

# Методика проведения аудита цифровой зрелости организаций угледобывающей промышленности

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-12-24-29>



## ЦИВИЛЕВА А.Е.

Канд. экон. наук,  
председатель совета директоров  
АО «Колмар Груп»,  
678960, г. Нерюнгри, Россия,  
e-mail: [office@kolmar.ru](mailto:office@kolmar.ru)



## ГОЛУБЕВ С.С.

Доктор экон. наук, профессор,  
профессор кафедры  
экономики и управления  
Московского государственного  
юридического университета  
имени О.Е. Кутафина,  
107023, г. Москва, Россия,  
e-mail: [sergei.golubev56@mail.ru](mailto:sergei.golubev56@mail.ru)

В статье рассматриваются концептуальные подходы и методика оценки уровня развития цифровых технологий на предприятиях угольной промышленности. Актуальность внедрения цифровых технологий в угольной отрасли несомненна. Однако в настоящее время научно-методический аппарат аудита цифровой зрелости организаций угольной промышленности развит недостаточно полно. Авторами предлагается методика аудита цифровой зрелости угледобывающего предприятия на основе новой совокупности показателей, учитывающих особенности развития цифровых технологий по различным направлениям организаций угледобывающей промышленности. Она позволит провести комплексную оценку уровня цифровизации угледобывающих компаний, выявить слабые места и определить направления первостепенного развития в области цифровизации.

**Ключевые слова:** цифровая зрелость, угледобывающие предприятия, цифровая трансформация, аудит, интегральный показатель, эффективность, цифровые технологии добычи и переработки угля.

**Для цитирования:** Цивилева А.Е., Голубев С.С. Методика проведения аудита цифровой зрелости организаций угледобывающей промышленности // Уголь. 2023. № 12. С. 24-29. DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-24-29.

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность внедрения цифровых технологий обусловлена необходимостью их внедрения на предприятиях угледобывающей промышленности как драйвера повышения эффективности их работы, снижения транзакционных издержек, увеличения производительности труда и повышения безопасности работы горняков [1].

Сегодня существует достаточно много прогнозов в области перспектив цифровизации. Так, по оценкам MacKinsey [2], реальными перспективами отраслевого развития в цифровой экономике являются: повышение производительности труда за счет автоматизации работ на 45–55%; уменьшение простоев оборудования на 30–50%; снижение затрат на техническое обслуживание на 10–40%.

Максимальная автоматизация угледобывающих процессов и дальнейший переход от выполнения операций к управлению являются основой перехода к цифровому угледобывающему предприятию. Объединение всех цифровых технологий предприятия в единую систему позволит обеспечить максимальную эффективность и безопасность добычи угля [3].

Вместе с тем предприятиям сложно определить, какой уровень цифровой зрелости достигнут и что еще предстоит сделать по цифровизации угледобывающих компаний. Целью проведенного исследования является разработка методики проведения аудита цифровой зрелости организаций угледобывающей промышленности с учетом их особенностей.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ПОНЯТИЙНЫЙ АППАРАТ

Исследование проводилось на основании изучения автором этапов цифровизации угледобывающих компаний и направлений цифровизации на них, рассматривались существующие методики оценки цифровой зрелости других промышленных предприятий, анализировались возможности их применения предприятиями угледобывающей отрасли России [4].

Цифровая зрелость — это уровень цифрового развития компании, способность создавать ценности и улучшать бизнес-процессы с помощью цифровых технологий. [5].

### КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ КОМПАНИЙ

Оценка уровня цифровой зрелости будет проводиться на основе 18 показателей оценки, формирующих структуру оценки цифровой зрелости угледобывающих предприятий, каждый из которых предназначен для анализа отдельного направления цифровизации (рис. 1) [6].

Первые 15 показателей характеризуют базовые инструменты цифровизации, а последние три используются для оценки уровня применимости передовых технологий и их взаимосвязи с базовыми инструментами [7]. Методика позволяет определить общий уровень импортозамещения прикладного, а также общесистемного программного обеспечения [8].

Согласно разработанной методике, организации с высоким уровнем цифровой зрелости имеют на всех автоматизированных рабочих местах (АРМ) лицензионные программные продукты, находятся в локальной сети предприятия и имеют возможность взаимодействия как с управляющей компанией, так и с другими организациями. В управляющих компаниях, всё используемое горно-шахтное оборудование интегрировано в сеть передачи данных организации и может осуществлять обмен информацией с системами управления предприятием и др. При этом предприятием обеспечивается соблюдение требований Фе-



Рис. 1. Показатели для оценки уровня цифровой зрелости угледобывающего предприятия

Fig. 1. Indicators for assessing the digital maturity level of a coal mining operation

дерального закона от 26 июля 2017 г. № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» и регуляторов в области информационной безопасности (ФСТЭК России) [9, 10, 11].

### АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Расчет первого показателя включает оценку количества необходимых классов программного обеспечения (ПО), унификации ПО и доли лицензионного ПО.

Оценка необходимых классов ПО вычисляется путем анализа наличия на предприятии следующих классов программного обеспечения: CAD (без учета ECAD), ECAD (без учета механических CAD), CAE, CAPP, CAM, PDM, ERP, Системы управления бухгалтерским учетом, Системы бюджетирования, Системы управления проектами, Системы управления персоналом, MRP II, ILS, ПО для ИЭТР, MDM, СЭД, EAM [10].

При наличии в классе ПО хотя бы одного наименования программного продукта данному классу ПО присваивает-

ся значение «1». Максимальный балл по данному показателю равен 17.

Показатель (доля лицензионного ПО) вычисляется для каждого его класса по формуле (1):

$$S_n = a_1 + a_2/a_1 + a_2 + b_1 + b_2, \quad (1)$$

где  $S$  – доля лицензионного ПО,  $n$  – порядковый номер класса ПО,  $a_1$  – количество официальных лицензий отечественного ПО,  $a_2$  – количество официальных лицензий зарубежного ПО,  $b_1$  – количество прочих копий лицензий отечественного ПО,  $b_2$  – количество прочих копий лицензий зарубежного ПО. Для получение итоговой оценки показателя проведем вычисления согласно формуле (2):

$$R_1 = \sum S_n / 17, \quad (2)$$

где  $S_n$  – доля лицензионного ПО для каждого класса ПО.

Под системами-консолидаторами в рамках методики подразумеваются следующие системы: PDM, MRP-II, ERP, MDM, ILS. Оценка по каждому классу ПО выставляется бинарно: при наличии системы вышеуказанного класса присваивается 1 балл, при отсутствии – 0. Итоговый балл  $R_2$  формируется как отношение суммы баллов по каждому классу ПО к максимальному количеству баллов, которое в данном показателе равно 5.

Показатель 3 анализируется на основании данных о доле дочерних обществ, применяющих каждый из трех возможных типов передачи данных (далее –  $a_1, a_2, a_3$ ).

Для формирования единой оценки по данному показателю вводится система весовых коэффициентов: при передаче информации между системами-консолидаторами автоматически присваивается вес  $p_1 = 2$ , при передаче информации дискретно автоматизированно присваивается вес  $p_2 = 1$ , при передаче информации дискретно вручную присваивается вес  $p_3 = 0,5$ , при частичном отсутствии систем-консолидаторов присваивается вес  $p_4 = 0,25$ , при отсутствии систем-консолидаторов присваивается вес  $p_5 = 0$ . Итоговый показатель формируется согласно формуле (3):

$$R_3 = \sum a_n p_n / \text{максимальное количество баллов}. \quad (3)$$

Максимальное количество баллов в данном показателе равно 2.

При оценке показателя 4 оцениваются общая обеспеченность работников автоматизированными рабочими местами и доля автоматизированных рабочих мест работников по типу подключения к сети.

Данные по общей обеспеченности предприятия автоматизированными рабочими местами формируются по формуле (4):

$$R_{4.1} = \frac{\text{Общее количество АРМ}}{\text{Общее количество с потребностью в АРМ}} \cdot \quad (4)$$

Далее формируются данные о доле АРМ по типу подключения к сети. Присвоим типам «без сети», «в локальной сети подразделения», «в локальной сети подразделения и предприятия», «в локальной сети подразделения, предприятия и управляющей компании» наименования « $a_1$ », « $a_2$ », « $a_3$ », « $a_4$ » соответственно. Для формирования единой оценки по типу подключения АРМов к сети введена система весовых коэффициентов: без сети –  $p_1 = 0$ , в локальной

сети подразделения –  $p_2 = 1$ , в локальной сети подразделения и предприятия –  $p_3 = 2$ , в локальной сети подразделения, предприятия и управляющей компании –  $p_4 = 3$ . Далее по формуле, аналогичной формуле (3), вычисляется оценка интегрированной структуры. Итоговая оценка данного показателя связывает общую обеспеченность АРМ и тип подключения существующих АРМ по формуле:

$$R_4 = R_{4.1} \times R_{4.2} / \text{максимальное количество баллов}.$$

Максимальное количество баллов в данном показателе равно 3.

Показатель 5 формируется путем оценки трех различных показателей.

Первый показатель  $R_{5.1}$  оценивается в зависимости от распределения доли ДЗО по вариантам применения центров обработки информации (ЦОД) и хранилищ данных:  $a_1$  – применяется свой ЦОД, %,  $a_2$  – применяется ЦОД управляющей компании интегрированной структуры, %,  $a_3$  – применяется ЦОД, арендованный у сторонней организации вне контура интегрированной структуры, %,  $a_4$  – ЦОД не применяется, но имеется потребность, %,  $a_5$  – ЦОД не применяется, %.

Второй показатель  $R_{5.2}$  оценивается в зависимости от распределения доли ДЗО по применяемым регламентам резервного копирования с учетом весовых коэффициентов:  $a_1$  – автоматическое, %,  $a_2$  – автоматизированное, %,  $a_3$  – ручное, %.

Третий показатель  $R_{5.3}$  оценивается в зависимости от распределения доли ДЗО по категорированию ЦОДов и хранилищ данных с учетом весовых коэффициентов:  $a_1$  – открытое и дсп, %,  $a_2$  – секретно и выше, %,  $a_3$  – оба типа, %,  $a_4$  – отсутствует категорирование, %.

Для оценки применяются система весовых коэффициентов и формула, аналогичная формуле (3), а итоговая оценка показателя связывает общую обеспеченность АРМ и тип подключения существующих АРМ по формуле (5):

$$R_5 = R_{5.1} + R_{5.2} + R_{5.3} / \text{максимальное количество баллов}. \quad (5)$$

Максимальное количество баллов в данном показателе – 3.

Оценка применения суперкомпьютерных технологий (СКТ) проводится в несколько этапов: оценивается доля дочерних обществ, применяющих суперкомпьютерные технологии  $R_{6.1}$ , оцениваются стадии жизненного цикла, на которых применяются суперкомпьютерные технологии  $R_{6.2}$  [11].

Организации ОПК распределяются по типам:  $a_1$  – применяют СКТ,  $a_2$  – не применяют СКТ, но есть необходимость,  $a_3$  – нет необходимости применения СКТ.

По видам стадий, на которых применяются СКТ, организации ОПК распределяются с учетом весовых коэффициентов по следующим типам:  $a_1$  – при проектировании и моделировании испытаний,  $a_2$  – при производстве (подготовке к производству),  $a_3$  – при проектировании и моделировании испытаний, а также при производстве (подготовке к производству).

Для оценки применяются система весовых коэффициентов и формулы, аналогичные формулам (3) и (5). Максимальное количество баллов в данном показателе – 2.

Оценка общесистемного ПО проводится в несколько этапов: оцениваются наличие баз данных и принадлежность системы управления базами данных (СУБД) к российским или зарубежным разработчикам и оцениваются классы применяемого общесистемного ПО и степень их унификации.

Применительно к каждому классу программного обеспечения указывается применение баз данных и вычисляется доля СУБД отечественной разработки.

Далее вычисляется средний показатель доли баз данных под управлением отечественных СУБД по интегрированной структуре. Данному показателю присваивается переменная  $R_{7,1}$ .

Следующим шагом выявляются, какой спектр общесистемного ПО применяется, и степень его унификации в рамках интегрированной структуры  $R_{7,2}$  как отношение применяемых типов общесистемного ПО к общему количеству типов общесистемного ПО. В рамках общесистемного ПО анализируются следующие типы: операционные системы, антивирусное ПО, офисное ПО, гипервизоры. Итоговая оценка данного показателя связывает применение общесистемного ПО и баз данных по формуле, аналогичной формуле (5). Максимальное количество баллов в данном показателе – 2.

При оценке степени интеграции технологического оборудования рассматривается оборудование для следующих видов технологий: шахтные буровые установки и комбайны, шахтное вентиляционное оборудование, шахтные конвейеры и оборудование перемещения угля, угледробильное оборудование, оборудование обогащения угля, оборудование электроснабжения, оборудование водоотлива, оборудование многофункциональной системы безопасности, экскаваторы для открытых горных работ, бульдозеры для открытых горных работ, самосвалы для открытых горных работ.

Далее существуют три варианта:  $a_1$  – оборудование интегрировано с системами,  $a_2$  – оборудование не интегрировано с системами,  $a_3$  – нет необходимости интеграции оборудования. По формуле, аналогичной формуле (3), вычисляется оценка интегрированной структуры с учетом весовых коэффициентов  $p_n$  по степени интеграции оборудования. Максимальное количество баллов в данном показателе – 8.

В показателе 9 рассматривается оборудование для пяти видов деятельности: добыча угля шахтным способом, добыча угля открытым способом, обогащение угля, хранение угля и транспортировка угля.

Данный показатель  $R_9$  оценивается по доле вхождения в системы мониторинга оборудования предприятия.

При оценке степени унификации используемых систем управления нормативной справочной информацией (MDM) оценивается доля справочников, погруженных в MDM-системы  $c$ , доля справочников вне MDM-систем по показателям  $d$  – доля справочников, синхронизированных между ПО различных классов, и показателю  $f$  – доля справочников, синхронизированных между ДЗО.

Оценка интегрированной структуры по применению MDM-систем рассчитывается по формуле (6):

$$R_{10} = \frac{a+b+c+0,8 \times (d+f)}{5} \quad (6)$$

В показателе 11 наличие стандартов организации в области ИТ рассматриваются стандарты, регламентирующие применение ПО по классам задач при проектировании, производстве и эксплуатации изделий, порядок использования бизнес-процессов, реализованных в различных классах задач, порядок применения отчетных форм, порядок применения BI-аналитики.

Далее по формуле (7) вычисляется оценка интегрированной структуры по степени применения стандартов в области ИТ:

$$R_{11} = \sum a_n p_n / m, \quad (7)$$

где  $m = 4 \times$  количество ДЗО,  $a_n$  – количество дочерних обществ, применяющих от 0 до 4 типов стандартов,  $p_n$  – весовой коэффициент.

В показателе применения BI-аналитики рассматривается доля интегрированных систем принятия решения со следующими классами программного обеспечения:  $a_1$  – системы управления инженерными данными (PDM), %,  $a_2$  – управление производством, %,  $a_3$  – управление складскими запасами, %,  $a_4$  – управление снабжением, %,  $a_5$  – управление бюджетированием, %,  $a_6$  – управление бухгалтерией, %,  $a_7$  – управление интерактивного электронно-технического руководства (ИЭТР), %,  $a_8$  – системы мониторинга загрузки оборудования, %.

Далее результирующий показатель для данного показателя вычисляется по формуле (8):

$$R_{12} = \sum a_n / 8. \quad (8)$$

При оценке показателя применения систем организационного распорядительного документооборота  $R_{13}$  оценивается доля АРМ в организациях, в которых применяется соответствующий тип ЭЦП.

Аналогично оцениваются показатели автоматизации управления контрактной деятельностью  $R_{14}$  и применение системы управления межзаводской кооперацией  $R_{15}$ .

Мероприятия по повышению квалификации персонала оцениваются по наличию аттестованных специалистов в разрезе классов ПО за прошедший год показателем  $R_{16}$ .

В показателе  $R_{17}$  рассматривается глубина внедрения BIM-систем до следующих уровней:  $a_1$ : не применяют BIM-системы,  $a_2$ : производство,  $a_3$ : участок,  $a_4$ : проходческое оборудование,  $a_5$ : энергетическое оборудование,  $a_6$ : системы складов,  $a_7$ : детали/запасные части,  $a_8$ : техпроцессы,  $a_9$ : работники.

Далее рассматривается доля дочерних (зависимых) обществ, в которых BIM-системы внедрены до конкретного уровня с учетом весовых коэффициентов и по формуле, аналогичной формуле (3), вычисляется оценка интегрированной структуры по степени применения BIM-систем. Максимальное количество баллов в данном показателе – 8.

В показателе  $R_{18}$  рассматривается степень выполнения требований законодательства в области информационной безопасности дочерними (зависимыми) обществами, например, наличие на предприятии назначенных должностных лиц, ответственных за организацию и контроль состо-



яния защиты информации, управление (администрирование) системой защиты информации автоматизированной (информационной) системы, регламенты выявления инцидентов и реагирования на них и др.

### ФОРМИРОВАНИЕ ИТОГОВОЙ ОЦЕНКИ ЦИФРОВОЙ ЗРЕЛОСТИ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

По результатам расчета всех 18 показателей формируется диаграмма цифровой зрелости угледобывающего предприятия (рис. 2).

В результате вычисляется итоговый показатель уровня цифровой зрелости угледобывающих предприятий по формуле (9):

$$R = \sum R_n / m \times 100\%, \quad (9)$$

где  $m$  – максимальное количество баллов (равно 20). Для представленной диаграммы он составил 76,55%.

Также формируются оценка уровня цифровизации согласно формуле (10) и уровень применения передовых технологий согласно формуле (11).

$$R = (\sum R_n - R_5 - R_6 - R_{17}) / m \times 100\%, \quad (10)$$

где  $m$  – максимальное количество баллов по опросу – 17.

$$R = (\sum R_5 + R_6 + R_{17}) / m \times 100\%, \quad (11)$$

где  $m$  – максимальное количество баллов по опросу – 3.

Для представленной диаграммы уровень цифровизации составил 76,53%.

Данные методические рекомендации позволяют провести комплексную оценку угледобывающих компаний с учетом их дочерних (зависимых) обществ, а также отдельных организаций, выявить слабые места и определить направления первоочередного развития в области цифровизации [12].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данные методические рекомендации учитывают особенности цифровизации угледобывающих компаний России и позволяют провести их комплексную оценку с учетом их дочерних (зависимых) обществ, а также отдельных организаций, выявить слабые места и определить направления первоочередного развития организации в области цифровизации.

Предложенная авторами методика может использоваться и предприятиями других отраслей промышленности при адаптации алгоритмов расчета показателей с учетом особенностей их технологических процессов и применяемых методов управления в головной организации и зависимых (дочерних) обществах компании.

### Список литературы

1. Щетинин С. Цифровое будущее горнорудного предприятия / А. Тимофеев, М. Волков, М. Могучев и др. // BCG REVIEW. 2020. Сентябрь. С. 9-25.



Рис. 2. Сетевая диаграмма цифровой зрелости угледобывающего предприятия

Fig. 2. Network diagram of the digital maturity of a coal mining operation

2. Industry 4.0 at McKinsey's Model Factories. Get Ready for the Disruptive Wave. McKinsey Digital. URL: [https://capability-center.mckinsey.com/files/downloads/2016/digital4.0modelfactories\\_brochure\\_0.pdf](https://capability-center.mckinsey.com/files/downloads/2016/digital4.0modelfactories_brochure_0.pdf) (дата обращения: 15.11.2023).
3. Цивилева А.Е. Развитие производственно-технологического потенциала предприятий угольной промышленности на основе внедрения цифровых технологий // Научный вестник оборонно-промышленного комплекса России. 2022. № 1. С. 76-86. DOI: 10.52135/2410-4124-2022-1-76.
4. Nassim Khaled, Bibin Pattel, Affan Siddiqui. Digital Twin Development and Deployment on the Cloud. London: Academic Press is an imprint of Elsevier, 2020. 582 p.
5. Солодилова Н.З., Маликов Р.И., Гришин К.Е. Методический инструмент оценки состояния региональной предпринимательской экосистемы // Экономика региона. 2018. № 4. С. 1256-1269.
6. Zaki M., Ismail Abdelaa M.H. Digital Business Transformation and Strategy: What Do We Know So Far. Working Paper, 2018. URL: [https://www.researchgate.net/publication/322340970\\_Digital\\_Business\\_Transformation\\_and\\_Strategy\\_What\\_Do\\_We\\_Know\\_So\\_Far](https://www.researchgate.net/publication/322340970_Digital_Business_Transformation_and_Strategy_What_Do_We_Know_So_Far) (дата обращения: 15.11.2023).
7. Цивилева А.Е., Голубев С.С. Влияние санкций на работу предприятий угольной промышленности // Уголь. 2022. № 8. С. 84-91. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-8-84-91.
8. Global Environment Outlook – GEO-6: Technical Summary. UN Environment. April 2021. P. 104.
9. Shyam Varan Nath, Pieter van Schalkwyk. Building Industrial Digital Twins. Birmingham UK: Published by Packt Publishing Ltd. 2021.
10. Потапов В.П., Кузьмин Д.Г., Сероус Т.О. Научно-практические основы проекта «Цифровой УСКАТ» и особенности его реализации // Уголь. 2022. № 11. С. 40-47. DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-40-47.
11. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. М.: ООО «АльянсПринт», 2020. 401 с.
12. Дмитриева В.В., Авхадиев И.Ф., Сизин П.Е. Использование современных программно-технических комплексов для автоматизации конвейерных линий // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). 2021. № 2. С. 150-163.

Original Paper

UDC 658.387:622.3 © A.E. Tsivileva, S.S. Golubev, 2023  
 ISSN 0041-5790 (Print) • ISSN 2412-8333 (Online) • Ugol' – Russian Coal Journal, 2023, № 12, pp. 24-29  
 DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2023-12-24-29>

## Title

**METHODOLOGY FOR CONDUCTING AN AUDIT OF THE DIGITAL MATURITY OF COAL MINING ORGANIZATIONS**

## Authors

Tsivileva A.E.<sup>1</sup>, Golubev S.S.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> "Kolmar Group" JSC, Neryungri, 678960, Russian Federation

<sup>2</sup> Kutafin Moscow State Law University, Moscow, 107023, Russian Federation

## Authors Information

**Tsivileva A.E.**, PhD (Economic), Chairman of the Board of Directors, e-mail: [office@kolmar.ru](mailto:office@kolmar.ru)

**Golubev S.S.**, Doctor of Economic Sciences, Professor, Professor of the Department of Management and Economics, e-mail: [sergei.golubev56@mail.ru](mailto:sergei.golubev56@mail.ru)

## Abstract

The article discusses conceptual approaches and methods for assessing the level of development of digital technologies at coal industry enterprises. The relevance of introducing digital technologies in the coal industry is undeniable. However, at present, the scientific and methodological apparatus for auditing the digital maturity of coal industry organizations is not fully developed. The authors propose a methodology for auditing the digital maturity of a coal mining enterprise based on a new set of indicators that take into account the peculiarities of the development of digital technologies in various areas of organizations in the coal mining industry. It will allow for a comprehensive assessment of the level of digitalization of coal mining companies, identifying weaknesses and determining directions for priority development in the field of digitalization.

## Keywords

Digital maturity, Coal mining enterprises, Digital transformation, Level of digitalization, Audit, Efficiency, Digital technologies for coal mining and processing.

## References

1. Timofeev A., Volkov M., Moguchev M. & Shchetinin S. Digital future of a mining enterprise. *BCG REVIEW*, 2020, September, pp. 9-25. (In Russ.).
2. Industry 4.0 at McKinsey's Model Factories. Get Ready for the Disruptive Wave. McKinsey Digital. Available at: [https://capability-center.mckinsey.com/files/downloads/2016/digital\\_4.0modelfactoriesbrochure\\_0.pdf](https://capability-center.mckinsey.com/files/downloads/2016/digital_4.0modelfactoriesbrochure_0.pdf) (accessed 15.11.2023).
3. Tsivileva A.E. Development of the production and technological potential of coal industry enterprises based on the introduction of digital technologies. *Scientific Bulletin of the Russian Defense Industrial Complex*, 2022, (1), pp. 76-86. (In Russ.). DOI: 10.52135/2410-4124-2022-1-76.

4. Nassim Khaled, Bibin Pattel & Affan Siddiqui. Digital Twin Development and Deployment on the Cloud. London, Academic Press is an Imprint of Elsevier, 2020, 582 p.

5. Solodilova N.Z., Malikov R.I. & Grishin K.E. Methodological tools for assessing the state of the regional entrepreneurial ecosystem. *Economics of the region*, 2018, (4), pp. 1256-1269. (In Russ.).

6. Zaki M. & Ismail Abdelaa M.H. Digital Business Transformation and Strategy: What Do We Know So Far. Working Paper, 2018. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/322340970\\_Digital\\_Business\\_Transformation\\_and\\_Strategy\\_What\\_Do\\_We\\_Know\\_So\\_Far](https://www.researchgate.net/publication/322340970_Digital_Business_Transformation_and_Strategy_What_Do_We_Know_So_Far) (accessed 15.11.2023).

7. Tsivileva A.E. & Golubev S.S. Impact of sanctions on operation of the coal industry enterprises. *Ugol'*, 2022, (8), pp. 84-91. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-8-84-91.

8. Global Environment Outlook – GEO-6: Technical Summary. UN Environment, April 2021, p. 104.

9. Shyam Varan Nath & Pieter van Schalkwyk. Building Industrial Digital Twins. Birmingham UK, Published by Packt Publishing Ltd, 2021.

10. Potapov V.P., Kuzmin D.G. & Serous T.O. Scientific and practical foundations of the Digital Uskat Project and specific features of its implementation. *Ugol'*, 2022, (11), pp. 40-47. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2022-11-40-47.

11. Prokhorov A. & Lysachev M. Digital Twin. Analysis, trends, world experience. Moscow, AlliancePrint LLC, 2020, 401 p. (In Russ.).

12. Dmitrieva V.V., Avkhadiev I.F. & Sizin P.E. The use of modern software and hardware systems for the automation of conveyor lines. *Mining information and analytical bulletin (scientific and technical journal)*, 2021, (2), pp. 150-163. (In Russ.).

## For citation

Tsivileva A.E. & Golubev S.S. Methodology for conducting an audit of the digital maturity of coal mining organizations. *Ugol'*, 2023, (12), pp. 24-29. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2023-12-24-29.

## Paper info

Received October 12, 2023

Reviewed November 10, 2023

Accepted November 27, 2023