

# Цифровизация инструментов эколого-технологической трансформации промышленности на основе наилучших доступных технологий

## Куршев Илья Сергеевич

начальник отдела металлургической, нефтегазовой и горнорудной промышленности, Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», i.kuroshev@eipc.center

## Ежова Ольга Сергеевна

заместитель начальника отдела металлургической, нефтегазовой и горнорудной промышленности, Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», o.ezhova@eipc.center

## Ухина Юлия Владимировна

заместитель начальника отдела металлургической, нефтегазовой и горнорудной промышленности, Научно-исследовательский институт «Центр экологической промышленной политики», Y.Ukhina@eipc.center

Реализация концепции наилучших доступных технологий на предприятиях промышленности Российской Федерации позволяет решить актуальные и необходимые в настоящее время задачи повышения ресурсной эффективности производства, возвращения отходов в хозяйственный оборот и снижения негативного воздействия на окружающую среду, а также способствует равновесию интересов экономики и общества.

Обеспечение компромисса между экономическим и устойчивым развитием может быть достигнуто цифровизацией производственных процессов. В основе инструментария цифровизации предлагается использовать комплекс цифровых методов и средств, ориентированных на реализацию концепции наилучших доступных технологий.

В статье предложен подход к цифровизации существующих инструментов, используемых в рамках внедрения в Российской Федерации принципов наилучших доступных технологий. Сформулирована задача по формированию цифровой сервисной платформы, состоящей из четырех независимых компонентов, каждый из которых в настоящее время используется для целей повышения эффективности взаимодействия и обмена знаниями между ключевыми заинтересованными сторонами, обеспечения доступа к статистическим данным, информационно-методической и технологической информации и актуальной нормативной правовой базе, относящихся к переходу на наилучшие доступные технологии.

**Ключевые слова:** наилучшие доступные технологии, промышленность, ресурсная эффективность, устойчивое развитие, цифровизация, экологическая промышленная политика, энциклопедия технологий, бенчмаркинг

## Введение

Концепция смены технологических укладов – переход от изобретения парового двигателя до широкого внедрения нанотехнологий в промышленности стала предметом исследования ряда ведущих ученых начиная с середины 40-х годов 20 века. В советской и российской науке вклад в формирование данной концепции внесли Кондратьев, Глазьев и Львов [1,2].

Современные российские исследователи рассматривают переход к новым технологическим укладам как инструмент трансформации экономики России – движущую силу, способную стимулировать инновационное и опережающее развитие российской экономики на основе цифровых, информационных и коммуникативных технологий. В результате одной из ключевых тенденций развития промышленных предприятий в современных условиях стала зависимость трансформации промышленного производства от своевременности разработки и внедрения в хозяйственную практику цифровых технологий [3], что нашло свое отражение в принятии Национальных целей и стратегических задач развития Российской Федерации на период до 2024 г. и Стратегии цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «Цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года [4,5].

Наряду с цифровой трансформацией в России с 2014 года проходит обновление и эколого-технологическая модернизация промышленности на основе внедрения и развития концепции наилучших доступных технологий (далее – Концепция НДТ) [6].

Концепция НДТ – основной инструмент отказа от использования устаревших, ресурсоемких технологий, оказывающих значительное воздействие на окружающую среду, и внедрения экономически, технологически и экологически эффективных технических, управленческих решений, способствующих формированию новой культуры промышленного производства [1].

Для достижения синергетического эффекта целесообразно рассмотреть возможность цифровизации инструментов эколого-технологической трансформации для обеспечения максимального охвата всех заинтересованных сторон, включая общественность, экспертные организации, промышленные ассоциации и предприятия.

Цифровая трансформация промышленности начинается с подготовки, повышения квалификации и переподготовки специалистов, формирования экспертного сообщества и далее распространяется на принятие управленческих решений в отраслях промышленности.

## Методология

В предложенной Концепции НДТ сочетаются аналитические и синтетические методы исследования. Сочетание этих методов позволяет реализовать комплексный подход к сложной инфраструктуре цифровой ресурсно-технологической трансформации российской промышленности. Предлагается рассматривать инфраструктуру как совокупность взаимодей-

ствующих между собой и постоянно развивающихся элементов, обеспечивающих последовательную модернизацию промышленности с целью повышения ресурсной и экологической эффективности производства. Проанализировав характеристики основных разработанных сервисов цифровой Концепции НДТ, можно предложить подход к формированию единой цифровой системы и наметить основные направления ее развития.

### Результаты и обсуждение

В статье рассмотрен основной состав сервисов цифровой платформы НДТ, а также приводится описание их функционалов. Сервисы характеризуются взаимосвязью разнообразных, относительно автономных компонентов, составляющих сетевую структуру; однако для превращения рассматриваемых сервисов в единую систему, следует обеспечить взаимодействие между компонентами.

Существующие сервисы обеспечивают решение локальных задач, связанных с различными аспектами внедрения концепции наилучших доступных технологий в Российской Федерации:

- систематизация и обработка собранных в рамках разработки и актуализации ИТС НДТ данных об экологической и ресурсной эффективности предприятий;
- повышение квалификации представителей заинтересованных сторон в области экологической промышленной политики;
- анализ возникновения и развития технологий, их сравнение между собой и прогнозирование их дальнейшего развития;
- определение показателей выбросов парниковых газов на единицу произведенной продукции и др.

В рамках цифровизации концепции НДТ авторами был предложен подход, представленный на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема цифровой платформы НДТ  
Источник: составлено авторами

Предложенный подход состоит в обобщении цифровых аналогов разработанных в настоящее время инструментов и средств внедрения концепции НДТ, актуальных в России на сегодняшний день, в единую взаимосвязанную систему – цифровую платформу НДТ.

В цифровую платформу НДТ должны быть интегрированы:

- материалы для экспертной оценки промышленных технологий – информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям (далее – ИТС НДТ) [7,8];
- материалы для подготовки квалифицированных специалистов (высшее образование) – Энциклопедия технологий [9-13];
- материалы для повышения квалификации и переподготовки специалистов – электронное учебное пособие [14-16].
- материалы для специалистов предприятий – отраслевые калькуляторы [17].

Рассмотрим каждый инструмент более подробно.

### Информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям

Информационно-технические справочники по наилучшим доступным технологиям представляют собой документы национальной системы стандартизации, утвержденные федеральным органом исполнительной власти в сфере стандартизации (Росстандартом), содержащие систематизированные данные в определенной области и включающие описание технологий, процессов, методов, способов, оборудования и иные данные [18].

ИТС НДТ являются одним из ключевых инструментов перехода промышленности на принципы государственного регулирования на основе НДТ и разрабатываются с учетом имеющихся в Российской Федерации технологий, оборудования, сырья, других ресурсов, а также с учетом климатических, экономических и социальных особенностей и отражают текущий уровень эмиссий промышленных предприятий [19].

Основополагающим и обязательным этапом создания или актуализации ИТС НДТ является сбор данных предприятий рассматриваемой отрасли. Полученные и обработанные данные используются в качестве основы для формирования содержания ИТС НДТ, в том числе разделов, описывающих применяемые технологии, воздействие на окружающую среду [18].

### Электронное учебное пособие

Подготовка заинтересованных сторон к переходу на принципы НДТ невозможна без повышения квалификации специалистов [20]. Основной инструмент, предлагаемый потенциальным слушателям, представляет собой интерактивное учебное пособие, посвященное развитию экологической промышленной политики: повышению ресурсной эффективности, эволюции концепции НДТ и требований российского законодательства в этих областях. Детально представлены инструменты систем экологического, энергетического, инновационного и интегрированного менеджмента, играющих ключевую роль в деятельности промышленных предприятий.

Учебные пособия по наилучшим доступным технологиям и современным инструментам менеджмента включают ситуационные исследования, описывающие отраслевые аспекты применения НДТ и повышения ресурсной эффективности производства, а также инструменты финансовой поддержки внедрения наилучших доступных технологий в теплоэнергетике, производстве цемента и стекла, в области очистки коммунальных сточных вод и в сфере производственного экологического контроля.

Дополнительно планируется цифровизация рекомендаций по соответствию требованиям законодательства, посвященным разработке программ эколого-технологической модернизации предприятий (программ повышения экологической эффективности) [21] и процедуре их рассмотрения и одобрения уполномоченными органами [22].

### Энциклопедия технологий

За время разработки ИТС НДТ возникла необходимость в научном обосновании того, как следует совершенствовать технологии и технологические показатели при актуализации ИТС НДТ. Первым шагом в этом процессе стала разработка проекта «Энциклопедия технологий» [1,23].

В Энциклопедии технологий приведена информация об истории возникновения и становления отраслей промышленности в России и в мире, приведены основные эволюционные циклы их развития, описаны применяемые в настоящее время

технологические процессы, место отрасли в экономике мира и дан прогноз развития отрасли [9].

«Энциклопедия технологий 2.0» – продукт развития проекта, углубляющий всестороннее исследование отраслей промышленности. Основной особенностью «Энциклопедии технологий 2.0» стало рассмотрение жизненного цикла продукции и характеристик производства, а также сравнение технологий с применением эксергетического анализа термодинамической эффективности производственных процессов и направления их модернизации [10-13].

В настоящее время «Энциклопедия технологий» сочетает в себе комплекс естественнонаучных и технических знаний в различных отраслях промышленности.

Следующим этапом развития данного направления станет цифровизация энциклопедического материала и интеграция в него расчетного модуля оценки ресурсной и экологической эффективности применяемой технологии в конкретной отрасли (калькулятор эксергии). Калькулятор основан на применении эксергетического метода термодинамического анализа технологического процесса и направлен на оценку потерь в технологическом цикле производства продукции и возможностей их снижения.

#### Отраслевые калькуляторы

В соответствии с Федеральным законом от 02.07.2021 г. № 296 «Об ограничении выбросов парниковых газов» [24] и установления обязанностей по предоставлению бизнес-сообществом отчетности о выбросах парниковых газов появилась необходимость расчета выбросов парниковых газов от производственной деятельности.

Принятие Стратегии низкоуглеродного развития РФ [25] определило необходимость установления показателей удельных выбросов парниковых газов, которые могли бы быть использованы как ориентиры достижения углеродной нейтральности в углеродоемких отраслях промышленности [26].

Отраслевые калькуляторы, предлагаемые к интеграции в цифровую платформу НДТ, позволяют оценить уровень ресурсной эффективности применяемой технологии, выбросов парниковых газов – абсолютных, удельных; провести бенчмаркинг (сравнительный анализ) удельных выбросов парниковых газов при производстве продукции.

В текущий момент доступны для погружения в цифровую платформу НДТ:

- калькуляторы расчета абсолютных выбросов парниковых газов при производстве минеральных материалов и целлюлозно-бумажной продукции;

- калькуляторы расчета абсолютных, удельных выбросов парниковых газов при производстве чугуна, стали и ферросплавов, алюминия (черная и цветная металлургия).

Первые ориентированы на упрощение задачи по формированию отчетности о выбросах парниковых газов в рамках федерального проекта «Промышленный экспорт». Для решения поставленной задачи создан информационный сервис (промышленный калькулятор) для расчета выбросов парниковых газов [17].

Вторые представляют собой расчетные модули, реализующие положения ИТС НДТ 11 «Производство алюминия» [27] и ИТС НДТ 26 «Производство чугуна, стали и ферросплавов» [28] в части бенчмаркинга (сравнительной оценки) удельных выбросов парниковых газов для каждого вида продукции и установления индикативных показателей удельных выбросов парниковых газов.

#### Выводы

Разработка единой взаимосвязанной цифровой платформы НДТ, в основе которой положены базовые цифровые

сервисы и инструменты, способствует развитию Концепции НДТ в Российской Федерации.

Предложенные базовые прикладные сервисы в составе цифровой платформы НДТ должны обеспечить создание единого информационного пространства и обмена информацией для целей обучения или управления и принятия решений на конкретном предприятии.

Материалы данной работы в целом рассматриваются ее авторами как концептуальная модель базовой цифровой платформы для создания цифровых систем, способствующих развитию и внедрению продуктов и технологий цифровой трансформации в области экологической промышленной политики.

#### Литература

1. Скобелев Д.О. Формирование инфраструктуры ресурсно-технологической трансформации промышленности // Экономика устойчивого развития. – 2020. – № 1(41). – С. 162-167.
2. Almgren R., Skobelev D. Evolution of Technology and Technology Governance // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2020. – № 6(2). – Pp. 22-38.
3. Глазьев С.Ю. Приоритеты опережающего развития российской экономики в условиях смены технологических укладов // Экономическое возрождение России. 2019. № 2. С. 12-16.
4. Указ Президента РФ от 07.05.2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года».
5. Стратегия цифровой трансформации обрабатывающих отраслей промышленности в целях достижения их «цифровой зрелости» до 2024 года и на период до 2030 года.
6. Федеральный закон от 21.07.2014 г. № 219-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об охране окружающей среды» и отдельные законодательные акты Российской Федерации».
7. <https://www.rst.gov.ru/portal/gost//home/activity/NDT>.
8. <https://burondt.ru/itc>.
9. Энциклопедия технологий. Эволюция и сравнительный анализ ресурсной эффективности промышленных технологий. – М.: СПб.: Реноме, 2019.
10. Энциклопедия технологий 2.0: Производство металлов, М.: СПб.: Реноме, 2022. – 378 с.
11. Энциклопедия технологий 2.0: Производство неметаллов, М.: СПб.: Реноме, 2022. – 466 с.
12. Энциклопедия технологий 2.0: Легкая промышленность, М.: СПб.: Реноме, 2022. – 340 с.
13. Энциклопедия технологий 2.0: Химический комплекс, М.: СПб.: Реноме, 2022. – 256 с.
14. Скобелев Д. О., Гусева Т. В., Морокишко В. В., Степанова М. В., Хачатуров-Тавризян А.Е. Наилучшие доступные технологии и современные инструменты менеджмента. Часть 1. Основные принципы. Учебное пособие. / Под редакцией Д. О. Скобелева. – Москва: МИРЭА – Российский технологический университет, 2022. – 130 с.
15. Скобелев Д. О., Волосатова А. А., Потапова Е. Н., Росляков П. В., Тихонова И. О. Наилучшие доступные технологии и современные инструменты менеджмента. Часть 2. Аспекты практического применения. Учебное пособие. / Под редакцией Д. О. Скобелева. – Москва: МИРЭА – Российский технологический университет, 2022. – 126 с.
16. Программа повышения экологической эффективности. Процедура разработки и практика экспертной оценки. Учебное пособие. Под редакцией А.А. Волосатовой // МИРЭА – Российский технологический университет. – Москва, 2022. – 56 с.
17. Официальный сайт Центра экологической промышленной политики: калькулятор выбросов парниковых газов. – URL: <http://calc.eipc.center/> (дата обращения – 06.03.2023 г.).

18. Скобелев Д.О., Гусева Т.В., Чечеватова О.Ю. и др. Сравнительный анализ процедур разработки, пересмотра и актуализации справочников по наилучшим доступным технологиям в европейском союзе (на русском и английском языках). – М.: Изд-во «Петро», 2018. – 114 с. (Второе издание, переработанное и дополненное).

19. Федеральный закон от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов».

20. Малков А.В., Тихонова И.О., Бегак М.В. и др. Наилучшие доступные технологии: неотложные задачи подготовки кадров // Компетентность. – 2020. – № 5. – С.3-9.

21. Volosatova A., Morokishko V., Begak M. Environmental performance enhancement programme as an environmental management instrument for industrial enterprises // Proceedings of the VII SWS International Scientific Conference – 2021. – 2021. – Vol. 8. – Pp. 185-192.

22. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.09.2015 г. № 999 «О межведомственной комиссии по рассмотрению программ экологической эффективности».

23. Скобелев Д.О. Экологическая промышленная политика, технологическое регулирование и «Энциклопедия технологий» // Стандарты и качество. – 2019. – № 6. – С. 60-65.

24. Федеральный закон от 02.07.2021 г. № 296-ФЗ «Об ограничении выбросов парниковых газов».

25. Стратегия социально-экономического развития Российской Федерации с низким уровнем выбросов парниковых газов до 2050 года (утверждена распоряжением Правительства РФ от 29.10.2021 г. № 3052-р).

26. Попадью Н.В., Курошев И.С., Ежова О.С. и др. Модернизация добычи нефти на основе технологий улавливания, использования и хранения CO<sub>2</sub> // Энергетическая политика. – 2023. – № 1. – С. 72-81.

27. ИТС 11 «Производство алюминия» (утвержден приказом Росстандарта от 16.12.2022 г. №3197 «Об утверждении информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Производство алюминия»).

28. ИТС 26 «Производство чугуна, стали и ферросплавов» (утвержден приказом Росстандарта от 16.12.2022 г. №3196 «Об утверждении информационно-технического справочника по наилучшим доступным технологиям «Производство чугуна, стали и ферросплавов»).

#### Digitization of environmental and technological transformation instruments of industry based on the best available technologies

Kuroshv I.S., Yezhova O.S., Ukhina Yu.V.

Research Institute "Environmental Industrial Policy Centre"

JEL classification: D20, E22, E44, L10, L13, L16, L19, M20, O11, O12, Q10, Q16, R10, R38, R40, Z21, Z32

The implementation of the best available techniques concept at Russian industrial enterprises provides for solving urgent and currently necessary tasks of increasing production resource efficiency, returning waste to economic circulation and reducing the negative impact on the environment, and contributes to the balance of interests of the economy and society.

A compromise between economic and sustainable development can be achieved by the digitalization of production processes. The authors propose to use a set of digital methods and tools focused on implementing the concept of the best available techniques.

The article describes an approach to the digitalization of existing tools used in the framework of the implementation of the best available techniques principles in the Russian Federation. The task was formulated to form a digital service platform consisting of four independent components currently used to improve the interaction and knowledge sharing efficiency between key stakeholders, provide access to statistical data, methodological and technological information and up-to-date regulatory legal base relating to the transition of Russian economy to the best available techniques implementation.

Keywords: best available techniques, industry, resource efficiency, sustainable development, digitalization, environmental industrial policy, encyclopedia of technologies, benchmarking

#### References

1. Skobelev D.O. Formation of infrastructure for resource-technological transformation of industry // Economics of sustainable development. – 2020. – No. 1(41). – pp. 162-167.
2. Almgren R., Skobelev D. Evolution of Technology and Technology Governance // Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity. – 2020. – No. 6(2). – Pp. 22-38.
3. Glazhev S.Yu. Priorities for the rapid development of the Russian economy in the conditions of changing technological structures // Economic revival of Russia. 2019. No. 2. P. 12-16.
4. Decree of the President of the Russian Federation dated May 7, 2018 No. 204 "On national goals and strategic objectives of the development of the Russian Federation for the period until 2024."
5. Strategy for the digital transformation of manufacturing industries in order to achieve their "digital maturity" by 2024 and for the period until 2030.
6. Federal Law of July 21, 2014 No. 219-FZ "On Amendments to the Federal Law "On Environmental Protection" and Certain Legislative Acts of the Russian Federation."
7. <https://www.rst.gov.ru/portal/gost/home/activity/NDT>.
8. <https://burondt.ru/itc>.
9. Encyclopedia of technology. Evolution and comparative analysis of resource efficiency of industrial technologies. – M.; St. Petersburg: Renome, 2019.
10. Encyclopedia of technologies 2.0: Metal production, M.; St. Petersburg: Renome, 2022. – 378 p.
11. Encyclopedia of technologies 2.0: Production of non-metals, M.; St. Petersburg: Renome, 2022. – 466 p.
12. Encyclopedia of Technologies 2.0: Light Industry, M.; St. Petersburg: Renome, 2022. – 340 p.
13. Encyclopedia of technologies 2.0: Chemical complex, M.; St. Petersburg: Renome, 2022. – 256 p.
14. Skobelev D. O., Guseva T. V., Morokishko V. V., Stepanova M. V., Khachaturov-Tavrizyan A.E. The best available technologies and modern management tools. Part 1. Basic principles. Tutorial. / Edited by D. O. Skobelev. – Moscow: MIREA – Russian Technological University, 2022. – 130 p.
15. Skobelev D. O., Volosatova A. A., Potapova E. N., Roslyakov P. V., Tikhonova I. O. The best available technologies and modern management tools. Part 2. Aspects of practical application. Tutorial. / Edited by D. O. Skobelev. – Moscow: MIREA – Russian Technological University, 2022. – 126 p.
16. Environmental Efficiency Improvement Program. Development procedure and peer review practice. Tutorial. Edited by A.A. Volosatova // MIREA - Russian Technological University. – Moscow, 2022. – 56 p.
17. Official website of the Center for Environmental Industrial Policy: greenhouse gas emissions calculator. – URL: <http://calc.eipc.center/> (accessed 03/06/2023).
18. Skobelev D.O., Guseva T.V., Chechevatova O.Yu. etc. Comparative analysis of procedures for the development, revision and updating of reference books on the best available technologies in the European Union (in Russian and English). – M.: Publishing house "Petro", 2018. – 114 p. (Second edition, revised and expanded).
19. Federal Law of July 2, 2021 No. 296-FZ "On limiting greenhouse gas emissions."
20. Malkov A.V., Tikhonova I.O., Begak M.V. and others. The best available technologies: urgent tasks of personnel training // Competence. – 2020. – No. 5. – P.3-9.
21. Volosatova A., Morokishko V., Begak M. Environmental performance enhancement program as an environmental management instrument for industrial enterprises // Proceedings of the VII SWS International Scientific Conference – 2021. – 2021. – Vol. 8. – Pp. 185-192.
22. Decree of the Government of the Russian Federation dated September 21, 2015 No. 999 "On the interdepartmental commission for the review of environmental efficiency programs."
23. Skobelev D.O. Environmental industrial policy, technological regulation and "Encyclopedia of Technologies" // Standards and Quality. – 2019. – No. 6. – P. 60-65.
24. Federal Law of July 2, 2021 No. 296-FZ "On limiting greenhouse gas emissions."
25. Strategy for the socio-economic development of the Russian Federation with low greenhouse gas emissions until 2050 (approved by Order of the Government of the Russian Federation dated October 29, 2021 No. 3052-r).
26. Popadko N.V., Kuroshv I.S., Ezhova O.S. and others. Modernization of oil production based on technologies for capturing, using and storing CO<sub>2</sub> // Energy Policy. – 2023. – No. 1. – P. 72-81.
27. ITS 11 "Aluminum Production" (approved by order of Rosstandart dated December 16, 2022 No. 3197 "On approval of the information and technical reference book on the best available technologies "Aluminum Production").
28. ITS 26 "Production of cast iron, steel and ferroalloys" (approved by order of Rosstandart dated December 16, 2022 No. 3196 "On approval of the information and technical reference book on the best available technologies "Production of cast iron, steel and ferroalloys").