

УДК 621.0

## ПРЕДИКТИВНЫЙ АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ДВУХКОМПОНЕНТНОЙ АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ

Путилов Александр Валентинович, доктор технических наук, профессор, декан факультета бизнес-информатики и управления комплексными системами, НИЯУ МИФИ

Мокшин Михаил Юрьевич, аспирант, НИЯУ МИФИ

### Аннотация

*В работе рассмотрено развитие атомной отрасли России до и после выхода в свет указа Президента России «О развитии техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации» в 2020 году. Представлен краткий обзор содержания положений указа, включая определение задач, направления развития атомной отрасли и системы показателей для оценки решения задач развития. Также рассмотрены проблемы и перспективы перспективного анализа, включая финансирование мероприятий и различные проблемы, такие как технологические, экономические, экологические и социальные. Подчеркивается важность выполнения задач, предусмотренных указом, для обеспечения энергетической безопасности России и обсуждается набор перспектив развития атомной отрасли в будущем.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** атомная отрасль, комплексная программа, развитие технологий, энергетическая безопасность, предиктивный анализ.

## PREDICTIVE ANALYSIS OF THE SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF A TWO-COMPONENT NUCLEAR POWER INDUSTRY

Putilov Alexander Valentinovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Business Informatics and Management of Complex Systems, National Research Nuclear University MEPHI

Mokshin Mikhail Yurievich, postgraduate student, National Research Nuclear University MEPHI

### Abstract

*The paper considers the development of the nuclear industry in Russia before and after the publication of the Decree of the President of Russia "On the development of equipment, technologies and scientific research in the field of the use of atomic energy in the Russian Federation" in 2020. A brief overview of the content of the provisions of the decree is presented, including the definition of tasks, directions for the development of the nuclear industry and a system of indicators for assessing the solution of development tasks. Also considered are the problems and prospects for prospective analysis, including the financing of activities and various problems, such as technological, economic, environmental and social. The importance of fulfilling the tasks stipulated by the decree for ensuring the energy security of Russia is emphasized, and a set of prospects for the development of the nuclear industry in the future is discussed.*

**KEYWORDS:** nuclear industry, comprehensive program, technology development, energy security, predictive analysis.

### Введение

Предиктивная аналитика (прогнозная аналитика, предсказательная аналитика — от англ. predictive analytics) — класс методов анализа больших данных, концентрирующийся на прогнозировании будущего поведения объектов и субъектов с целью принятия оптимальных решений. Предсказательная аналитика использует статистические методы, методы интеллектуального анализа данных, теории игр, машинное обучение, анализирует текущие и исторические факты для составления научно обоснованных предсказаний о

будущих событиях. Атомная отрасль является одной из ключевых отраслей экономики России и в связи с выходом в свет указа Президента России «О развитии техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации» [1], актуальность темы анализа социально-экономического развития атомной отрасли России возросла.

### **Перспективы развития атомной отрасли**

Устойчивое развитие подразумевает стремление к достижению 17 целей, сформулированным Генеральной Ассамблеей ООН в 2015 году: экономическим, энергетическим, экологическим, социальным. Ключевые направления развития атомной отрасли включают разработку технологий двухкомпонентной атомной энергетики с замкнутым ядерным топливным циклом, управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий, новых материалов и технологий для перспективных энергетических систем, проектирование и строительство референтных энергоблоков атомных электростанций, в том числе атомных станций малой мощности. Практически половина упомянутых выше целей ООН входит в повестку развития атомной отрасли, Госкорпорация «Росатом» несколько лет назад сформировала Концепцию устойчивого развития. Для реализации новой политики необходимо ежегодно при формировании проекта федерального бюджета на очередной финансовый год и плановый период предусматривать бюджетные ассигнования федерального бюджета на реализацию комплексной программы. Также следует обеспечить возможность финансирования реализации отдельных мероприятий комплексной программы с использованием механизмов государственно-частного партнерства и концессионных соглашений. Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» является заказчиком-координатором комплексной программы. Предиктивный анализ позволяет выявить наиболее значимые направления развития.

Согласно положениям упомянутого указа следующие задачи должны быть решены до 2030 года:

- 1) Разработка технологий двухкомпонентной атомной энергетики с замкнутым ядерным топливным циклом;
- 2) Разработка технологий управляемого термоядерного синтеза и инновационных плазменных технологий;
- 3) Разработка новых материалов и технологий для перспективных энергетических систем;

4) Проектирование и строительство референтных энергоблоков атомных электростанций, в том числе атомных станций малой мощности.

Для достижения этих задач необходимо провести научно-исследовательские работы, разработать новые технологии и материалы, а также обеспечить финансовое и организационное содействие со стороны государства. Предиктивный анализ позволит выявить трудности и проблемы, решение данных задач поможет России стать лидером в области использования атомной энергии и обеспечит ее энергетическую безопасность.

#### **Проблемы развития атомной отрасли в России: технологические, экономические, экологические и социальные аспекты**

Проблемы реализации указа могут возникнуть на различных уровнях. Технологические проблемы могут быть связаны с трудностями разработки новых технологий и оборудования, необходимых для реализации программы. Некоторые проекты могут требовать значительных научных исследований и экспериментов, которые могут занять много времени и средств. Экономические проблемы могут возникнуть из-за ограниченных бюджетных средств, необходимых для реализации программы. В связи с этим могут возникнуть трудности с привлечением инвестиций, необходимых для финансирования проектов [2]. Экологические проблемы могут возникнуть в связи с возможными негативными последствиями использования атомной энергии. Важно обеспечить безопасность всех проектов и уменьшить возможный вред для окружающей среды [3]. Социальные проблемы могут возникнуть, если программы не будут соответствовать интересам общества. Например, жители территорий, где планируется строительство новых атомных станций, могут выступать против таких проектов. Кроме того, важно обеспечить безопасность работников и населения во время реализации программы. Тем не менее, предиктивный анализ дает основание к технологическому оптимизму, так как к сильным сторонам атомной энергетики можно отнести:

- Мультипликативный характер развития отрасли: атомная энергетика обеспечивает заказами машиностроение, металлургию, материаловедение, геологию, строительный комплекс, сферу информационно-коммуникационных технологий, сферу образования и др. видов экономической деятельности, являясь таким образом драйвером их развития;

- Атомные энергоблоки с ядерными реакторами обеспечивают стабильные поставки электроэнергии в течение 60–80 лет, возможно и дальнейшее продление сроков их эксплуатации;

- Атомная энергетика является экологически чистой: АЭС генерируют электричество посредством реакции деления урана, в результате которой происходит выработка тепла без сжигания какого-либо вещества. Таким образом, развитие атомной энергетики способствует решению проблемы изменения климата, так как эксплуатация ядерных реакторов способствует сокращению выбросов углекислого газа на 2 млрд т в год.

- Повышение надежности атомных электростанций, снижение эксплуатационных издержек: реализуемые в настоящее время проекты ядерных исследований и разработок направлены на повышение ядерной безопасности, снижение рисков распространения, минимизацию отработавшего ядерного топлива (ОЯТ) и улучшение экономических показателей АЭС.

### **Предиктивный анализ возможного решения проблем развития**

Таким образом, перспективы развития атомной отрасли России после введения упомянутого указа и государство готово серьезно вкладывать в ее развитие, что позволит создавать передовые технологии и определять будущее атомной энергетике на десятки лет вперед, а также способствовать развитию других наукоемких отраслей экономики. При прогнозировании развития ядерной энергетике приходится учитывать множество факторов; среди них: оценка ресурсов, анализ ядерного топливного цикла, включая добычу, конверсию, обогащение, фабрикацию ТВС, обращение с ОЯТ и так далее. Эксперты разных стран, в том числе международный коллектив МАГАТЭ, используют различные программные продукты, позволяющие оптимизировать процесс построения сценариев. Одна из наиболее распространенных программ, которую поддерживает МАГАТЭ (в рамках проекта ИНПРО), — MESSAGE. Кроме того, имеются национальные программы (в России, например, активно используется программа CYCLE). С помощью этих инструментов можно формировать достаточно надежные прогнозы, хотя исходные данные сегодня отличаются большой неопределенностью по многим факторам. Проводятся сценарные анализы вариантов будущего развития атомной отрасли, но пока сделать однозначный выбор в пользу того или иного варианта нельзя из-за ограниченности или неопределенности исходных данных. Тем не менее логика двухкомпонентной ядерной энергетике здесь полностью прослеживается, и, по-видимому, именно в таком виде она будет развиваться и в России, и в мире. Кардинальным отличием двухкомпонентной атомной энергетике является одновременное использование открытого (сегодня) и замкнутого (в перспективе) ядерного топливного цикла, что требует аналитической поддержки эффективного развития. Большие данные о различных аспектах деятельности предприятий и организаций в атомной отрасли должны быть систематизированы и приведены в работоспособное состояние: анализ,

обработка, машинное обучение и искусственные нейронные сети должны обеспечить формирование научно-технологических прогнозов и разработку сценарных вариантов решений для различных схем и времени реализации замкнутого ядерного топливного цикла с реакторами на быстрых нейтронах [4].

### **Заключение**

Предиктивный анализ позволяет выявить на ранних стадиях развития научно-технологические проблемы и разработать сценарные варианты их решения. Так, в программе развития отечественной атомной отрасли обоснована экономическая целесообразность внедрения инновационной технологии реакторов на быстрых нейтронах и формирования двухкомпонентной ядерной энергетики с замыканием ядерного топливного цикла, в контексте концептуальных трансформаций, протекающих в глобальной энергетической сфере в среднесрочной перспективе. В дальнейшем может быть осуществлен предварительный прогноз перспектив инновационного развития двухкомпонентной ядерной энергетики с замкнутым ядерным топливным циклом на основе моделирования пересечений производственного и ресурсного отраслевых технологических циклов. Должны быть разработаны конкретные примеры применения инновационной методики предиктивного анализа для решения задачи выявления экономических перспектив стратегического межотраслевого взаимодействия в рамках организации замыкания ядерного топливного цикла на отраслевом и региональном уровне с перспективой международного сотрудничества по новым форматам мирного использования атомной энергии.

### **Литература**

1. Указ Президента Российской Федерации от 16.04.2020 № 270 «О развитии техники, технологий и научных исследований в области использования атомной энергии в Российской Федерации».
2. Игловская Т.Е., Правосуд С.С. Роль атомной отрасли в экономике России. В: Актуальные проблемы инновационного развития ядерных технологий: научная сессия НИЯУ МИФИ, материалы конференции. Под ред. М.Д. Носкова. Москва: НИЯУ МИФИ, 2018. с. 165.
3. Гуменюк В.И., Туманов А.Ю., Атоян Г.Л. Атомная отрасль России: развитие в ногу со временем // Научно-технические ведомости СПбПУ. Естественные и инженерные науки. 2019. Т. 25. № 3. С. 28-47.
4. Абрамов В.А, Путилов А.В., Шамаева Е.Ф. Формирование механизмов управления устойчивым развитием экономики промышленных отраслей и комплексов // «Энергетическая политика», 2023, № 2, с. 40-53.