоящее время. Совершенствование управления производством приводит к сокращению, прежде всего, численности административно-управленческих работников и служащих, а также вспомогательных рабочих, что является благоприятным фактором. Развитие работ по автоматизации процесса добычи и оптимизации ресурсов, необходимых для его реализации, на угольных предприятиях позволяет сократить трудоемкость этих работ и высвободить часть служащих, занятых на учетных операциях, что ведет к снижению общей численности персонала не только без снижения, но даже с увеличением доли работников, непосредственно связанных с добычей [15].

Это подтверждают следующие факты. Средняя численность работников на предприятиях угледобычи в РФ в 2018 г. составила 146,9 тыс. человек (увеличение на 4,3 тыс. человек (3,1 %) к уровню 2017 г.). По основному виду деятельности как обеспечивающие процесс добычи на предприятиях отрасли трудились 142 тыс. человек (прирост – 6,3 тыс. человек, или 4,6 %). По категориям работников средняя численность на предприятиях отрасли распределялась следующим образом: работников административно-управленческого персонала – 9285 человек (прирост – 193 человека, или 2,1 %), инженерно-технических работников – 21199 человек (увеличение на 815 человек, или 4 %), рабочих по добыче угля – 103137 человек (прирост – 3031 человек, или 3 %)[10].

Как видно из приведенных данных, внедрение современного угледобывающего оборудования, автоматизированных систем управления технологическими процессами в целях управления и планирования производства при росте численности инженерно-технических работников и горнорабочих очистных забоев, занятых угледобычей, позволило увеличить производительность труда на открытых и подземных разработках. На открытых разработках все шире находят применение автоматизированные системы управления горнотранспортным оборудованием, функционирующие в режиме советчика диспетчера. Применение таких систем позволяет диспетчеру принимать более обоснованные решения по работе горнотранспортного оборудования и обеспечивает увеличение сменной производительности экскаваторов на 5–7 %, что выступает значительным фактором роста и приводит к ощутимым положительным результатам[11]. Прирост производительности труда по участкам горнодобывающего предприятия за счет внедрения системы менеджмента качества (СМК) на предприятии, можно определить по формуле [16]:

$$\Delta \Pi_{\text{тр}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} (S_i - S_0),$$

где $\Delta П_{тр}$ – прирост производительности труда, т/человека; $S_i$ – производительность труда после внедрения СМК; $S_0$ – производительность труда до внедрения СМК; $n$ – количество производственных участков на предприятии.

Внедрение СМК, по опыту отечественных предприятий, может обеспечить рост производительности труда на 24 %. Это достигается за счет усиления контроля над выполнением производственных заданий, оперативного решения повторяющихся проблем, быстрого реагирования на возникающие проблемы, их оптимального структурирования и постоянного обучения персонала. Как показывает практика, вычленить на работающем угольном предприятии эффект или увеличение производительности труда за счет внедрения СМК или системы бережливого производства достаточно трудно. На основе анализа деятельности предприятий угольной промышленности Кемеровской области, внедривших у себя СМК (ООО

[9] Там же.

[10] Уголь России 2018…

[11] Численный, профессиональный и возрастной состав работников добывающего предприятия – ЗАО «Шахта Беловская» // Каракан Инвест. Режим доступа: http://www.karakan-invest.ru/company/labor/ (дата обращения: 28.02.2020).

 Статья распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

DOI: 10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

«Распадская угольная компания», АО УК «Кузбассразрезуголь»), относительный фактор влияния СМК на производительность труда, по данным ряда исследователей, составил 0,12, что соответствует среднему значению данного параметра по Кемеровской области [17; 18].

Информатизация производственных процессов играет важную роль в повышении производительности труда. Информационные технологии – это совокупность четко определенных целенаправленных действий работников по переработке информации для принятия решений с использованием компьютерной техники. Своевременная подготовка информации, ее передача и обработка данных снижают непроизводственные простои участков добычи. Необходимо отметить, что проблема угольных предприятий в области информатизации состоит во внедрении информационной системы на предприятии для поддержки принятия решений и производства цифровых продуктов. Анализ данных по основным регионам угледобычи РФ (Кузбасс, Саха (Якутия), республика Коми) на основе доли инновационной продукции в ВРП показал, что информационно-коммуникативные технологии, используемые в угольной отрасли, позволяют повысить производительность труда на 1,17 % [12]. Относительное значение фактора влияния на производительность труда от использования информационных технологий, установленное исследователями, составило 0,02 [19].

Принимая во внимание оценку факторов, влияющих на производительность труда в угольной отрасли, и используя мультипликативную модель, а также статистические данные по производительности труда, можно спрогнозировать динамику изменения производительности труда. Мультипликативную модель представим формулой:

$$Y = (\prod_{i=1}^{n} x_i) \cdot t_j + a,$$

где $t_j$ – временной период; $a$ – постоянная величина.

Для оценки влияния указанных выше факторов на результирующий показатель производительности труда угольных компаний Кузбасса с использованием инструментария программного продукта *MatCad* нами была построена смешанная мультипликативная четырехфакторная модель, основу которой составили наиболее значимые факторы: уровень технического оснащения предприятий современным оборудованием на основе высокоинтеллектуальных рабочих мест и степени роботизации, уровень квалификации персонала с учетом структуры занятых в добыче, изменение производительности труда до и после внедрения СМК, уровень информатизации технологических процессов.

Наши исследования показали, что абсолютный фактор, определяющий внедрение новой горнодобывающей техники, численность персонала и его квалификацию, является самым важным и имеет численное значение в представленной модели – $K_{пер}$=29,5. Значение фактора, определяющего создание высокоинтеллектуальных рабочих мест и их роботизацию, – $K_{роб}$=14,7. А вот абсолютные значения факторов, определяющие внедрение системы СМК на предприятии и информатизацию процессов, составят соответственно $K_{СМК}$=3,4 и $K_{инф}$=0,79. Влияние факторов меняется во временном промежутке. Если обратиться к анализу производительности труда за 2010–2019 гг., то с 2013 г. производительность труда на угольных предприятиях Кузбасса начинает увеличиваться значительно более высокими темпами по сравнению с предыдущим периодом, что связано с ростом мировых цен на энергоносители, внедрением новой техники, активным использованием инновационных методов управления, а также с цифровизацией отдельных производственных процессов на шахтах и разрезах[12]. Это может повлечь за собой перераспределение численных значений факторов, влияющих на производительность труда. Полученная мультипликативная модель, связывающая факторы производительности труда, принимает следующий вид:

$$Y = (K_{пер} \cdot K_{роб} \cdot K_{СМК} \cdot K_{инф}) \cdot t + a =$$
$$= (29,5 \cdot 14,7 \cdot 3,4 \cdot 0,79) \cdot t + 1150,$$

где $K_{пер}$ – коэффициент влияния технической оснащенности и профессионализма персонала; $K_{роб}$ – коэффициент влияния уровня роботизации процесса добычи; $K_{СМК}$ – коэффициент влияния внедрения системы менеджмента качества на предприятии; $K_{инф}$ – коэффициент, определяющий влияние информационное обеспечение управления технологическими процессами на предприятии.

Предложенная модель дает возможность прогнозировать изменения производительности труда в угольной отрасли на основе учета факторов, влияющих на ее значение. Надо учитывать, что развитие отрасли на основе внедрения новых технологий угледобычи и организации производства приведет к тому, что значения факторных коэффициентов могут измениться, соответственно, полученную модель следует интерпретировать таким образом: чем больше значение новой переменной, тем она становится более важной, чем меньше значение новой переменной, тем она менее важна. Факторный анализ может быть ретроспективным, позволяющим выявлять причины прироста результативных показателей за прошлые периоды, и перспективным, который на основании поведения факторов позволяет определить результативные показатели в перспективе [20–22].

Возникает вопрос: каковы перспективы и основные направления повышения производительности труда на угольных предприятиях? На наш взгляд, можно выделить несколько таких направлений:

[12] Уголь России 2018…

Статья распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0 

DOI: 10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

- повышение уровня квалификации и образованности горняков, формирование профессиональных команд менеджеров и линейного персонала, что связано с появлением на шахте высокоинтеллектуальной техники;
- цифровизация на основе использования современных компьютерных технологий производственных процессов на предприятии, позволяющая принимать оперативные решения и организовывать работу забоев;
- интенсивный переход на концепцию бережливого производства, внедрение действенных систем менеджмента качества;
- переход от традиционной шахты к «интеллектуальной», позволяющей в режиме реального времени отслеживать передвижение объектов на шахте, повысить уровень безопасности работы и избежать убытков из-за непредвиденных простоев, обусловленных недостаточной организацией процессов добычи.

Производительность труда напрямую влияет на экономические показатели работы предприятия. Учитывая цену товара на рынке, можно легко выразить производительность труда в стоимостном показателе. Рост производительности труда напрямую влияет на себестоимость производимой продукции, прибыль предприятия. Повышение производительности труда связано с изменением затрат производства, поэтому необходимо управление процессами, направленными на повышение производительности труда, их планирование и координирование. В системе управления производительностью труда на предприятии сочетаются два направления: мотивационное и техническое. Это обусловлено тем, что, с одной стороны, на предприятии усиливается заинтересованность в повышении производительности труда и обеспечении условий ее роста с учетом высокой волатильности угольного рынка, меняющейся внешней и внутренней рыночной конъюнктуры, тесной связи с ситуацией не только на энергетическом, но и на металлургическом рынках. С другой стороны, производительность труда напрямую обусловлена технической оснащенностью угольного предприятия. Статистика показывает, что в периоды, когда стоимость угля на рынках была достаточно высока, производительность труда в стоимостных показателях оказывалась выше, чем в периоды, когда цена на уголь снижалась. Следовательно, для получения адекватной оценки роли самого предприятия целесообразно рассматривать в первую очередь натуральные показатели, а затем стоимостные.

Предложенная модель позволяет оценить изменения в производительности труда в среднесрочной перспективе с учетом изменения факторов, влияющих на угледобычу. Стоит принять во внимание тот факт, что, по мнению аналитиков, что рост железнодорожных тарифов в 2,5 раза в перспективе до 2030 г., позволит возместить затраты угольным предприятиям при уровне цен на энергетический уголь в пределах 95–100 долларов, а дальнейший рост тарифов на перевозку в 4 раза вызовет рост затрат, которые смогут быть покрыты ценой на уголь не менее 120 долларов за тонну. Современные события свидетельствуют, что после 4 лет роста (с 2015 г. по 2018 г.) в настоящее время рынок угля характеризуется неблагоприятной ценовой конъюнктурой. Для рынка энергетического и коксующегося углей решающими остаются фундаментальные факторы спроса и предложения, перекосы баланса рынка в ту или иную сторону. Крупными игроками на азиатском угольном рынке остаются Китай, Индия и Япония. Потребление угля в этих странах формируется на основании политики поддержки своих производителей или импортозамещения (Индия). В Европе благодаря теплым зимам 2018–2020 гг. потребление угля тоже снизилось за счет сформированных запасов предшествующего периода. По мнению аналитиков, и в краткосрочной, и в среднесрочной перспективе в период с 2020 г. по 2023 г. будет сохраняться неблагоприятная ситуация на угольном рынке [10].

Скорректированная стратегия развития Кузбасса с учетом складывающейся ситуации предполагает при реализации благоприятного сценария достичь в 2035 г. добычи 297 млн т угля, а при реализации пессимистического сценария – остановиться на рубеже в 235 млн т. Ситуация с ценами на энергетический уголь в 2019 г. была неблагоприятной и составляла, по данным Ростерминалугля[13], 55 долларов за тонну по условиям поставки FOB. По коксующимся углям ситуация тоже неблагоприятная: стоимость в 2019 г. в среднем составляла 160–164 долларов за тонну. Изменение потребления угля быстро отражается на его цене, волатильность достаточно стремительна. Такая ситуация может неблагоприятно отразиться на производительности труда работников угольных предприятий. Здесь возможно развитие по двум вариантам.

При первом варианте угольные компании, сохраняя кадровый потенциал, в краткосрочной перспективе не увеличивают производительность труда, не внедряют новое горнодобывающее оборудование, но при этом не повышается заработная плата сотрудников. Инвестиции направляются в организацию процессов и цифровизацию работы угольных компаний. Во втором варианте происходит сокращение персонала, внедрение современной техники, роботизация добычи, что повышает выработку на одного работника. В соответствии с этим, в предложенную модель можно включить коэффициент, учитывающий влияние на производительность труда эластичности спроса на уголь, тогда она примет вид:

$$Y = K_{эл.цены}(K_{пер} \cdot K_{роб} \cdot K_{СМК} \cdot K_{инф}) \cdot t + a,$$

[13] Динамика и прогноз мировых цен на уголь // УГМК-Холдинг. Режим доступа: https://ugmk.com/analytics/surveys_major_markets/coal/ (дата обращения: 23.03.2020).

 Статья распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

DOI: 10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

где $K_{эл.цены}$ – коэффициент влияния эластичности цены на производительность труда.

Рост производительности труда в угольной отрасли тесно связан с ценами на уголь, реализуемый как на внешнем, так и на внутреннем рынках. Достаточно большая доля кузбасского угля направляется на экспорт в страны Юго-Восточной Азии из порта Восточный, где расположен крупнейший угольный терминал России. Цена на энергетический уголь, отгружаемый в порту Восточный по условиям *FOB* за период с 2014 г. до начала 2019 г. в зависимости от марки, составляла от 75 до 94 долларов за тонну, к концу года снизилась до 55–70 долларов [10]. Динамические ряды изменения цен на уголь и производительность труда в отрасли по энергетическим и коксующимся углям практически совпадают.

Возникает вопрос: как меняется эластичность производительности труда в зависимости от изменения мировых цен на уголь и стоит ли корректировать производительность труда в отрасли в зависимости от изменения цен на продукцию? В этом случае эластичность производительности труда от цены представим в виде формулы:

$$E = \frac{\Delta Q_{пр}}{\Delta P} = \frac{Q_2 - Q_1}{Q_1} \div \frac{P_2 - P_1}{P_1}, \%,$$

где $Q_1$ – производительность труда в предшествующем периоде, т/человека; $Q_2$ – производительность труда в последующем периоде, т/ человека; $P_1$ – цена предыдущего периода, долларов/т; $P_2$ – цена последующего периода, долларов/т.

Дифференциальные показатели эластичности за период с 2014 г. по 2019 г. приведены в таблице [11]. Как видно из таблицы, коэффициент эластичности производительности труда в зависимости от цены имеет разнонаправленные показатели, при этом эластичность по производительности меньше 1, т.е. выявить явную закономерность изменения производительности от цены достаточно сложно. Это связано в первую очередь с тем, что изменение цен на уголь во многом зависит от развития ситуации на металлургическом и энергетическом рынках, изменении спроса на рынке материалов, при производстве которых используются коксующийся уголь и, соответственно, теплоэнергетические ресурсы. Тем не менее, анализируя изменение коэффициента эластичности по производительности, можно сделать вывод, что рост цен на уголь приводит к росту коэффициента и, следовательно, угольные компании проводят политику увеличения производительности труда на основе внедрения нового оборудования, инновационных методов добычи, улучшения организации производства. Причем эта тенденция более заметна на предприятиях, добывающих коксующийся уголь.

К сожалению, аналитики прогнозируют снижение цен на коксующийся и энергетический уголь до 2023 г. По их мнению, он будет продаваться по цене 148–149 долларов на тонну и 78–79 долларов на тонну соответственно [10]. Вновь возникает вопрос: как же будет изменяться производительность труда в данном периоде? По нашему мнению, возможно два варианта развития событий. В первом варианте, учитывая, что внедрение нового оборудования и технического переоснащения является составной частью долгосрочных планов развития предприятий и будет способствовать росту производительности труда, этот рост будет замедляться, т. к. объем добычи угля не будет увеличиваться ввиду стабилизации спроса. На мировые цены традиционно будут влиять цены на коксующийся уголь, кокс и сталь на внутреннем рынке Китая, являющегося крупнейшим импортером и экспортером в мире. Ситуация с короновирусом, несмотря на то, что она является медицинской проблемой, может существенно обрушить угольный рынок. Падение объемов производства в связи с пандемией существенно снижает потребление угля как в энергетике (аналитики прогнозировали снижение потребления электроэнергии только в Китае в 2020 г. на 73 млрд кВт·час), так и коксующегося угля, используемого в металлургии при производстве стали. В прогнозном периоде до 2024 г. цена коксующегося угля будет колебаться от 130 до 170 долларов на тонну [10]. Но в этом же периоде ожидается всплеск поставок в страны Евразийского союза, Германию, Польшу и Прибалтику, что позволит удержать положительные темпы роста производительности труда в перспективе.

Второй вариант связан с экономической политикой в области угольной промышленности. В частности,

**Табл. Дифференциальные показатели эластичности производительности труда в зависимости от цены на уголь**

**Tab. Differential indicators of flexibility of labor efficiency depending on the coal price**

| Показатель | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Энергетический уголь* | | | | | | |
| Производительность труда, т/человек | 283 | 288 | 290 | 327 | 350 | 355 |
| Цена угля, долларов/т | 75 | 61 | 67 | 88 | 103 | 70 |
| Эластичность по производительности | – | –0,091 | 0,07 | 0,405 | 0,41 | –0,045 |
| *Коксующийся уголь* | | | | | | |
| Производительность труда, т/человек | 282 | 289 | 303,6 | 313,9 | 330,4 | 335,5 |
| Цена угля, долларов/т | 104 | 83 | 129 | 165 | 181 | 164 |
| Эластичность по производительности | – | –0,09 | 0,013 | 0,46 | 0,73 | –0,154 |

Статья распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

DOI: 10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

в «Стратегии социально-экономического развития Кемеровской области на период до 2035 года» предусматривается сокращение количества работников, занятых в угольной промышленности[14]. В этом случае предприятия на основе использования инновационных методов добычи, внедрения новой техники, перехода к концепции «интеллектуальной» шахты (разреза), будут внедрять программы повышения производительности труда в отрасли в сочетании с поддержкой роста производительности труда на федеральном уровне, когда в программах развития угольной промышленности прогноз добычи угля в стране оценивается повышательной тенденцией (к 2035 г. прогнозируется на уровне 480 млн т)[15] [23].

В основе качественного повышения производительности труда угледобывающих предприятий РФ и Кузбасса в перспективе лежит применение инноваций, способных кардинально изменить угольную промышленность и вывести ее на новый уровень высокой конкурентоспособности и эффективности. Но с повышением производительности труда проявляется и негативная сторона, связанная с высвобождением работников предприятий и ростом безработицы. С учетом специфики моногородов Кузбасса возникает проблема отсутствия свободных рабочих мест, где бывшие горняки могли бы реализовывать свои компетенции, также необходима переподготовка уволенного персонала для новых профессий. Для решения этих сложных вопросов, на наш взгляд, необходимо учесть опыт Великобритании по реструктуризации угольной промышленности, «превратившей Северо-Восток Англии, где было сосредоточено большинство шахт, в «индустриальную пустыню и экономически убыточный регион»[16] и недавний опыт реструктуризации угольной промышленности России, чтобы не повторять ошибки прошлого [23; 24].

**Заключение**

На примере угольной промышленности Кузбасса авторами сделана попытка исследования производительности труда в разрезе оценки влияния основных факторов, таких как внедрение новой техники и технологий угледобычи, формирование квалифицированных кадров, роботизация основных процессов угледобычи, внедрение системы менеджмента качества и информационных технологий и др. С использованием мультипликативной модели оценки ключевых факторов производительности труда в угольной отрасли выполнен прогноз ее динамики до 2035 г. С точки зрения авторов, в ситуации ухудшения мировой конъюнктуры на угольном рынке возможно удержать положительные темпы роста производительности труда в перспективе путем оптимизации поставок, с одной стороны, и государственной поддержки реструктуризации угольной промышленности России, с другой.

**Литература**

1. Kudryashova I., Venger M., Zakharova N. Ecological aspects of coal mining enterprises' activity in conditions of digitalization // E3S Web of Conf.: Proc. IV Intern. Innovative Mining Symposium. 2019. Vol. 105. DOI: 10.1051/e3sconf/201910502005
2. Буфетова А. Н. Пространственные аспекты динамики производительности труда в России // Мир экономики и управления. 2017. Т. 17. № 4. С. 142–157. DOI: 10.25205/2542-0429-2017-17-4-142-157
3. Михеева Н. Н. Сравнительный анализ производительности труда в российских регионах // Регион: экономика и социология. 2015. № 2. С. 86–112. DOI: 10.15372/REG20150605
4. Алексеев Ю. Г. Анализ и оценка эффективности труда // Новая наука: Стратегии и векторы развития. 2017. Т. 1. № 3. С. 175–177.
5. Воронин С. И., Пестов В. Ю., Тройнина В. О. Организационные аспекты повышения производительности труда в условиях инновационной экономики // Экономинфо. 2017. № 1-2. С. 28–31.
6. Кучина Е. В., Тащев А. К. Методологические подходы к оценке производительности труда на микроуровне // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2017. Т. 11. № 2. С. 42–47. DOI: 10.14529/em170206
7. Трушина Г. С. Значение экономико-математических методов в изыскании резервов роста и прогнозировании производительности труда (на примере шахт Кузбасса) // Известия вузов. Горный журнал. 2019. № 1. С. 95–102. DOI: 10.21440/0536-1028-2019-1-95-102
8. Егорова М. С., Марьин П. В. Структурно-логическая модель факторной системы производительности труда // Молодой ученый. 2015. № 11-4. С. 95–98.
9. Лукин Е. В. Методический инструментарий оценки влияния межрегионального взаимодействия на экономическое развитие // Гуманитарные научные исследования. 2015. № 4-3. С. 156–161.
10. Pett M. A., Lackey N. R., Sullivan J. J. Making sense of factor analysis: the use of factor analysis for instrument development in health care research. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2003. 348 p.

[14] Там же.

[15] Стратегия социально-экономического развития Кемеровской области до 2035 года // Администрация Правительства Кузбасса. Режим доступа: https://кузбасс-2035.рф (дата обращения: 28.02.2020).

[16] Маргарет Тетчер и шахтеры // Livejournal. Режим доступа: https://nevest-kto.livejournal.com/15088.html (дата обращения: 28.02.2020).

 Статья распространяется на условиях лицензии Creative Commons Attribution 4.0

DOI: 10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

11. Таразанов И. Г., Губанов Д. А. Итоги работы угольной промышленности России за январь – декабрь 2019 года // Уголь. 2020. № 3. С. 54–69. DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-54-69
12. Краснянский Г. Л., Ревазов М. А. Современное состояние угольной промышленности и перспективы инновационного развития. М.: Горная книга, 2010. 33 с.
13. Плакиткина Л. С. Систематизация основных направлений инновационных решений в угольной промышленности России. Основные инновационные решения в области добычи угля // Горная Промышленность. 2015. № 3. Режим доступа: https://mining-media.ru/ru/article/anonsy/8820- (дата обращения: 23.03.2020).
14. Кочурова Л. И., Харлампенков Е. И., Клещевский Ю. Н., Энгель С. Л., Андреев В. В. Аутсорсинг: методологическая оценка опыта его использования на российских предприятиях // Вестник Российского экономического университета имени Г. В. Плеханова. 2020. Т. 17. № 2. С. 133–143. DOI: 10.21686/2413-2829-2020-2-133-143
15. Орехов В. И., Орехова Т. Р., Карагодина О. В. Антикризисная модель роста экономики России на основе обеспечения повышения производительности труда. М.: ИНФРА-М, 2018. 111 с.
16. Пономарев А. Успех отрасли – в партнерстве // Уголь Кузбасса. 2018. № 5. С. 26–29.
17. Каренов Р. С., Каренова Г. С. Проблемы менеджмента затрат на горнодобывающих предприятиях Казахстана. Караганда: ИПЦ «Профобразование», 2007. 230 с.
18. Чайковская И. Н. Формирование системы менеджмента качества в современных условиях на угледобывающих предприятиях // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2009. № 4. С. 72–75.
19. Данилова И. В., Каретникова Т. М., Амирова Т. Ф. Влияние информационно-коммуникационного сектора на производительность труда в экономике РФ // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2019. Т. 13. № 2. С. 45–53. DOI: 10.14529/em190205
20. Харлампенков Е. И., Кудряшова И. А. Современные аспекты повышения производительности труда в угольной промышленности Кузбасса // Проблемы социально-экономического развития Сибири. 2019. № 1. С. 90–95.
21. Маев Д. В., Гращенкова Н. В. Совершенствование производственной системы предприятия через повышение качества и увеличение производительности труда // Вестн. Удм. ун-та. Сер. Экономика и право. 2017. Т. 27. № 5. С. 39–47.
22. Магомедгаджиев Ш. М. Анализ влияния информационно-коммуникационных технологий на производительность труда в регионах РФ // Региональные проблемы преобразования экономики. 2009. № 4. С. 318–324.
23. Таразанов И. Г. Итоги работы угольной промышленности России за январь – декабрь 2018 года // Уголь. 2019. № 3. С. 64–79. DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-64-79
24. Белякова Г. Я., Фаскевич Н. В., Дулесов А. Н. Управление развитием угольной промышленности на региональном рынке // Проблемы социально-экономического развития Сибири. 2018. № 4. С. 17–21.

original article

## Factor Model of Labor Productivity in the Coal Industry

Evgeny I. Kharlampenkov [a, b]; Irina A. Kudryashova [a, ,b, @]
[a] Plekhanov Russian University of Economics (Kemerovo branch), Russia, Kemerovo
[b] Kemerovo State Medical University, Russia, Kemerovo
[@] kudrina2007@mail.ru

Received 22.04.2020. Accepted 20.10.2020.

**Abstract:** The article introduces the problem of increasing the labor efficiency at Russian coal enterprises. Using the case of Kuzbass, the authors examined factors that affect labor efficiency in coal industry, e.g. new equipment and mining technologies, qualified personnel, robotics, new quality management and information technologies, etc. They used a multiplicative model to estimate the key factors and made forecast of its dynamics up to 2035 for open and underground mining. The authors believe that effective models of mining enterprise management are impossible without a radical increase in labor efficiency, since it indicates labor costs in the production of the final product per unit of time. Labor efficiency in the open-pit mining is higher, as it has lower labor costs and offers a simple and safe way of organizing labor processes. However, new equipment can increase the efficiency of underground mining. Underground mines also demonstrate a faster growth of labor efficiency than open pits. The authors justified the need to assess labor efficiency using a system analysis and a multiplicative model. As global coal market continues to deteriorate, mining labor efficiency can still maintain positive long-term rates of growth if it manages to optimize deliveries and increase the labor efficiency at the federal level. The research possesses considerable theoretical and practical significance as it offers a solution for of the most relevant challenges.

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License 

DOI: 10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

**Keywords:** multiplicative model, elasticity of labor efficiency, labor intensity, labor costs, coal mining region, world coal prices, economic policy

**For citation:** Kharlampenkov E. I., Kudryashova I. A. Factor Model of Labor Productivity in the Coal Industry. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriia: Politicheskie, sotsiologicheskie i ekonomicheskie nauki*, 2020, 5(4): 557–567. (In Russ.) DOI: https://doi.org/10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

**References**

1. Kudryashova I., Venger M., Zakharova N. Ecological aspects of coal mining enterprises' activity in conditions of digitalization. *E3S Web of Conf.*: Proc. IV Intern. Innovative Mining Symposium, 2019, vol. 105. DOI: 10.1051/e3sconf/201910502005
2. Bufetova A. N. Spatial aspects of labour productivity dynamics in Russia. *World of Economics and Management*, 2017, 17(4): 142–157. (In Russ.) DOI: 10.25205/2542-0429-2017-17-4-142-157
3. Mikheyeva N. N. Workforce productivity in Russian regions: comparative analysis. *Region: ekonomika i sotsiologiya*, 2015, (2): 86–112. (In Russ.) DOI: 10.15372/REG20150605
4. Alekseev Yu. G. Analysis and evaluation of the efficiency of labor. *Novaia nauka: Strategii i vektory razvitiia*, 2017, 1(3): 175–177. (In Russ.)
5. Voronin S. I., Pestov V. Y., Troinina V. O. Organizational aspects of increase of labour productivity in the conditions of innovative economy. *Econominfo*, 2017, (1-2): 28–31. (In Russ.)
6. Kuchina E. V., Taschev A. K. Methodological approaches to the estimation of labor productivity at the micro level. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2017, 11(2): 42–47. (In Russ.) DOI: 10.14529/em170206
7. Trushina G. S. The significance of economic-mathematical methods in growth reserves investigation and labour productivity forecast (by the example of Kuzbass mines). *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal*, 2019, (1): 95–102. (In Russ.) DOI: 10.21440/0536-1028-2019-1-95-102
8. Egorova M. S., Marin P. V. Structural and logical model of factor system of labor productivity. *Molodoi uchenyi*, 2015, (11-4): 95–98. (In Russ.)
9. Lukin Ye. V. Methodical tools to assess the impact of inter-regional cooperation on economic development. *Gumanitarnye nauchnye issledovaniia*, 2015, (4-3): 156–161. (In Russ.)
10. Pett M. A., Lackey N. R., Sullivan J. J. *Making sense of factor analysis: The use of factor analysis for instrument development in health care research*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, 2003, 348.
11. Tarazanov I. G., Gubanov D. A. Russia's coal industry performance for January – December, 2019. *Ugol*, 2020, (3): 54–69. (In Russ.) DOI: 10.18796/0041-5790-2020-3-54-69
12. Krasnianskii G. L., Revazov M. A. *Current state of the coal industry and prospects for innovative development*. Moscow: Gornaia kniga, 2010, 33. (In Russ.)
13. Plakitkina L. S. Classification of main areas of innovative solutions in the Russian coal sector. Key innovative solutions for coal mining. *Gornaya promyshlennost*, 2015, (3). Available at: https://mining-media.ru/ru/article/anonsy/8820- (accessed 23.03.2020). (In Russ.)
14. Kochurova L. I., Kharlampenkov E. I., Kleshchevskiy Yu. N., Engel S. L., Andreev V. V. Outsourcing: assessment of the experience of its use at Russian enterprises. *Vestnik Rossiyskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G. V. Plekhanova*, 2020, 17(2): 133–143. (In Russ.) DOI: 10.21686/2413-2829-2020-2-133-143
15. Orekhov V. I., Orekhova T. R., Karagodina O. V. *Anti-crisis model of Russian economic growth based on ensuring increased labor productivity*. Moscow: INFRA-M, 2018, 111. (In Russ.)
16. Ponomarev A. The success of the industry is in partnership. *Ugol Kuzbassa*, 2018, (5): 26–29. (In Russ.)
17. Karenov R. S., Karenova G. S. *Problems of cost management at mining enterprises of Kazakhstan*. Karaganda: IPTs "Profobrazovanie", 2007, 230. (In Russ.)
18. Chaikovskaya I. N. Forming of quality management system in the present conditions at coal mining enterprises. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*, 2009, (4): 72–75. (In Russ.)
19. Danilova I. V., Karetnikova T. M., Amirova T. F. The impact of the ict sector on labor productivity in the Russian economy. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management*, 2019, 13(2): 45–53. (In Russ.) DOI: 10.14529/em190205
20. Kharlampenkov E. I., Kudryashova I. A. Modern aspects of increasing labor productivity in Kuzbasscoal industry. *Problemy sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia Sibiri*, 2019, (1): 90–95. (In Russ.)
21. Maev D. V., Grashchenkova N. V. Improvement of production system of enterprise through increase of quality and labor productivity. *Vestn. Udm. un-ta. Ser. Ekonomika i pravo*, 2017, 27(5): 39–47. (In Russ.)

 This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

DOI: 10.21603/2500-3372-2020-5-4-557-567

22. Magomedgadzhiev Sh. M. The analysis of influence of information-communication technologies on labour productivity in regions Russian Federations. *Regionalnye problemy preobrazovaniia ekonomiki*, 2009, (4): 318–324. (In Russ.)
23. Tarazanov I. G. Russia's coal industry performance for January – December, 2018. *Ugol*, 2019, (3): 64–79. (In Russ.) DOI: 10.18796/0041-5790-2019-3-64-79
24. Belyakova G. Ya., Faskevich N. V., Dulesov A. N. Coal industry development management in the regional market. *Problemy sotsialno-ekonomicheskogo razvitiia Sibiri*, 2018, (4): 17–21. (In Russ.)

This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License 