

Содержание

Список рисунков	6
Список таблиц	11
Список кейсов	12
Ключевые выводы	16
Используемые аббревиатуры	26
Введение	29
1. ВЛИЯНИЕ МЕГАТРЕНДОВ НА МИРОВУЮ НАУКУ	41
1.1. Общество и ценности	42
1.2. Экономика	47
1.3. Геополитика	53
1.4. Наука и технологии	59
1.5. Климат и экология	70
Резюме	75
2. ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦИКЛ	81
2.1. Усиление междисциплинарности в науке	83
2.2. Усложнение и удорожание исследований	90
2.3. Ускорение исследовательского цикла	93
Резюме	97
3. АКТОРЫ	99
3.1. Изменения институциональной структуры науки	100
3.2. Повышение исследовательской активности бизнеса	103
3.3. Трансформация роли государства	111
3.4. Университеты как центры превосходства	116
3.5. Новые форматы кооперации	120
3.6. Становление неинституализированных форм научной деятельности	124
Резюме	128

4. РЕСУРСЫ	131
4.1. Рост расходов на науку	132
4.2. Усиление неравенства в распределении ресурсов	138
4.3. Новые формы финансирования науки	141
4.4. Развитие меганауки	142
4.5. Цифровая трансформация научной деятельности	147
4.6. Роль искусственного интеллекта в науке	148
Резюме	151
5. КАДРЫ	155
5.1. Увеличение численности исследователей	158
5.2. Интенсификация академической мобильности	159
5.3. Конкуренция за таланты	161
5.4. Диверсификация моделей подготовки научных кадров	166
5.5. Усиление спроса на междисциплинарные компетенции	168
Резюме	171
6. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК	175
6.1. Разнообразие научных результатов	178
6.2. Глобальный рост результативности	182
6.3. Неравенство в продуктивности национальных научных систем	184
6.4. Изменение требований к научным результатам	185
6.5. «Открытая наука»	189
6.6. Переход к совместному производству знаний	191
6.7. «Децентрализация» научной деятельности	192
Резюме	194
7. ПОЛИТИКА	197
7.1. Диверсификация механизмов поддержки науки	198
7.2. Приоритеты: большие вызовы VS перспективные технологии	206
7.3. Распространение практик оценки научной политики	211
Резюме	212
Заключение.....	215
Список литературы	218

ПРИЛОЖЕНИЯ	243
Приложение А. Взгляд ученых: итоги опроса	244
А.1. Глобальные тренды в науке	244
А.2. Альтернативные сценарии развития науки	248
А.3. Влияние науки на экономику и общество	261
А.4. Страны – лидеры в сфере науки и технологий	263
А.5. Барьеры в развитии науки	265
А.6. Кадровый потенциал науки	267
А.7. Развитие междисциплинарных исследований	271
А.8. Ожидаемые изменения в форматах исследовательских результатов	272
А.9. Интерес к долгосрочным прогнозам развития науки и технологий	273
Приложение Б. Методическая и эмпирическая основа исследования	274
Б.1. Онлайн-опрос ведущих ученых	274
Б.2. Анкета для онлайн-опроса	277
Б.3. Качественный этап: глубинные интервью с экспертами	291
Б.4. Гайд интервью	291
Приложение В. Распределение ответов респондентов на вопросы анкеты	296
В.1. Оценка трендов развития науки	296
В.2. Период проявления трендов	298
В.3. Ожидаемые социально-экономические эффекты реализации трендов развития науки	303
В.4. Оценка состояния области науки	304
В.5. Изменение формата и востребованности результатов	306
В.6. Интерес к прогнозам развития науки и технологий	310

Список рисунков

Рис. 1. Структура научной системы	35
Рис. 2. Численность населения мира	43
Рис. 3. Глобальное бремя болезней (2017) и экономический эффект от прогресса в их лечении (2040)	45
Рис. 4. Численность занятых в профессиях с цифровой составляющей в мире, млн чел.	46
Рис. 5. Глобальное неравенство по уровню дохода и активов: 2021, проценты	48
Рис. 6. Средняя заработная плата в отдельных секторах в США, ЕС и Великобритании	51
Рис. 7. Фронтиры мировой науки (семантическая карта)	60
Рис. 8. Производительность вычислительной техники, операций на Вт	66
Рис. 9. Численность населения, которое будет испытывать влияние опустынивания, водного и теплового стресса из-за глобального потепления (прогнозная оценка), млрд чел.	70
Рис. 10. Глобальный экологический след и биоемкость экосистем, глобальные га на чел.	72
Рис. 11. Мегатренды и тренды науки	76
Рис. 12. Наиболее значимые тренды развития науки, в процентах от общей численности опрошенных	77
Рис. 13. Наиболее значимые тренды развития науки: мнения российских и зарубежных ученых, в процентах от численности опрошенных	78
Рис. 14. Секторы и «внешние» акторы научных систем	101
Рис. 15. Структура ВЗИР по секторам науки, проценты	104
Рис. 16. Структура численности исследователей по секторам науки, проценты	105
Рис. 17. Структура ВЗИР по источникам финансирования, проценты	106
Рис. 18. Развилка: Доминирующая роль бизнеса в финансировании науки или Доминирующая роль государства в финансировании науки, в процентах от численности опрошенных	112
Рис. 19. Развилка: Рост роли университетов в исследованиях и разработках или Рост роли бизнеса в исследованиях и разработках, в процентах от численности опрошенных	117
Рис. 20. Ресурсы науки	133

Рис. 21. ВЗИР по странам, млрд долл. в расчете по паритету покупательной способности национальных валют	134
Рис. 22. Ежегодные темпы прироста ВЗИР по странам, проценты	135
Рис. 23. ВЗИР в процентах к ВВП по странам: 2000–2022	136
Рис. 24. ВЗИР в процентах к ВВП по странам	137
Рис. 25. Распределение мировых ВЗИР между странами, проценты	138
Рис. 26. Топ-10 стран по объему ВЗИР, млрд долл. в расчете по паритету покупательной способности национальных валют	139
Рис. 27. Численность исследователей в эквиваленте полной занятости на миллион человек населения по странам, человеко-лет	140
Рис. 28. Численность исследователей в эквиваленте полной занятости	158
Рис. 29. Масштабы найма иностранных работников в сфере науки: мнения российских и зарубежных ученых, в процентах от численности опрошенных	162
Рис. 30. Масштабы найма иностранных работников по областям науки, в процентах от общей численности опрошенных	163
Рис. 31. Вклад иностранных ученых в развитие науки: мнения российских и зарубежных ученых, в процентах от численности опрошенных	163
Рис. 32. Ключевые факторы привлечения и удержания исследователей, мнения российских и зарубежных ученых, в процентах от численности опрошенных	164
Рис. 33. Оценка динамики междисциплинарности по областям науки, в процентах от численности опрошенных	170
Рис. 34. Результаты исследований и разработок, их распространение и применение	177
Рис. 35. Ожидаемые изменения значимости отдельных форматов научно-технологических результатов, в процентах от общей численности опрошенных	179
Рис. 36. Ожидаемые изменения значимости отдельных факторов, влияющих на выбор форм РИД, в процентах от общей численности опрошенных	181
Рис. 37. Общемировое число публикаций в научных изданиях, индексируемых в Scopus, млн	182
Рис. 38. Общемировое число патентных заявок на изобретения, млн	183
Рис. 39. Топ-10 стран по числу публикаций в научных изданиях, индексируемых в Scopus: 2022, тыс.	184
Рис. 40. Топ-10 стран по числу патентных заявок на изобретения, поданных национальными заявителями в стране и за рубежом: 2021, тыс.	185

Рис. 41. Развилка: Акцент на количественные показатели (публикации, патенты и др.) при оценке результативности ИР или Акцент на экспертные оценки профессионального сообщества, в процентах от численности опрошенных	188
Рис. 42. Развилка: Переход к «открытой науке» или Переход к «закрытой науке», в процентах от численности опрошенных	190
Рис. 43. Инструменты государственной научно-технической политики	199
Рис. 44. Наиболее значимые тренды научной политики в мире: 2023–2030: мнения российских и зарубежных ученых, в процентах от численности опрошенных	205
Рис. 45. Развилка: Ориентация преимущественно на собственные прорывные исследования и разработки или Ориентация преимущественно на заимствованные зарубежные технологии, в процентах от численности опрошенных	206
Рис. 46. Развилка: Ответ на большие вызовы как основной критерий выбора приоритетов в науке или Ориентация на перспективные научно-технологические направления, в процентах от численности опрошенных	208
Рис. 47. Повестка научно-технической политики зарубежных стран – лидеров мировой науки: II квартал 2023 (семантическая карта)	209
Рис. 48. Развилка: Акцент на долгосрочные (10–20 лет) приоритеты развития науки или Акцент на краткосрочные (3–5 лет) приоритеты развития науки, в процентах от численности опрошенных	210
* * *	
Рис. А1. Наиболее значимые тренды развития науки, в процентах от общей численности опрошенных	245
Рис. А2. Наиболее значимые тренды развития науки: мнения российских и зарубежных ученых, в процентах от численности опрошенных	246
Рис. А3. Наиболее значимые тренды развития науки по областям науки, в процентах от общего числа опрошенных	247
Рис. А4. Возможные слабопредсказуемые события (события-джокеры), которые могут радикально изменить направление развития науки: мнения российских и зарубежных ученых	249
Рис. А5. Развилка: Рост роли университетов в фундаментальной науке или Рост роли научно-исследовательских институтов в фундаментальной науке, в процентах от численности опрошенных	250
Рис. А6. Развилка: Рост роли университетов в исследованиях и разработках или Рост роли бизнеса в исследованиях и разработках, в процентах от численности опрошенных	251

Рис. А7. Развилка: Расширение спектра неинституализированных форм организации научной деятельности или Сохранение привязки исследователей к юридическим лицам (организациям), в процентах от численности опрошенных	251
Рис. А8. Развилка: Доминирующая роль бизнеса в финансировании науки или Доминирующая роль государства в финансировании науки, в процентах от численности опрошенных.....	252
Рис. А9. Развилка: Поддержка исследований и разработок преимущественно прямым государственным финансированием или Поддержка исследований и разработок преимущественно косвенным (налоговым) стимулированием, в процентах от численности опрошенных	253
Рис. А10. Развилка: Глобализация науки или Фрагментация глобального научно-технологического пространства, в процентах от численности опрошенных	254
Рис. А11. Развилка: Преобладание долгосрочных трудовых контрактов в науке или Преобладание краткосрочных трудовых контрактов в науке, в процентах от численности опрошенных	255
Рис. А12. Развилка: Усиление внимания к развитию узкоспециальных профессиональных компетенций (hard skills & knowledge) научных кадров или Усиление внимания к развитию междисциплинарных профессиональных компетенций, в процентах от численности опрошенных	255
Рис. А13. Развилка: Рост роли гибких навыков научных кадров или Рост роли базовых профессиональных навыков научных кадров, в процентах от численности опрошенных	256
Рис. А14. Развилка: Акцент на количественные показатели (публикации, патенты и др.) при оценке результативности ИР или Акцент на экспертные оценки профессионального сообщества, в процентах от численности опрошенных	257
Рис. А15. Развилка: Переход к «открытой науке» или Переход к «закрытой науке», в процентах от численности опрошенных	257
Рис. А16. Развилка: Ответ на большие вызовы как основной критерий выбора приоритетов в науке или Ориентация на перспективные научно-технологические направления, в процентах от численности опрошенных	259
Рис. А17. Развилка: Ориентация преимущественно на собственные прорывные исследования и разработки или Ориентация преимущественно на заимствованные зарубежные технологии, в процентах от численности опрошенных	259

Рис. А18. Развилка: Акцент на долгосрочные (10–20 лет) приоритеты развития науки или Акцент на краткосрочные (3–5 лет) приоритеты развития науки, в процентах от численности опрошенных	260
Рис. А19. Развилка: Планирование на уровне миссии или Проектное и программное планирование (в процентах от общей численности опрошенных)	260
Рис. А20. Оценка влияния науки на ключевые аспекты развития экономики и общества, в процентах от общей численности опрошенных	261
Рис. А21. Наиболее значимые барьеры развития науки, в процентах от общей численности опрошенных	265
Рис. А22. Наиболее значимые барьеры развития науки: мнения российских и зарубежных ученых, в процентах от численности опрошенных	266
Рис. А23. Масштабы найма иностранных работников в сфере науки: мнения российских и зарубежных ученых, в процентах от численности опрошенных	268
Рис. А24. Масштабы найма иностранных работников по областям науки, в процентах от общей численности опрошенных	269
Рис. А25. Вклад иностранных ученых в развитие науки: мнения российских и зарубежных ученых, в процентах от численности опрошенных	270
Рис. А26. Ключевые факторы привлечения и удержания исследователей: мнения российских и зарубежных ученых, в процентах от численности опрошенных	270
Рис. А27. Оценка динамики междисциплинарности по областям науки, в процентах от численности опрошенных	271
Рис. А28. Интерес российских и зарубежных ученых к долгосрочным прогнозам развития науки и технологий, в процентах от численности опрошенных	273
Рис. Б1. Пример визуализации шкалы	281

Список таблиц

Табл. 1. Атрибуты техноэкономических блоков	55
Табл. 2. Топ-20 фронтиров по значимости: 2021	63
Табл. 3. Обеспеченность научно-техническими кадрами по категориям персонала: мнения российских и зарубежных ученых, в процентах от численности опрошенных	157
Табл. 4. Основные параметры различных моделей аспирантуры	167
Табл. 5. Государственные инициативы в сфере науки и технологий в мире по тематическим направлениям: 2023	200

Табл. А1. Страны – лидеры научно-технологического развития: мнения российских и зарубежных ученых	264
Табл. А2. Обеспеченность научно-техническими кадрами по категориям персонала: мнения российских и зарубежных ученых, в процентах от численности опрошенных	268
Табл. А3. Оценка изменений форматов научных результатов	272
Табл. Б1. Минимальный порог числа цитирований статьи для включения автора в исходную выборку онлайн-опроса по областям науки.....	274
Табл. Б2. Характеристики итоговой выборки	275

Список кейсов

В Республике Корея снижается численность студентов и преподавателей	44
Новые технологии будут способствовать и сокращению рабочих мест, и созданию новых	50
Сохраняется нехватка специалистов с необходимыми навыками	51
Государства ищут пути преодоления мирового дефицита чипов	52
Международные институты поддерживают сотрудничество в научно-образовательной сфере	57
Международные организации используют современные технологии для повышения уровня готовности к потенциальным вызовам и оказания адресной помощи	58
Угрозы национальной безопасности ведут к изменению режимов прямых иностранных инвестиций	69
Ущерб от природных катастроф остается значительным	71
Достижения науки и технологий способствуют парированию климатических угроз для сельского хозяйства	71
Проблема переработки электронных отходов обостряется	74
Тренды исследовательского процесса могут трактоваться по-разному	82
Промышленные компании – пионеры междисциплинарных исследований	84
Национальные лаборатории США реализуют стратегические программы междисциплинарного характера	85
Междисциплинарные исследования – приоритет научной политики ЕС	86
Можно ли измерить междисциплинарность?	88
Оценить удорожание ИР сложно, но возможно	92
Трансляционные исследования – в фокусе государственной поддержки науки	96
Состав секторов науки	102
Компании – мировые лидеры наращивают расходы на ИР	107
Частные компании реализуют собственные космические проекты	108
Бизнес вносит значительный вклад в научные прорывы	110
Роль государства в выполнении и финансировании ИР меняется	113
Состав и структура государственного сектора науки варьируют по странам	114
Участие в инновациях – одна из важнейших миссий университетов	118

Расширение функционала организаций системы высшего образования: предпринимательские университеты	118
Центры совместных исследований – один из новых форматов взаимодействия акторов науки	121
Научно-образовательные консорциумы создаются для выполнения ИР и подготовки научных кадров	123
На базе цифровых технологий активно развиваются виртуальные лаборатории и платформы	126
Ученые объединяются в рамках специализированных социальных сетей	127
Критерии меганауки и мегапроектов весьма условны	144
Масштабы задач и используемых для их решения ресурсов диктуют необходимость международной научной кооперации	145
Меганаука остается актуальной международной темой	146
Будущее науки неразрывно связано с искусственным интеллектом	149
На пути к созданию «электронного ученого»	150
Страны вводят специальные визы для привлечения иностранных ученых	161
США принимают меры по снижению гендерного неравенства в науке	166
В Великобритании создают онлайн-платформы для развития цифровых и предпринимательских навыков у исследователей	171
Страны переориентируют национальные системы оценки научных результатов	187
Блокчейн начинает активно применяться в сфере науки	193
Возвращение национальных научных кадров	204
Новые подходы к оценке научно-технической политики	212

Ключевые выводы

В последние годы наблюдается всплеск интереса к будущему науки, появляется целый ряд соответствующих исследований. Это связано с признанием ключевой роли науки не только в мировом социально-экономическом развитии и достижении конкурентоспособности отдельных стран и компаний, но и в поиске эффективных ответов на глобальные вызовы современности.

В монографии рассмотрены актуальные тенденции мировой науки, структурированные по основным блокам, определяющим ее развитие (исследо-

вательский цикл, акторы науки, ресурсы, кадры, результаты, политика). Выявление и экспертная экстраполяция трендов проведены с учетом мегатрендов – крупномасштабных экономических, социальных, политических, технологических и природных сдвигов, радикально трансформирующих все сферы жизни и деятельности человека, включая науку. Еще одним источником данных, представленных в книге, стали результаты опроса ведущих российских и зарубежных ученых и интервью с экспертами, проведенного авторами в 2022 г.

Мегатренды оказывают существенное влияние на динамику мировой науки

Социальные мегатренды

Рост численности и старение населения планеты, усиление неравномерности этих процессов между регионами и странами ограничивают приток в науку молодежи, обостряют глобальную конкуренцию за таланты. Акценты в различных областях науки смещаются к проблемам физического и психического здоровья человека, активного долголетия, социального благополучия. В свою очередь, успехи в области цифровизации, применения искусственного интеллекта (ИИ), клонирования, геном-

ного редактирования и других новых технологий обуславливают усиление внимания общества к этическим аспектам научно-технологического развития. Получает распространение концепция ответственных исследований и инноваций, предусматривающая всестороннее рассмотрение возможных социальных, экономических, правовых и других эффектов научной деятельности, что крайне важно, в частности, для определения приоритетов государственной политики и диалога с обществом.

Экономические мегатренды

Все бóльшую актуальность приобретают вопросы трансформации сложившихся цепочек создания стоимости, торговых и логистических связей под влиянием процессов деглобализации и регионализации, социально-экономических потрясений (в том числе пандемии) и геополитической напряженности. Вокруг крупных экономик и региональных объединений формируются емкие рынки, усиливается национальный и региональный протекционизм, цепочки создания стоимости и торговые потоки переориентируются на географические

зоны, менее подверженные политическим рискам.

Актуализируются вопросы устойчивого роста экономики, чему способствуют научно-технологический прогресс в целом и успехи в прорывных технологических направлениях (ИИ и машинном обучении, робототехнике, аддитивных технологиях, синтетической биологии и др.), а также значительное повышение объемов финансирования исследований и разработок (ИР), ориентированных на цели устойчивого развития.

Политические мегатренды

В связи с усилением неопределенности и непредсказуемости глобальных политических и экономических процессов повышаются требования к эффективности государственных инструментов и институтов. Страны – лидеры по объему внутренних затрат на исследования и разработки (ВЗИР) продолжают играть ведущую роль в мировом развитии, задавать «правила игры» на конкурентных технологических рынках.

Международная кооперация останется необходимым условием для развития науки как на глобальном, так и на национальном уровне независимо от текущей геополитической ситуации. Разрыв международных связей с большой вероятностью приведет к снижению качества исследований, падению доверия к науке со стороны субъектов экономики и общества.

В условиях обострения глобальной конкуренции страны, располагающие необходимыми ресурсами, стремятся к обеспечению технологического суверенитета. Происходит своего рода политизация технологий, а зачастую и технологического развития в целом, с целью смягчения или даже исключения влияния конкурентов на критическую инфраструктуру. Перед учеными ставятся задачи по разработке технологий для решения социально-экономических и политических вопросов в своих странах. На этом фоне формируются соперничающие техноэкономические блоки – сообщества государств, ориентированные на технологического лидера. Собственную мощную научно-технологическую платформу с атрибутами, позволяющими формировать техноэкономические блоки, имеют объединенная Европа, США, Китай и Россия.

Технологические мегатренды

Сквозным технологическим мегатрендом, меняющим систему глобальной науки, является цифровизация: развиваются новые методы и инструменты проведения ИР, собираются большие массивы данных и сокращаются сроки их обработки, зарождаются перспективные области научного поиска. Благодаря трансграничным информационным потокам снижаются временные затраты на проведение международных исследований, повышается их эффективность, обеспечивается

широкий доступ к знаниям и научной информации.

Растут потребности в высокопроизводительных вычислениях, повышается спрос на надежную вычислительную технику, в том числе специального назначения. Прорывами в этой области станут квантовые компьютеры, кремниевая фотоника, нейронауки и вычислительная нейробиология (использование принципов работы мозга для развития вычислительных систем) и др.

Экологические мегатренды

Факторы, связанные с климатическими изменениями, снижением биоразнообразия, ростом числа природных бедствий, каскадно распространяются на разные секторы и оказывают негативные эффекты, усложняя управление социально-экономическими процессами. Перед наукой встают многоаспектные

мультидисциплинарные задачи, вызванные необходимостью решения продовольственных и энергетических проблем, борьбы с болезнями, преодоления бедности, неравенства, деградации экосистем, совершенствования систем мониторинга, прогнозирования и управления ресурсами и др.

Тренды науки

Развитие междисциплинарных исследований – необходимое условие для создания прорывных инноваций, способствующих преодолению глобальных вызовов. Динамика междисциплинарных ИР будет

сдерживаться исторически сложившейся дисциплинарной матрицей науки, которая определяет повестку, организацию и финансирование ИР. Устранение этого барьера в ближайшие годы маловероятно.

Дальнейшее развитие междисциплинарности во многом зависит от перехода к ней в практиках финансирования, оценки ИР и управления ими

Усложнение, удорожание и ускорение ИР – не менее значимые тенденции развития науки. Усложнение ИР будет диктоваться ростом масштабов и сложности исследовательских задач, прежде всего связанных с поиском ответов на глобальные вызовы, и служить одним из драйверов их удорожания, развития междисциплинарности, коллабораций и цифровизации науки. Повышение стоимости ИР, в свою очередь, будет

способствовать их ускорению, которое произойдет благодаря развитию кооперации (в том числе в использовании исследовательской инфраструктуры), механизмов «открытой науки» и инноваций, цифровизации исследований и экспериментов. Здесь, несомненно, будут исключения – в силу сложности, огромных масштабов и длительных временных горизонтов отдельных исследовательских задач.

Заинтересованность бизнеса в ИР растет, но остается избирательной. Влияние государства на развитие науки будет усиливаться, особенно в части координации и обеспечения технологического суверенитета

Организационные сдвиги в национальных научных системах происходят под воздействием внутренних и внешних факторов, исторически сложившихся закономерностей, текущих реалий, глобальных условий и национального контекста. В институциональном плане развитие науки характеризуется вовлечением многочисленных акторов и широким спектром форматов их взаимодействия в процессе генерации, распространения, коммерциализации и использования научных результатов. Общие принципы организации науки смещаются в сторону открытости, гибкости, адаптивности к изменениям, новым механизмам коммуникации акторов.

В перспективе можно ожидать высокой активности компаний в сфере науки. Бизнес будет не только наращивать затраты на ИР и численность научно-технических кадров, но и интенсивно осваивать наукоемкие направления, в которых традиционно доминировало государство

(оборонно-промышленный комплекс, освоение космоса, инфраструктурные проекты и др.), инвестировать в фундаментальные проекты с высоким потенциалом создания перспективных технологий, способствующие экспансии на новые рынки, улучшению бизнес-процессов, формированию собственной высокоуровневой экспертизы.

Государство останется одним из основных инвесторов в науку, сохранится его ключевая роль в определении приоритетов. При финансовой поддержке государства будут осуществляться крупные научно-технологические программы, развитие фундаментальной науки, научные прорывы, обещающие прогресс в экономике и социальной сфере, обеспечении обороноспособности и национальной безопасности. При этом механизмы и каналы его воздействия на науку заметно трансформируются. На фоне сокращения доли государства в прямой финансовой поддержке ИР (в пользу бизнеса) усилится

его роль в координации интересов, содействии кооперации заинтересованных акторов и стейкхолдеров, укреплению их конкурентоспособности и глобальных позиций. Отдельные традиционные функции государства будут делегироваться другим участникам – бизнесу, некоммерческим организациям, профессиональным сообществам и др.

Долгосрочный вектор развития сектора высшего образования, связанный с усилением роли университетов как центров превосходства, активных

участников процессов генерации и распространения знаний и технологий, направлен на расширение их миссии, функций, институциональной автономии (повышение самостоятельности в выборе приоритетов и принятии решений, ответственности за риск, интеграции результатов ИР в образовательный процесс, формировании стратегий развития, выборе партнеров; переход к длинному горизонту планирования, диверсифицированным источникам финансирования, современным инструментам управления финансами).

Научная деятельность становится все более открытой, гибкой, адаптивной к изменениям; активно развиваются новые механизмы коммуникаций акторов

Значимый тренд – рост разнообразия форматов институциональных взаимодействий на базе цифровизации. Совместная деятельность акторов способствует не только продвижению результатов ИР, но и адаптации науки к внешним воздействиям. Наиболее востребованными станут форматы кооперации, ориентированные как на развитие научных систем и получение научных результатов, так и на достижение социально-экономического прогресса в целом. Будущее за такими организационными формами, как центры (сети) кооперативных исследований, со-производства знаний, научно-образовательные консорциумы, виртуальные исследовательские сети и партнерства, виртуальные лаборатории и др.

Развитие цифровой среды для со-производства знаний оценивается экспертами как перспективный, но не до конца сфор-

мировавшийся институциональный тренд. Особенности этой формы организации деятельности, взаимодействия заказчиков и исполнителей ИР, коммуникаций, объединения креативных ресурсов (хакатоны, экспертные сети и др.) связаны с активным вовлечением в научные процессы заинтересованных экспертов и групп граждан. Они смогут генерировать идеи, контактировать с компаниями в поисках возможности их практической реализации. Особенно заметную роль граждане смогут играть в решении задач сбора информации для исследований, развитии исследовательской и инновационной культуры, популяризации науки.

Еще один относительно новый организационный формат определяется концепцией «делай науку сам» (do-it-yourself science), согласно которой граждане и их группы коммуницируют, проводят экспе-

рименты, поддерживают собственные или совместно используют общедоступные объекты инфраструктуры.

В будущем получат распространение новые формы объединения (самоорга-

низации) ученых по профессиональным интересам на базе социальных сетей и сервисов и становления неинституализированных форм организации научной деятельности.

Рост затрат на науку, увеличение численности научного персонала, наращивание материально-технической базы ИР фактически обеспечиваются 10–15 ведущими странами

Ресурсы научной деятельности включают не только финансовые средства, материальные объекты и профессиональные кадры, но и нематериальную составляющую. В формирование ресурсной базы ИР вовлечены практически все значимые социально-экономические подсистемы: государственные структуры, экономические институты, сфера образования, некоммерческие организации, общественные группы (индивидуальные инвесторы, сетевые сообщества и пр.).

Фундаментом ресурсного разнообразия и успеха научной деятельности остаются финансовые средства, основным условием – их непрерывный рост в реальном выражении, главными источниками – средства государства и бизнеса. Далекое не все экономики способны обеспечить подобную основу. Сегодня рост затрат на науку, увеличение численности научного персонала, наращивание материально-технической базы ИР фактически обеспечиваются 10–15 ведущими государствами, которые опираются на приток человеческого капитала и инвестиций из разных регионов мира. Этот дисбаланс не носит

тотального характера и уравновешивается глобальной природой научного знания, мобильностью ученых и отсутствием границ в цифровой среде. В плане капиталоемкости и финансовой обеспеченности науки выделяются страны с доминированием бизнеса в финансировании ИР; предпринимательский и государственный секторы ориентированы на разные типы ИР и могут обеспечить сбалансированное развитие науки только при совместном участии.

Рост ресурсообеспеченности (и, соответственно, объема) ИР не следует воспринимать как тренд, ведущий к существенным сдвигам в будущем; скорее, это базовый процесс, аналогичный росту мировой экономики и увеличению численности населения. Однако его нарушение может привести к изменениям: эксперты отмечают пределы экстенсивного роста, но затрудняются оценить, какой эффект это окажет на масштабы науки в долгосрочной перспективе. К значительным изменениям следует отнести прежде всего сквозную цифровизацию науки, способную радикально повлиять на научный процесс.

Цифровые возможности позволяют модернизировать инструменты, методы и технологии ИР

Цифровизация науки открывает новые возможности для быстрой и эффективной организации работы с данными и объектами интеллектуальной собственности; дистанционной научной работы, включая эксперименты; внедрения новых способов финансирования, координации и коммерциализации ИР. Цифровые технологии обеспечивают переход к новым форматам проектов «мегасайенс» и поддерживают потенциал ИР малых инновационных компаний. Наиболее радикальным следствием внедрения цифровых технологий в ИР в долгосрочной перспективе может стать автоматизация всего научного процесса с использованием ИИ.

В настоящее время меганаука – это сфера интенсивной международной кооперации. Проекты «мегасайенс» подразумевают уникальные масштабные ИР с вводом в строй беспрецедентно крупных сооружений и установок; реализовать такие исследования самостоятельно не под силу какой-либо одной стране. Уже стартовавшие мегапроекты, как правило, открыты для конкурентного участия любой страны, готовой внести содержательный вклад в их развитие. Меганаука – не только область радикальных прорывных открытий, но и средство получения ответа на глобальные вызовы. Цифровизация выводит «большую науку» на новый уровень, позволяя замещать локальные мегасооружения объединенным в глобальные сети оборудованием и расширяя возможности дистанционного

доступа к проектам для широкого круга научных коллективов.

Другой пример изменений – расширение вариативности механизмов инвестирования в ИР в дополнение к традиционным (государственные субсидии, инвестиции венчурных фондов, IPO и др.). Появляются децентрализованные и «деинституализированные» источники финансирования, наполняемые через механизмы краудфандинга, информационно-проектных платформ, платформ «открытых инноваций», мезонинного финансирования и пр. Расширение негосударственных источников финансирования науки усиливает вызовы для государственной политики и ее традиционного инструментария.

До настоящего времени цифровые технологии позволяли усовершенствовать или автоматизировать лишь отдельные технические элементы научного процесса, такие как сбор, хранение и обработка данных, представление и распространение знаний, инвестиции и коммерциализация и пр. Однако радикальные изменения в производительности ИР могут произойти за счет автоматизации главного процесса, который пока выполняет только человек, – творческого поиска новых идей и генерации знаний. В этом направлении успешно внедряются новые инструменты на основе ИИ.

Если финансирование представляется наиболее «ликвидным» и гибким ресур-

Человеческий капитал – ключевой ресурс развития науки, во многом определяющий не только ее уровень и потенциал, но и глобальную конкурентоспособность

сом науки, то человеческий капитал – ее интеллектуальной основой, определяющей содержание и уровень научных знаний. В условиях новой промышленной революции, ускорения прогресса и обновления технологий ведущие страны наращивают численность научных кадров, в том числе высшей квалификации.

Рост численности обладателей ученой степени опережает число доступных вакансий в организациях науки и университетах. Как следствие, наблюдается ухудшение стартовых позиций и условий вхождения молодых специалистов на академический рынок труда. Повышение инновационной активности компаний, особенно в высокотехнологичных секторах, стимулирует спрос на специалистов, обладающих высокой научной квалификацией, для решения не только исследовательских, но и прикладных экономических и инженерно-технических задач. В этих условиях наблюдается масштабный переток обладателей ученых степеней на неакадемический рынок труда.

Получает распространение модель прекарной занятости, состоящая в переходе от постоянной занятости к частичной, работе неполный рабочий день или на часть ставки, проектной или разовой работе, увеличении доли срочных трудовых договоров и др.

Формируется запрос на обновление программ аспирантской подготовки кадров; внедряются ее гибкие модели, различа-

ющиеся по формату обучения, ожидаемому результату и предпочтительным карьерным траекториям после выпуска. Аспирантура уже не рассматривается как механизм подготовки исключительно научных кадров, а служит более обширным целям – подготовки высококвалифицированных кадров для наукоемких отраслей экономики. В перспективе, вероятно, будут развиваться три основные модели аспирантуры: исследовательская (начало научной карьеры), профессиональная (способ повышения квалификации специалистов за пределами академического сектора) и индустриальная (база подготовки инженеров высшей квалификации в партнерстве с компаниями).

Актуальная задача – привлечение и удержание талантливых исследователей. Помимо обеспечения достойных условий жизни и труда, разрабатываются дифференцированные инструменты кадровой политики, нацеленные на поддержку разных групп исследователей – не только по возрасту, но и по выполняемым функциям, приоритетам научно-технологического развития и т. д. Это позволяет избежать «перекосов» в кадровой структуре науки; получать более ощутимую отдачу от адресной поддержки исследователей; сдерживать отток научных работников после прохождения этапа «первоначального накопления» знаний, навыков и опыта. Для привлечения и удержания иностранных специалистов вводятся специальные типы виз с ускоренными и облегченными правилами получения разрешения на ра-

боту в сочетании с мерами социальной поддержки.

По мнению многих экспертов, применяемая в настоящее время высококонкурентная система оценки результативности научной деятельности, ориентированная на показатели индивидуальной эффективности ученых, имеет многочисленные ограничения. В частности, дискриминируются представители отдельных

областей науки, где используются специфические формы фиксации результатов ИР, а также женщины и ряд социально уязвимых групп, что снижает разнообразие кадрового состава науки. В будущем потребуются новые стимулы и более диверсифицированные меры, направленные на вознаграждение вклада ученых (индивидуального и коллективного); привлечение талантов и сохранение их разнообразия.

Сохраняется тенденция к наращиванию числа научных результатов при росте требований к их качеству. Продуктивность научных систем существенно различается по странам

Результаты научной деятельности – широкое понятие, учитывающее не только доступные для стандартной статистики показатели публикационной и патентной активности, цитируемости и пр., но и менее формализованные критерии, такие как популяризация науки, информирование государства и общества, создание баз открытых данных и знаний и т. д.

Результативность в науке, определяемая, в частности, числом опубликованных научных статей и поданных патентных заявок на изобретения, напрямую коррелирует с объемом затрат на ИР и численностью научного персонала. Те же показатели, отнесенные к ВЗИР или взятые в расчете на одного исследователя (в эквиваленте полной занятости), также стабильно повышаются. Как и в случае с ресурсной обеспеченностью, наблюдается выраженная дифференциация стран по вкладу в глобальные научные результаты. В профессиональном сообществе рост результативности, как правило, воспринимается как фоновый процесс,

не связанный с какими-либо будущими изменениями. Тем не менее возможны сдвиги в структуре и уровне научных результатов.

По мере роста запросов к науке, формируемых государством и бизнесом, повышаются и требования к ее результатам; в некоторых ситуациях они становятся более формализованными и узконаправленными. Однако общий тренд состоит в смещении фокуса с формальных показателей на более сложную индивидуальную оценку качества и вклада работы научных коллективов и отдельных ученых.

Из-за роста объемов и уровня сложности научных результатов происходит усложнение проектов ИР с точки зрения конечных результатов, количества и состава участников, координации их взаимодействия. В связи с этим формат заказов и контрактов будет все активнее вытесняться практиками «совместного созидания» (со-производства). Состав заказчиков также будет расширяться,

что усилит децентрализацию научной деятельности.

Децентрализация управления в сфере науки будет обеспечиваться за счет цифровых технологий. Развитие специализированных платформ позволит перевести часть контрактов в «приватные» онлайн-формы с безопасными, гибкими и многоуровневыми средствами доступа к знаниям. Наука в новом цифровом формате «совместного созидания» станет более доступной для участников за пределами университетов, крупных корпораций и государственных структур; к ней будут более активно обращаться

малый инновационный бизнес, некоммерческие организации, общественные объединения.

Дальнейший переход к «открытой науке» затронет базовые принципы генерации и распространения знаний и проведения исследований. Открытые патенты, открытые публикации и рецензии, волонтерская наука (citizen science) и другие элементы позволят распространять знания более свободно и без ущерба для их экономической полезности, многократно увеличивая отдачу от научной деятельности и ее общественную полезность.

Усиливается значение приоритизации, внедряются новые инструменты поддержки науки, совершенствуются практики оценки эффективности

Государственная политика останется ключевым фактором, определяющим развитие науки в долгосрочной перспективе. Будущее науки на глобальном уровне во многом зависит от приоритетов и моделей ее поддержки, реализуемых ведущими странами, масштабов и характера кооперации между ними.

К наиболее заметным трендам научно-технической политики относятся:

- фокусировка на обеспечении технологического суверенитета;
- стимулирование роста расходов на науку, в том числе со стороны бизнеса;

- развитие исследовательской инфраструктуры и цифровизация науки (создание крупных научных установок и специализированных информационных систем и пр.);
- активное привлечение и удержание талантливых ученых;
- вовлечение общества в научную деятельность.

В ближайшие годы ожидается усиление акцента политики на национальных технологических приоритетах и поиске ответов на большие вызовы; дальнейшее развитие получают практики оценки научно-технической политики.

Используемые аббревиатуры

БАК	Большой адронный коллайдер
ВВП	валовой внутренний продукт
ВЗИР	внутренние затраты на исследования и разработки
ВИЭ	возобновляемые источники энергии
ВОИС	Всемирная организация интеллектуальной собственности (World Intellectual Property Organization – WIPO)
ВЭФ	Всемирный экономический форум (World Economic Forum – WEF)
ДНК	дезоксирибонуклеиновая кислота
ЕАЭС	Евразийский экономический союз
ИИ	искусственный интеллект (Artificial Intelligence – AI)
ИКТ	информационно-коммуникационные технологии
ИР	исследования и разработки
ИТ	информационные технологии
МСП	малое и среднее предпринимательство
МТБ	материально-техническая база
НИИ	научно-исследовательский институт
ООН	Организация Объединенных Наций
ОПК	оборонно-промышленный комплекс
ОЭСР	Организация экономического сотрудничества и развития (Organisation for Economic Co-operation and Development – OECD)
ПО	программное обеспечение
РИД	результат интеллектуальной деятельности
ЮНЕСКО	Организация Объединенных Наций по вопросам образования, науки и культуры (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization – UNESCO)
ЮНИДО	Организация Объединенных Наций по промышленному развитию (United Nations Industrial Development Organization – UNIDO)
DAO	Decentralized Autonomous Organizations – децентрализованные автономные организации

ESG	Ecological, Social, Governance – экологическое, социальное и корпоративное управление
GISAID	Global Initiative on Sharing All Influenza Data – Глобальная инициатива по обмену всеми данными о гриппе
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change – Межправительственная группа экспертов по изменению климата
IPO	Initial Public Offering – первичное публичное предложение
ITER	International Thermonuclear Experimental Reactor – Международный экспериментальный термоядерный реактор
KISTEP	Korea Institute of S&T Evaluation and Planning – Институт оценки и планирования в области науки и технологий (Республика Корея)
NISTEP	Japan National Institute of Science and Technology Policy – Национальный институт научно-технологической политики (Япония)
NSF	National Science Foundation – Национальный научный фонд (США)
STEM	Science, Technology, Engineering, Mathematics – естественные науки, технологии, инжиниринг, математика
WHO	World Health Organization – Всемирная организация здравоохранения
WTO	World Trade Organization – Всемирная торговая организация

Институт статистических исследований и экономики знаний (ИСИЭЗ)
НИУ ВШЭ – крупнейшее научное подразделение НИУ ВШЭ,
ведущий в России и признанный за рубежом научный
и экспертно-аналитический центр в области экономики, статистики
и прогнозирования развития науки, технологий, инноваций,
цифровой экономики, образования; разработки доказательной
научно-технической и инновационной политики; форсайт-исследований.

Ознакомиться с исследованиями
и публикациями ИСИЭЗ НИУ ВШЭ можно на сайте

issek.hse.ru

и в телеграм-канале

t.me/iFORA_knows_how

За дополнительной информацией и разрешением
на перепечатку материалов
обращайтесь по адресу:

issek@hse.ru

Научное издание

БУДУЩЕЕ МИРОВОЙ НАУКИ

Редакторы А. В. Бреус, М. Ю. Соколова

Арт-директор О. В. Васильев

Дизайн: Г. В. Подзолкова, А. Г. Севоднева, И. В. Цыганков

Иллюстратор Т. А. Касимова

Макет и компьютерная верстка: Т. Ю. Кольцова

Корректор Е. Д. Полукеева

Рисунок на обложке сгенерирован программой Midjourney.

По вопросам закупки книг обращайтесь в отдел реализации

Издательского дома ВШЭ:

тел.: +7 495 772-95-90 доб. 15295, 15297

bookmarket@hse.ru

Подписано в печать 28.05.2024.

Формат 70×100 1/16. Бумага мелованная.

Печ. л. 19.5. Уч.-изд. л. 33.7.

Тираж 500 экз. Заказ № 55323.

Национальный исследовательский университет

«Высшая школа экономики»

101000, Москва, Мясницкая ул., 20

Отпечатано в ООО «Типография ИРМ-1»

140000, Московская область, г. Люберцы, Инициативная ул., 38

Тел.: +7 495 740-00-77