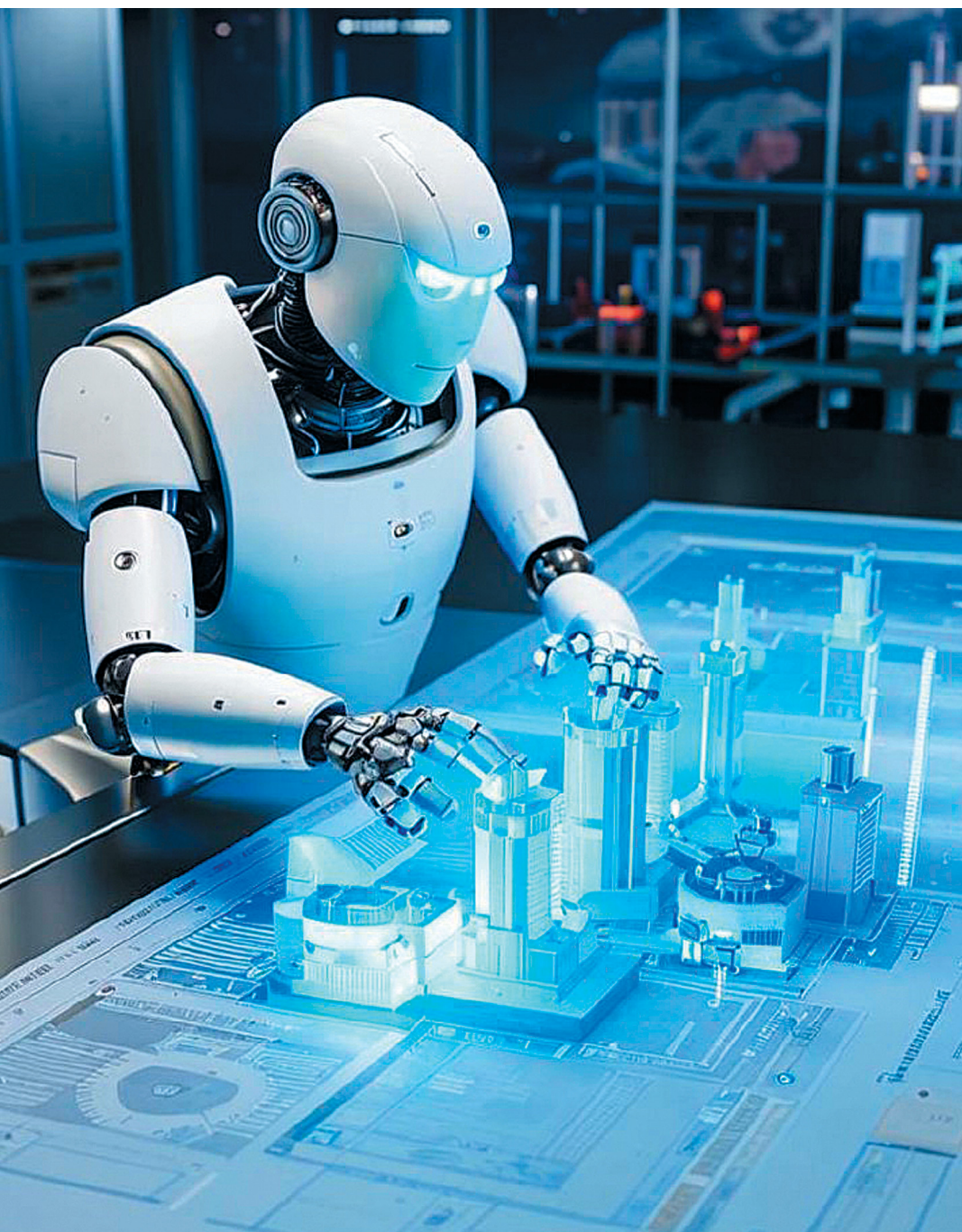




НАУКА  
И ИННОВАЦИИ  
РОСАТОМ

# АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ

**ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА,  
ВКЛЮЧАЯ ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**



**ОБЗОР СОВРЕМЕННОГО  
СОСТОЯНИЯ И ТЕНДЕНЦИЙ  
РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИСКУССТВЕННОГО  
ИНТЕЛЛЕКТА В МИРЕ  
И РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

---

**ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ  
НА РАЗВИТИЕ  
И ПРОДВИЖЕНИЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЙ  
ИСКУССТВЕННОГО  
ИНТЕЛЛЕКТА  
В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

---

**ПЕРСПЕКТИВНЫЕ  
НАПРАВЛЕНИЯ  
И ВЕРОЯТНЫЕ  
СДЕРЖИВАЮЩИЕ ФАКТОРЫ,  
СВЯЗАННЫЕ  
С ПРИМЕНЕНИЕМ  
ТЕХНОЛОГИЙ  
ИСКУССТВЕННОГО  
ИНТЕЛЛЕКТА  
В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

---

Государственная корпорация  
по атомной энергии «Росатом»  
Частное учреждение «Наука и инновации»  
Центр аналитических исследований  
и разработок

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»  
Частное учреждение «Наука и инновации»  
Центр аналитических исследований и разработок

# **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА, ВКЛЮЧАЯ ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ**

Москва  
2024

УДК 004.896

ББК 31.4

П 27

П 27 Перспективы применения технологий искусственного интеллекта, включая его применение в атомной отрасли / Андрианов А.А., Залужный А.А., Мицкевич А.В., Пономарев А.В., Птицын П.Б.: ЦАИР, частное учреждение «Наука и инновации», 2024. – 146 с.

ISBN 978-5-498-01091-5

© ЦАИР, частное учреждение «Наука и инновации», 2024

Подписано в печать 31.08.2024. Формат 60x84 1/8. Бумага мелованная.

Гарнитура Rosatom. Печать офсетная. Усл. печ. л. 16,97.

Тираж 180 экз. Заказ № 8805.

Отпечатано в ООО «Элефант»:

610000, г. Киров, ул. Ленина, зд. 2б,

[www.hibox.pro](http://www.hibox.pro)

**ОРГАНИЗАЦИЯ-ДОЦЕНТ:**

Государственная корпорация «Росатом», частное учреждение «Наука и инновации», отраслевой Центр аналитических исследований и разработок, г. Москва.

**НАЗВАНИЕ РАБОТЫ:** Перспективы применения технологий искусственного интеллекта, включая его применение в атомной отрасли.

**АВТОРЫ:**

**Андрианов А.А.**, Государственная корпорация «Росатом», частное учреждение «Наука и инновации», отраслевой Центр аналитических исследований и разработок, г. Москва, Российская Федерация.

**Залужный А.А.**, Государственная корпорация «Росатом», частное учреждение «Наука и инновации», отраслевой Центр аналитических исследований и разработок, г. Москва, Российская Федерация.

**Мицкевич А.В.**, Государственная корпорация «Росатом», частное учреждение «Наука и инновации», отраслевой Центр аналитических исследований и разработок, г. Москва, Российская Федерация.

**Пономарев А.В.**, Государственная корпорация «Росатом», частное учреждение «Наука и инновации», отраслевой Центр аналитических исследований и разработок, г. Москва, Российская Федерация.

**Птицын П.Б.**, Государственная корпорация «Росатом», частное учреждение «Наука и инновации», отраслевой Центр аналитических исследований и разработок, г. Москва, Российская Федерация.

**РЕЦЕНЗЕНТ:**

**Путилов А.В.**, доктор технических наук, профессор, декан факультета НИЯУ МИФИ.

**РЕФЕРАТ:** В настоящем отчете представлены обзор и анализ современного состояния и тенденций развития технологий искусственного интеллекта в мире и Российской Федерации с фокусом на высокотехнологичные секторы экономики. Систематизированы факторы, определяющие и влияющие на развитие и продвижение использования технологий искусственного интеллекта в Российской Федерации. Особое внимание в отчете уделено обсуждению потенциальных перспективных направлений и вероятных сдерживающих факторов, связанных с применением технологий искусственного интеллекта в атомной отрасли, как в традиционном ядерно-энергетическом сегменте, так и в сегменте, связанном с новыми продуктами направлениями. Данный отчет представляет собой введение в проблематику использования технологий искусственного интеллекта в атомной отрасли и может быть рекомендован для ознакомления как специалистам-предметникам, так и ИТ-специалистам, обеспечивающим информационную и инструментальную поддержку работы специалистов на местах.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** искусственный интеллект, машинное обучение, нейронная сеть, обработка естественного языка, синтез текста, компьютерное зрение, атомная отрасль, ядерный топливный цикл.

**TITLE:**

Prospects for the application of artificial intelligence technologies, including its application in the nuclear industry.

**AUTHORS:**

**Andrianov A.A., Zaluzhnyy A.A., Mitskevich A.V., Ponomarev A.V., Ptitsyn P.B.** Centre for Analytical R&D (CARD), Private Enterprise “Science and Innovations”, State Atomic Energy Corporation Rosatom, Moscow, Russian Federation.

**REVIEWER:**

**A.V. Putilov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of MEPHI NRNU.

**ABSTRACT:**

This report provides an overview and analysis of the current state and trends in the development of artificial intelligence technologies worldwide and in the Russian Federation, with a focus on high-tech sectors of the economy. The factors determining and influencing the development and promotion of the use of artificial intelligence technologies in the Russian Federation are systematized. Special attention in the report is paid to the discussion of potential future directions and likely constraints related to the application of AI technologies in the nuclear industry, both in the traditional nuclear power segment and in the segment related to new product areas. This report is an introduction to the use of artificial intelligence technologies in the nuclear industry and can be recommended for both subject matter experts and IT specialists who provide information and tool support for the work of specialists in the field.

**KEYWORDS:**

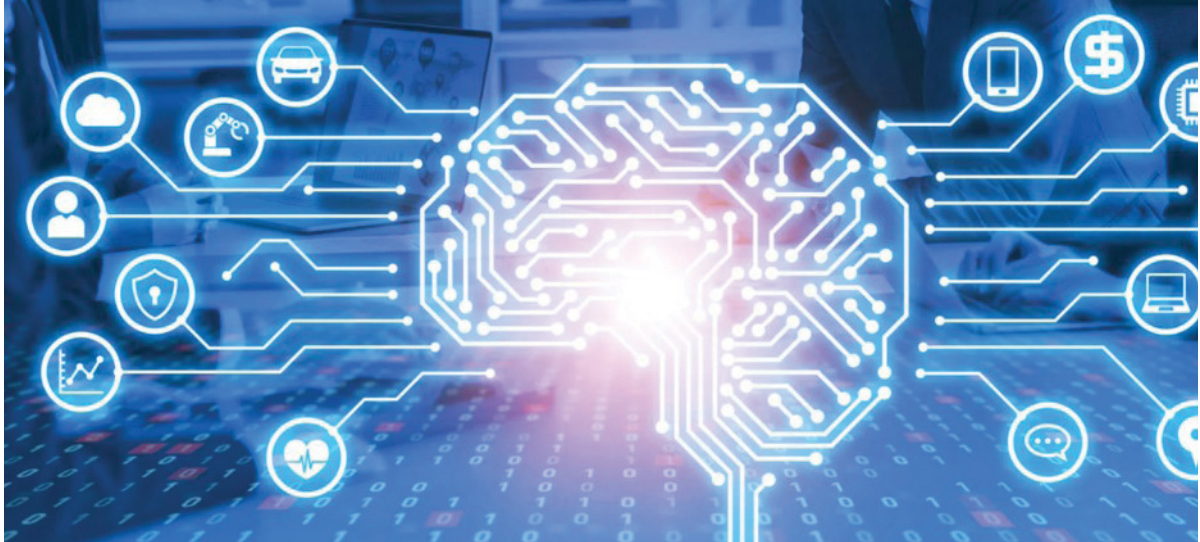
artificial intelligence, machine learning, neural network, natural language processing, text synthesis, computer vision, nuclear industry, nuclear fuel cycle.

# СОДЕРЖАНИЕ

---

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	7
<b>1. ОБЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ</b> .....	9
1.1. Общие понятия и термины .....	10
1.2. Технологии и инструменты искусственного интеллекта .....	13
1.2.1. Машинное обучение .....	15
1.2.2. Обработка естественного языка .....	20
1.2.3. Синтез текста и речи .....	21
1.2.4. Компьютерное зрение .....	24
1.2.5. Робототехника .....	28
1.2.6. Планирование и экспертные системы .....	31
1.2.7. Аппаратное и программное обеспечение для ИИ .....	38
<b>2. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК В МИРЕ</b> .....	43
2.1. Исследования и разработки .....	44
2.1.1. Естественные науки .....	47
2.1.2. Медицина .....	50
2.1.3. Информационные технологии .....	51
2.2. Промышленность .....	55
2.3. Безопасность .....	61
2.4. Политика и управление .....	63
2.5. Этика искусственного интеллекта .....	66
2.6. Объяснимый и доверенный искусственный интеллект .....	70
<b>3. СОСТОЯНИЕ РАЗРАБОТОК ИИ В РОССИИ</b> .....	75
3.1. Санкционные последствия для ИИ в России .....	78
3.2. Промышленность как фактор роста сектора ИИ .....	80
3.3. Возможные варианты решения проблемы .....	81
3.4. Драйверы развития отрасли искусственного интеллекта .....	83

<b>4. ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В АТОМНОЙ ОТРАСЛИ .....</b>	<b>89</b>
<b>4.1. Ядерный топливный цикл .....</b>	<b>90</b>
<b>4.1.1. Разведка и добыча урана .....</b>	<b>91</b>
<b>4.1.2. Обогащение урана .....</b>	<b>93</b>
<b>4.1.3. Фабрикация топлива.....</b>	<b>94</b>
<b>4.1.4. Обращение с ОЯТ и РАО .....</b>	<b>95</b>
<b>4.2. Проектирование АЭС .....</b>	<b>98</b>
<b>4.2.1. Активная зона ядерного реактора.....</b>	<b>98</b>
<b>4.2.2. Теплогидравлическое моделирование .....</b>	<b>98</b>
<b>4.2.3. Конструкция радиационной защиты .....</b>	<b>99</b>
<b>4.3. Эксплуатация АЭС .....</b>	<b>100</b>
<b>4.3.1. Онлайн-мониторинг состояния.....</b>	<b>100</b>
<b>4.3.2. Диагностика неисправностей .....</b>	<b>101</b>
<b>4.3.3. Предиктивное техническое обслуживание.....</b>	<b>102</b>
<b>4.3.4. Автоматизация для повышения надежности и сокращения време- ни выполнения общих операций .....</b>	<b>103</b>
<b>4.4. Вывод АЭС из эксплуатации .....</b>	<b>105</b>
<b>4.5. Применение технологий ИИ в медицине, в том числе ядерной .....</b>	<b>108</b>
<b>4.6. Оптимизация, планирование и проведение экспериментов по УТС, ядер- ной физике, ускорительной технике, получению ядерных данных и др. ....</b>	<b>111</b>
<b>4.7. Применение методов ИИ в машиностроительном производстве, в гидро- логии, сельском хозяйстве и др. ....</b>	<b>113</b>
<b>4.8. Ядерная и физическая безопасность, гарантии МАГАТЭ .....</b>	<b>115</b>
<b>4.9. Прочие применения ИИ в атомной отрасли .....</b>	<b>117</b>
<b>4.10. Открытые вопросы.....</b>	<b>119</b>
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....</b>	<b>121</b>
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....</b>	<b>126</b>
<b>ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ .....</b>	<b>137</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А .....</b>	<b>140</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....</b>	<b>142</b>





## ВВЕДЕНИЕ

---

В настоящее время искусственный интеллект (ИИ) – один из самых популярных, обсуждаемых и в то же время противоречивых и многозначных терминов. С одной стороны, утверждается, что уровень развития технологий искусственного интеллекта в стране – это важнейший критерий технологической, экономической и военно-стратегической мощи государства, показатель ее конкурентоспособности на высокотехнологичных рынках. С другой стороны, всемирно известный специалист Люк Джулия<sup>1</sup> (Luc Julia) говорил: «Сегодняшние инструменты для бизнеса используют математику, статистику, машинное обучение,

---

<sup>1</sup> Французско-американский инженер и компьютерный ученый, один из 100 самых влиятельных разработчиков в цифровом мире, специализирующийся в области искусственного интеллекта. Технический директор и вице-президент по инновациям Samsung с 2012 по 2021 гг., в настоящее время главный научный сотрудник группы Renault, Франция.



глубокое обучение, большие данные, получая машины более совершенные, чем в прошлом. Но то, что так часто называют ИИ, на самом деле не связано с искусственной формой интеллекта».

Существует утверждение, что словосочетание «искусственный интеллект» – не очень удачный термин, который тем не менее стал общепотребимым. ИИ быстро развивается, появляется все больше новых решений, меняется наполнение термина, и трудно подобрать определение, которое было бы достаточно гибким и охватывало все новые подходы к реализации ИИ.

В нашей стране впервые понятие «искусственный интеллект» было юридически определено в Указе Президента РФ от 10 октября 2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации» [1].

ГОСТ Р 59277-2020 «Системы искусственного интеллекта. Классификация систем искусственного интеллекта» [2] дает следующее определение: «Искусственный интеллект (artificial intelligence) – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение, поиск решений без заранее заданного алгоритма и достижение инсайта<sup>2</sup>) и получать при выполнении конкретных практически значимых задач обработки данных результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека».

Технологии искусственного интеллекта развиваются экспоненциально и уже сейчас способны сортировать и интерпретировать значительные объемы данных из различных источников для выполнения широкого спектра задач и оказания помощи в решении актуальных мировых проблем. Искусственный интеллект обладает огромным потенциалом для ускорения технологического развития в различных областях деятельности.

---

<sup>2</sup> Инсайт (англ. insight – постижение, озарение, проникновение в суть) – внезапное новое понимание сути проблемы, ведущее к нахождению ее решения.

С полными версиями аналитических отчетов отраслевого Центра аналитических исследований и разработок можно ознакомиться на следующих ресурсах:

1. Портал отраслевого Центра аналитических исследований и разработок (доступ осуществляется через внутреннюю сеть КСПД Росатома)



2. Раздел отраслевого Центра аналитических исследований и разработок на портале «Страна Росатом» (доступ осуществляется через внутреннюю сеть КСПД Росатома)

