
ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ
И МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

**О результатах долгосрочного прогнозирования
фундаментальных и поисковых научных исследований**

© 2019 г. **Л.Э. Миндели**, С.Ф. Остапюк*, В.П. Фетисов**

Институт проблем развития науки РАН, Москва

* E-mail: S.Ostapjuk@issras.ru ** E-mail: VPFetisov@yandex.ru

Поступила в редакцию 6.06.2019 г.

Работа выполнена в рамках программы фундаментальных исследований Президиума РАН на 2019 г. № 10 “Большие вызовы и научные основы прогнозирования и стратегического планирования”.

В 2018—2019 гг. под руководством Российской академии наук ИПРАН РАН разработал долгосрочный прогноз фундаментальных и поисковых научных исследований. Целью настоящей статьи является представление результатов прогнозирования для обсуждения научной общественностью, последующее их рассмотрение в РАН и использование итогового прогноза фундаментальных и поисковых научных исследований при уточнении долгосрочного прогноза научно-технологического развития страны. Статья содержит сопоставление результатов долгосрочного тематического прогноза развития фундаментальных и поисковых научных исследований с результатами долгосрочного прогноза перспективных направлений научно-технологического развития, экспертные оценки актуальности и мирового уровня прогнозируемых научных исследований по тринадцати направлениям наук, оценку их финансирования, необходимого для проведения исследований в полном объеме и на высоком мировом уровне. В целях реализации РАН своих функций, в том числе связанных с прогнозированием основных направлений научного, научно-технического и социально-экономического развития страны, в статье предлагается принять правовые акты о порядке формирования и корректировки прогноза развития фундаментальных научных исследований.

Ключевые слова: фундаментальные и поисковые научные исследования, социально-экономическое и научно-технологическое развитие, стратегическое планирование, формы и результаты анализа долгосрочного прогнозирования.

Классификация JEL: E17, B4, I23.

DOI: 10.31857/S042473880006709-8

В 2018/2019 г. отделения РАН совместно с организациями, занимающимися фундаментальными и поисковыми научными исследованиями, разработали предложения по актуализации формулировок тем научных исследований и уточнению параметров “Прогноза развития фундаментальных и поисковых научных исследований” (далее — Прогноз ФПНИ)¹ (Миндели, Остапюк, Черных, 2017; Миндели, Остапюк, Фетисов, 2018, 2019). В статье проведено сопоставление (идентификация) результатов Прогноза ФПНИ с результатами прогноза перспективных направлений научно-технологического развития (далее — НТР), показана экспертная оценка актуальности (по 10-балльной шкале) и мирового уровня (по 4-балльной шкале) прогнозируемых научных исследований, среднего срока и объема финансирования исследований по 13 направлениям наук, необходимого для проведения исследований в полном объеме и на высоком мировом уровне.

К перспективным направлениям НТР страны, в контексте Указа Президента РФ от 01.12.2016 № 642 “О Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации” (пункт 21) и Указа Президента РФ от 07.07.2011 № 899 (ред. от 16.12.2015) “Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации”, отнесены: 1) информационно-коммуникационные технологии

¹ Указанные предложения подготовлены во исполнение письма Председателя Научно-координационного совета РАН по проблемам прогнозирования и стратегического планирования в Российской Федерации вице-президента РАН академика РАН В.В. Козлова № 10013.1-2215/62 от 01.11.2018.

(ИКТ); 2) биотехнологии (БТ); 3) медицина и здравоохранение (МиЗ); 4) агротехнологии (АТ); 5) новые материалы и нанотехнологии (НМиНТ); 6) рациональное природопользование (РП); 7) транспортные и космические системы (ТиКС); 8) энергоэффективность и энергосбережение (ЭЭ); 9) общественные науки; 10) гуманитарные и социальные исследования; 11) противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства; 12) возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития, в том числе применяя методы гуманитарных и социальных наук.

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ

Соотнесение (идентификация) ожидаемых результатов прогнозирования по направлению “Математические науки” с перспективными направлениями научно-технологического развития показало, что тематическое направление исследований “Теоретическая информатика и дискретная математика” имеет наибольшее значение показателя идентификации — 907; наименьшее значение — высокопроизводительные вычисления (55) (табл. 1). Экспертная оценка актуальности прогнозируемых научных исследований по математическим наукам подтвердила их наивысшую актуальность (10 баллов).

В мировом рейтинге в области теоретической математики и системного программирования Россию опережает только одна страна — США. Результаты исследований на уровне российских показывают ученые Германии, Франции, Японии, Канады. В области вычислительной математики Россию опережают США, Китай, Германия, Япония. Что касается математического моделирования и высокопроизводительных вычислений, то Россия занимает пятое и шестое места в мире, уступая работам ученых из США, Китая, Японии, Германии, Великобритании, Франции.

Таблица 1. Математические науки

Тематические направления исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования с перспективным направлением НТР								
		ИКТ	БТ	МиЗ	АТ	НМиНТ	РП	ТиКС	ЭЭ	Итого
Теоретическая математика	10	25	1	6	0	15	12	12	34	105
Вычислительная математика	5	15	5	10	0	5	15	10	5	65
Математическое моделирование	9	4	2	7	5	9	5	10	13	55
Высокопроизводительные вычисления	5	45	0	0	0	0	0	0	0	45
Теоретическая информатика и дискретная математика	47	136	113	132	14	161	166	28	157	907
Системное программирование	4	35	16	11	0	12	7	11	19	111
Всего	80	260	137	166	19	202	205	71	228	1288

Примечание. Здесь и далее в таблицах выделены ячейки, имеющие наибольшее значение показателя идентификации.

Прогнозируемый уровень результатов научных исследований по математическим наукам по 4-балльной шкале оценок в период до 2025 г. отнесен к значительным, приоритетным достижениям лишь в отдельных областях, а в период до 2035 г. — в основном к высокому уровню развития и мировому лидерству. Вместе с тем следует отметить ряд научных направлений математики, где прогнозируется общее отставание и завоевание только небольшого числа достижений в отдельных направлениях в период до 2025 г. Например, к таким отстающим направлениям отнесены: вычислительная математика; моделирование в задачах медицины и сельского хозяйства, государственного и корпоративного управления, моделирование социально-экономических процессов, транспортных потоков, высокопроизводительные вычисления. Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований в России в области математических наук показан на рис. 1.

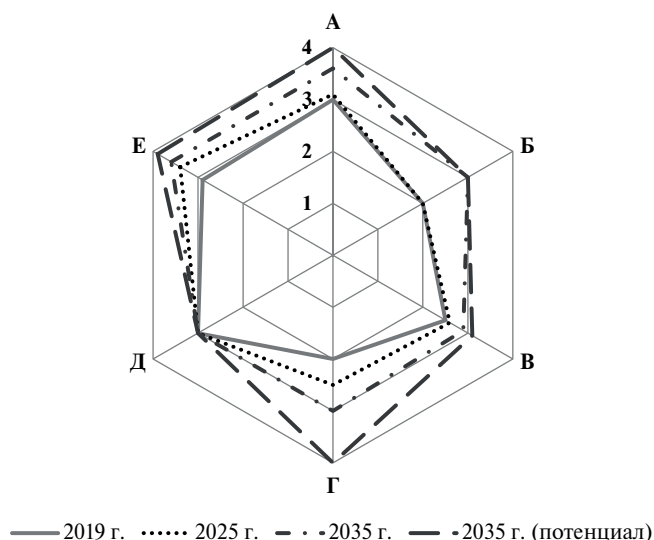


Рис. 1. Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований в России по направлению “Математические науки”

Примечание. 1. А — теоретическая математика; Б — вычислительная математика; В — математическое моделирование; Г — высокопроизводительные вычисления; Д — теоретическая информатика и дискретная математика; Е — системное программирование.

2. Здесь и далее градации шкалы оценок прогнозируемого уровня результатов научных исследований определены следующим образом: 1 — значительное отставание от общемирового уровня; 2 — общее отставание и некоторые достижения в отдельных областях; 3 — значительные, приоритетные достижения в отдельных областях; 4 — высокий уровень развития, мировое лидерство.

3. Здесь и далее под потенциалом понимается достижение максимально возможного уровня научных исследований в условиях достаточности финансирования.

Согласно экспертной оценке, для проведения фундаментальных исследований по направлению “Математические науки” (число тем — 80) в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимы: срок от начала до завершения исследований — в среднем 13,5 лет; финансирование исследований за весь период — минимальный объем 18 315 млн руб., максимальный — 32 550 млн руб. в текущих ценах.

ФИЗИЧЕСКИЕ НАУКИ

Соотнесение ожидаемых результатов научных исследований по физическим наукам с перспективными направлениями научно-технологического развития показывает, что тематические направления “Радиофизика и электроника, акустика” и “Астрономия, астрофизика, космология и исследования космического пространства” имеют наибольшие значения показателя идентификации — 148 и 146 соответственно; наименьшее значение — “Физика плазмы” (20) (табл. 2). Экспертная оценка показала высокую актуальность прогнозируемых научных исследований по направлению физических наук (10 баллов).

До 2035 г. высокий уровень развития или мировое лидерство в области физики конденсированных сред ожидается в России, Японии, США, странах ЕС. В области оптики и лазерной физики прогнозируется, что до 2025 г. Россия займет четвертое место, но сохранит общее отставание: в этой области появятся только отдельные достижения по ряду направлений.

В области радиофизики и электроники, акустики и физики плазмы Россия будет отставать от США и Японии. Высокий уровень развития и мировое лидерство у российских ученых в этой области исследований ожидается не ранее 2035 г. По ядерной физике до 2025 г. ожидаются общее отставание и только некоторые достижения по отдельным направлениям в данной области. В области астрономии, астрофизики, космологии и исследований космического пространства Россию будут опережать США, Китай, Германия, Япония, страны ЕС. В период до 2035 г. в основном ожидается

Таблица 2. Физические науки

Тематические направления исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования с перспективным направлением НТР								
		ИКТ	БТ	МиЗ	АТ	НМиНТ	РП	ТиКС	ЭЭ	Итого
Физика конденсированных сред	10	8	8	8	8	16	8	8	2	66
Оптика и лазерная физика	9	9	9	9	9	9	9	9	9	72
Радиофизика и электроника, акустика	8	12	28	24	0	40	12	32	0	148
Физика плазмы	4	2	0	4	0	8	2	2	2	20
Ядерная физика	6	0	6	6	0	6	0	6	6	30
Астрономия, астрофизика, космология и исследования космического пространства	15	30	11	0	3	0	28	60	14	146
Всего	52	61	62	51	20	79	59	117	33	482

получение значительных, приоритетных достижений и результатов высокого уровня. Однако до 2025 г. прогнозируемый уровень результатов научных исследований в целом в физических науках характеризует общее отставание, могут появиться лишь некоторые достижения в отдельных областях. Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований в России в области физических наук показан на рис. 2.

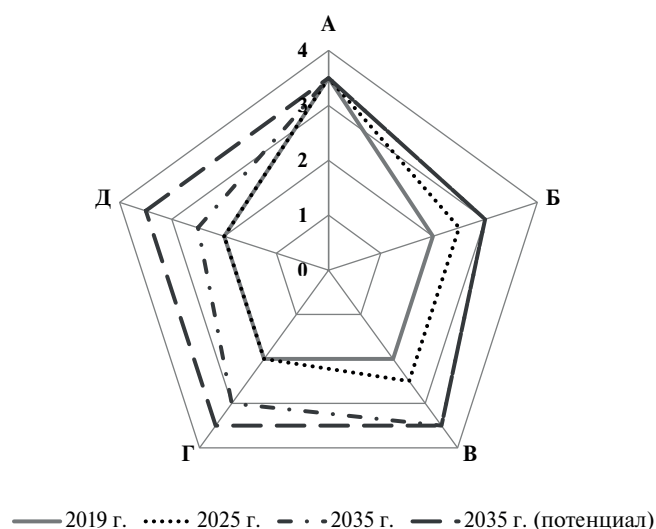


Рис. 2. Физические науки

Примечание. А — физика конденсированных сред; Б — оптика и лазерная физика; В — радиофизика и электроника, акустика, физика плазмы; Г — ядерная физика; Д — астрономия, астрофизика, космология и исследования космического пространства.

Согласно экспертной оценке для проведения фундаментальных исследований по направлению “Физические науки” (число тем — 52) в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимы: срок от начала до завершения исследований — в среднем 15,6 лет; финансирование исследований за весь период — минимальное 156 900 млн руб., максимальное — 299 800 млн руб. в текущих ценах.

НАНО- И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Тематическое направление “Информационные технологии” имеет наибольшее значение показателя идентификации результатов прогнозирования научных исследований среди других направлений исследований в анализируемой области — 58; наименьшее значение — у информатики (17) (табл. 3, рис. 3).

Экспертная оценка актуальности прогнозируемых научных исследований по направлению нанотехнологий и информационных технологий показала значительный разброс оценок. Мак-

Таблица 3. Нано- и информационные технологии

Тематические направления исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования с перспективным направлением НТР								Итого
		ИКТ	БТ	МиЗ	АТ	НМиНТ	РП	ТиКС	ЭЭ	
Информатика	11	17	0	0	0	0	0	0	0	17
Информационные технологии	14	29	5	3	0	3	2	8	8	58
Нанотехнологии	12	12	5	4	0	20	0	1	5	47
Всего	37	58	10	7	0	23	2	9	13	122

симально высокие оценки актуальности (9—10 баллов) получили такие направления научных исследований, как онконанотераностика, фундаментальная программа создания нейроморфных систем, технологии человеко-машинного взаимодействия, нейро- и когнитивные технологии, технологии создания интеллектуальных систем управления и умных инфраструктур, квантовые

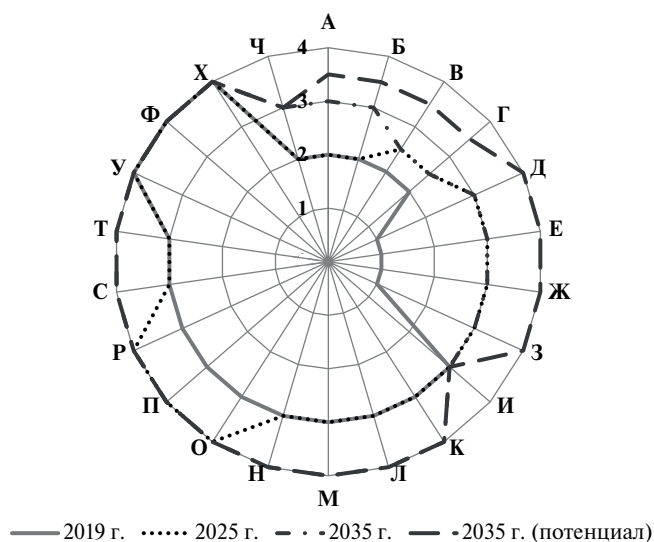


Рис. 3. Нано- и информационные технологии

Примечание. А — когнитивные системы и технологии, предсказательное моделирование, нейроинформатика и биоинформатика, системный анализ, принятие решений при наличии многих критериев в условиях неопределенности и риска; Б — развитие систем распознавания рукописного текста и речи, перевода с одного языка на другой и внедрение их в глобальные информационные сети; В — нанобиотехнологии; Г — онконанотераностика (диагностика и терапия онкозаболеваний с помощью наноструктур); Д — создание суб-10-им литографии; Е — методология, математическое, программное и метрологическое обеспечение повышения разрешающей способности проекционной литографии до современных топологических норм; Ж — комплексированная СВЧ электронная компонентная база для планарных активных фазированных антенных решеток и приемопередающих модулей X-, K- и Ka-диапазонов, создаваемая методами кремниевой трехмерной технологии; З — фундаментальная программа создания нейроморфных систем, имеющих существенный эффект применения для нашей страны (в состав системы войдут компоненты, реализующие искусственный интеллект: нейроморфная архитектура, энергонезависимая память и программное обеспечение); И — высокопроизводительные вычислительные архитектуры и системы (в том числе разработка специализированных архитектур применительно к классам задач вычислений); К — технологии и коммуникационные инфраструктуры высокоскоростной передачи данных; Л — технологии анализа и обработки данных, искусственного интеллекта; М — технологии человеко-машинного взаимодействия, нейро- и когнитивные технологии, технологии создания интеллектуальных систем управления и умных инфраструктур; Н — технологии новой элементной базы, электронных устройств, квантовые технологии: развитие вычислительных систем на основе ПЛИС; О — технологии информационной безопасности; П — клеточные биотехнологии, в том числе для задач адресной доставки лекарств; Р — промышленные биотехнологии (в том числе технологии обработки сельскохозяйственной продукции и продуктов питания для целей улучшения сохранности, основанные на нетепловом воздействии мощными электромагнитными импульсами); С — мониторинг и контроль функций органов и систем, в том числе разработка технологий, основанных на новых физических принципах; Т — информационные технологии (био) медицинского назначения и медицинская робототехника; У — мониторинг состояния окружающей среды, оценка и прогнозирование чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера (в том числе применение локационных и лазерных технологий); Ф — изучение недр, поиск, разведка и комплексное освоение минеральных и углеводородных ресурсов, а также техногенного сырья (в том числе технологии энергоэффективного обогащения полезных ископаемых, основанные на нетепловом воздействии электромагнитными импульсами); Х — эффективная, безопасная атомная энергетика (в том числе разработка новых технологий экспресс-диагностики промышленных гермооболочек); Ч — полупроводниковые нано- и микроструктуры, фотонные и оптоэлектронные приборы на их основе.

технологии (развитие вычислительных систем на основе ПЛИС, клеточные биотехнологии, в том числе для задач адресной доставки лекарств, информационные технологии биомедицинского назначения и медицинская робототехника и т.д.). Подчеркнем, что *ряд прогнозируемых направлений исследований получили нулевые оценки актуальности*. К таким направлениям исследований отнесены, например, высокопроизводительные вычислительные архитектуры и системы, в том числе разработка специализированных архитектур применительно к классам задач вычислений; технологии и коммуникационные инфраструктуры высокоскоростной передачи данных; анализа и обработки данных, искусственного интеллекта. При этом рейтинг России по приведенным направлениям отмечен как отрицательный.

Значительное число прогнозируемых тем анализируемого направления исследований в 2019 г. по уровню ожидаемых научных результатов отнесено к категории “значительное отставание от общемирового уровня”: создание суб-10-нм литографии; методология, математическое, программное и метрологическое обеспечение повышения разрешающей способности проекционной литографии для современных топологических норм; комплексированная СВЧ электронная компонентная база для планарных активных фазированных антенных решеток и приемопередающих модулей X-, K- и Ka-диапазонов, создаваемая методами кремниевой трехмерной технологии; фундаментальная программа создания нейроморфных систем, имеющих существенный эффект применения для нашей страны, и т.д. Отметим, что при достаточном финансировании российской науки уровень выполнения перечисленных тем исследований может достигнуть уровня мировых лидеров. В период до 2035 г. ожидается получение значительных, в основном приоритетных, достижений и результатов высокого уровня развития.

Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований в области нанотехнологий и информационных технологий в России (число тем — 37) показан на рис. 3.

Согласно экспертной оценке прогнозируемое время и объем финансирования фундаментальных исследований (ФИ) по данному направлению, необходимые для их проведения в полном объеме и на высоком мировом уровне: срок от начала до завершения исследований — в среднем 7,9 лет; финансирование на весь период минимальное — 15 842 млн руб., максимальное — 33 197 млн руб. в текущих ценах.

ЭНЕРГЕТИКА, МАШИНОСТРОЕНИЕ, МЕХАНИКА И ПРОЦЕССЫ УПРАВЛЕНИЯ

Исследования в области “Процессы управления” имеют наибольшее значение показателя идентификации результатов прогнозирования научных исследований по данному тематическому направлению со всеми перспективными направлениями научно-технологического развития (61 идентификация); наименьшее значение — “Механика” (36) (табл. 4).

Таблица 4. Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления

Тематические направления исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования с перспективным направлением НТР								Итого
		ИКТ	БТ	МиЗ	АТ	НМиНТ	РП	ТиКС	ЭЭ	
Энергетика	10	3	1	2	1	7	3	1	28	46
Механика	5	10	3	1	0	9	3	8	2	36
Машиноведение	16	0	1	8	0	10	2	8	14	43
Процессы управления	7	24	0	6	0	13	6	4	8	61
Всего	38	37	5	17	1	39	14	21	52	186

Экспертная оценка показала разброс оценок актуальности прогнозируемых научных исследований по направлению “Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления” от 5 до 10 баллов. Максимально высокие оценки актуальности получили такие направления исследования, как “Теория, методы и технологии управления подвижными объектами и навигацией, в том числе в конфликтные и/или кооперативные среды функционирования”; “Информационная без-

опасность личности, общества и государства, а также кибернетическая безопасность критически важных объектов”; создание высокопроизводительных интеллектуализированных акустических, электромагнитных и других средств медицинской диагностики, эффективного управления лечением и здоровьем населения и другие темы исследований. Ряд таких прогнозируемых направлений исследований, как водородная энергетика, эффективное использование возобновляемых видов энергии; перспективная биоэнергетика, получили достаточно низкие оценки актуальности (5—6 баллов), возможно, ввиду низкого рейтинга России в мире по соответствующему направлению исследований (50 или 20 места).

Высокий рейтинг Россия получила по таким направлениям исследований в энергетике, как эффективная и безопасная атомная энергетика (1 место); теория, методы и технологии управления подвижными объектами и навигацией (2 место); эффективная разведка и добыча ископаемых топлив, эффективная транспортировка углеводородного сырья, горючего и энергии (3 место) и т.д. Отмечено значительное отставание российской науки от общемирового уровня в 2019 г. по направлениям эффективного использования возобновляемых видов энергии, перспективной биоэнергетики, эффективного потребления энергии и по ряду других. Вместе с тем к 2035 г. ожидается существенное повышение рейтинга России по перечисленным направлениям исследований (рис. 4—5).

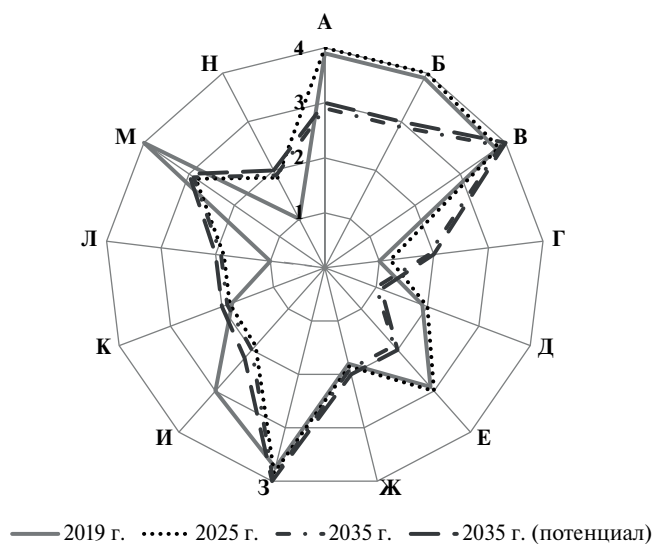


Рис. 4. Энергетика

Примечание. А — разведка и добыча ископаемых топлив; Б — экологически чистая электро- и теплоэнергетика; В — безопасная атомная энергетика; Г — использование возобновляемых видов энергии; Д — перспективная биоэнергетика; Е — глубокая переработка углеводородного сырья; Ж — аккумуляция электрической и тепловой энергии; З — водородная энергетика; И — транспортировка углеводородного сырья, горючего и энергии; К — интеллектуальные энергетические системы будущего; Л — эффективное потребление энергии; М — моделирование перспективных энергетических технологий и систем; Н — новые материалы и катализаторы для энергетики будущего.

Согласно экспертной оценке для проведения фундаментальных исследований по направлению “Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления” (число тем — 38) в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимы: срок от начала до завершения исследований — в среднем 10,8 лет; финансирование исследований за весь период — минимальное — 31 071 млн руб., максимальное — 86 856 млн руб. в текущих ценах.

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ И НАУКИ О МАТЕРИАЛАХ

Наибольшее значение показателя идентификации результатов прогнозирования исследований со всеми перспективными направлениями научно-технологического развития имеет тематическое направление “Основы создания новых материалов с заданными свойствами и функциями, в том числе высокочистых и наноматериалов” (61 идентификация); наименьшее значение — химическая

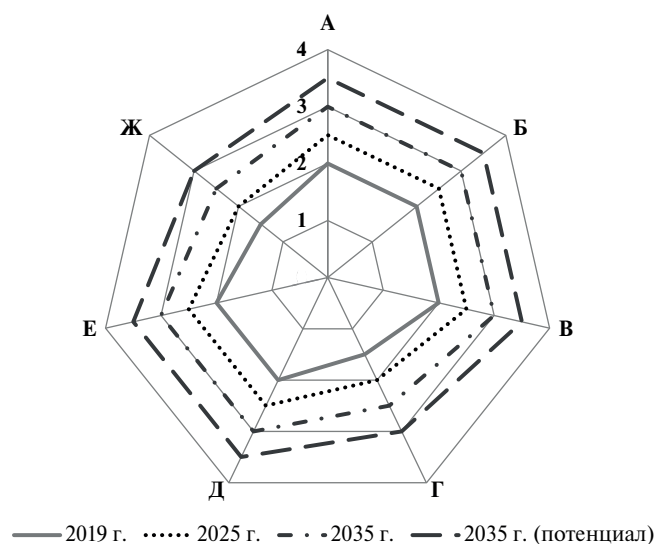


Рис. 5. Процессы управления

Примечание. А — теория, методы и технологии оптимизации и управления (адаптивного, робастного, предиктивного, интеллектуального, децентрализованного и многоуровневого) нелинейными, логико-динамическими, многосвязными, иерархическими и сетевыми системами; Б — теория, методы и технологии управления подвижными объектами и навигации, в том числе в конфликтных и/или кооперативных средах функционирования; В — теория, методы и технологии формирования, обоснования и реализации эффективного согласованного управления жизненными циклами организационно-технических и технологических систем; Г — теория, методы и технологии интеллектуальных технических средств управления; Д — информационная безопасность личности, общества и государства, а также кибернетической безопасности критически важных объектов; Е — индивидуальное и групповое принятие решений в системах управления в условиях неопределенности и активности управляемых объектов; Ж — создание высокопроизводительных средств медицинской диагностики, эффективного управления лечением и здоровьем населения.

энергетика (25) (табл. 5). Экспертная оценка показала разброс оценок актуальности прогнозируемых научных исследований по направлению химических наук и наук о материалах от 3 до 9 баллов.

Таблица 5. Химические науки и науки о материалах

Тематические направления исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования с перспективным направлением НТР								Итого
		ИКТ	БТ	МиЗ	АТ	НМиНТ	РП	ТиКС	ЭЭ	
Химические науки	6	7	1	3	3	7	4	1	3	29
Основы создания новых материалов с заданными свойствами и функциями, в том числе высокочистых и наноматериалов	6	4	2	3	2	20	7	14	9	61
Физико-химические основы рационального природопользования и охраны окружающей среды на базе принципов “зеленой химии” и высокоэффективных каталитических систем	8	0	0	1	0	6	14	8	25	54
Химическая энергетика	4	2	2	1	0	5	2	6	7	25
Фундаментальные физико-химические исследования механизмов физиологических процессов и создание на их основе фармакологических веществ и лекарственных форм для лечения и профилактики социально значимых заболеваний	5	0	6	16	0	4	3	1	2	32
Всего	29	13	11	24	5	42	30	30	46	201

Максимально высокие оценки актуальности получили такие области исследования, как создание новых водосберегающих технологий химической и перерабатывающей промышленности, технологий водоочистки и водоподготовки; получение фундаментальных знаний о закономерностях протекания процессов переработки антропогенных отходов; изучение действия сверхмалых доз физических и химических факторов на человека; разработка фундаментальных основ создания

материалов для авиационной и ракетно-космической техники, судостроительной промышленности, высокоскоростного транспорта, энергетики.

Недостаточно высокие рейтинги отмечены у российских исследователей по таким направлениям химической науки и наук о материалах, как разработка принципиально новых основ записи, обработки, хранения и передачи информации на атомно-молекулярном уровне; исследование процессов, лежащих в основе неразрушающих обратимых процессов в супрамолекулярных системах разных типов, вызываемых различными видами воздействия, которые могут быть использованы для записи, обработки, хранения и передачи информации на атомно-молекулярном уровне (10 место в мировом рейтинге); разработка физико-химических основ создания инновационных комплексных экологически безопасных, безотходных технологий переработки природного и техногенного сырья механохимических технологий, технологий биотехнологического передела растительного сырья для получения продуктов с высокой добавленной стоимостью (22 место в мировом рейтинге). Однако к 2035 г. ожидается улучшение в два-три раза рейтингов России по указанным и иным направлениям. Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований в России в области химических наук и наук о материалах показан на рис. 6.

Согласно экспертной оценке для проведения фундаментальных исследований по направлению “Химические науки и науки о материалах” (число тем — 29) в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимы: срок от начала до завершения исследований — в среднем 12,9 лет;

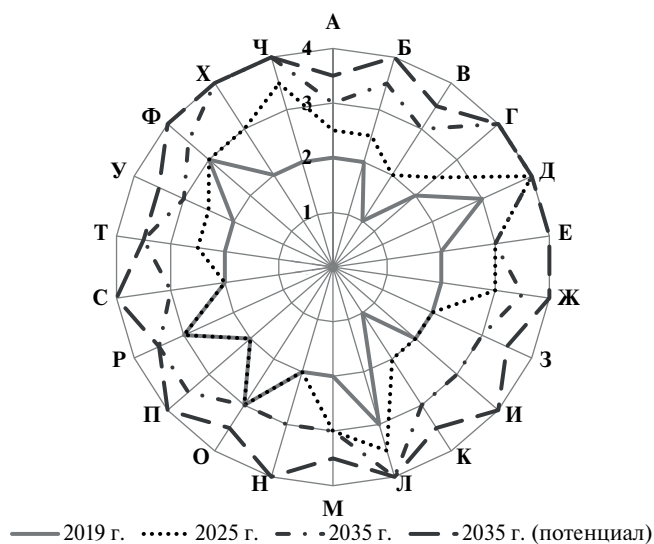


Рис. 6. Химические науки и науки о материалах

Примечание. А — комплексные теоретические и экспериментальные исследования молекулярных систем; Б — создание современных технологических схем на основе новых синтетических подходов; В — обработка информации на атомно-молекулярном уровне; исследование процессов в супрамолекулярных системах; Г — разработка физико-химических основ технологии порошковой металлургии нового поколения; Д — мультимасштабное компьютерное моделирование для направленного синтеза новых функциональных и конструкционных материалов; Е — создание новых органических парамагнетиков; Ж — установление механизмов комплексообразования и окислительно-восстановительных реакций радиоактивных элементов; З — получение новых металлических, керамических и углеродсодержащих композиционных материалов; И — аддитивные технологии для создания материалов с заданной архитектурой внутренней структуры; К — создание инновационных комплексных экологически безопасных, безотходных технологий переработки природного и техногенного сырья; Л — разработка безхлорных технологий в химии кремнийорганических соединений; М — создание новых водосберегающих технологий; Н — получение фундаментальных знаний о закономерностях протекания процессов переработки антропогенных отходов, изучение действия сверхмалых доз физических и химических факторов на человека; О — создание материалов, обеспечивающих работу изделий в экстремальных условиях; П — получение фундаментальных данных о реакционной способности природных соединений в условиях каталитических и биокаталитических превращений; Р — создание теории стабильности полиазоткислородных систем и развитие новых методов создания высокоэнергетических веществ компонентной базы нового поколения ЭКС; С — получение перспективных типов энергоносителей из возобновляемого растительного сырья различного происхождения; Т — разработка эффективных водородных и спиртовых топливных элементов, мембран и фотобиореакторов; У — разработка технологий создания нового поколения топливных элементов; Ф — исследования процессов прямой конверсии солнечного излучения в электричество; Х — создание инновационных лекарственных средств для лечения и профилактики социально значимых заболеваний; Ч — разработка теории горения и детонации многокомпонентных ЭКС.

финансирование исследований за весь период: минимальное — 167 000 млн руб., максимальное — 276 600 млн руб. в текущих ценах.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО БИОЛОГИЧЕСКИМ НАУКАМ

Идентификация результатов прогнозирования научных исследований по направлению “Биологические науки” позволяет отметить, что в наибольшей степени связь проявляется с биотехнологиями (60 идентификаций); в наименьшей степени — с транспортными и космическими системами — 2 (табл. 6). Экспертная оценка актуальности прогнозируемых научных исследований анализируемого направления показала незначительный разброс этих оценок — от 8 до 10 баллов. Максимально высокие оценки актуальности получили следующие исследования: структура и функции биомолекул и надмолекулярных комплексов, протеомика, биокатализ; молекулярная генетика, механизмы реализации генетической информации, биоинженерия; биотехнологии.

Таблица 6. Биологические науки

Тематические направления исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования с перспективным направлением НТР							
		ИКТ	БТ	МиЗ	АТ	НМиНТ	РП	ТиКС	ЭЭ
Биологические науки	19	29	60	36	19	5	17	2	9
									177

Россия в мировом рейтинге работ по биологическим наукам занимает место от третьего до шестого. Например, в области “Клеточная биология, теоретические основы клеточных технологий”, “Молекулярные механизмы клеточной дифференцировки, иммунитета и онкогенеза” российские ученые занимают лишь шестое место в мире, уступая коллегам из США, Китая, Англии, Германии, Японии, Франции. Вызывает определенную тревогу тот факт, что прогнозируемый уровень результатов российских научных исследований в области биологических наук до 2035 г. не выйдет из уровня общего отставания и обретет только некоторые достижения в отдельных областях. При этом отмечается, что в условиях достаточного финансирования для реализации потенциальных возмож-

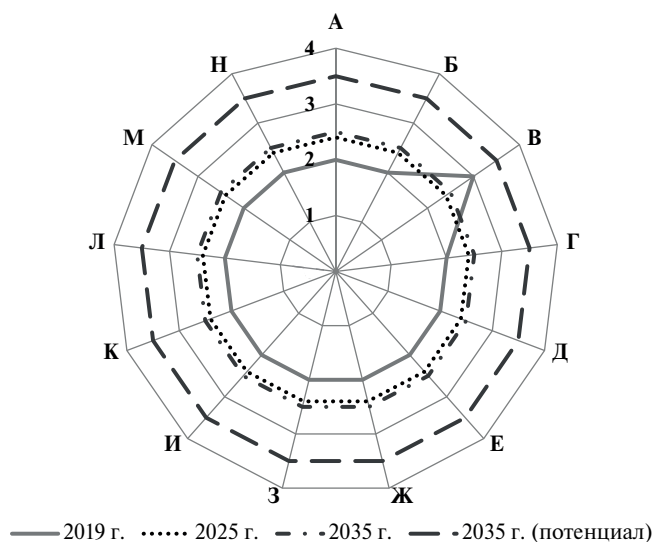


Рис. 7. Биологические науки

Примечание. А — биология развития и эволюция живых систем; Б — экология организмов и сообществ; В — биологическое разнообразие; Г — общая генетика; Д — почвы как компонент биосферы: эволюция, экологические функции; Е — биохимия, физиология и биосферная роль микроорганизмов; Ж — физиология и биохимия растений, фотосинтез, взаимодействие растений с другими организмами; З — структура и функция биомолекул и надмолекулярных комплексов, протеомика, биокатализ; И — молекулярная генетика, механизмы реализации генетической информации, биоинженерия; К — молекулярные механизмы клеточной дифференцировки, иммунитета и онкогенеза; Л — клеточная биология, теоретические основы клеточных технологий; М — биофизика, радиобиология, математические методы в биологии, биоинформатика; Н — биотехнология.

ностей российской науки прогнозируемый уровень результатов сможет обеспечить значительные, приоритетные достижения или даже высокий уровень развития и мировое лидерство только в отдельных областях. Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований в России по направлению биологических наук показан на рис. 7.

Согласно экспертной оценке для проведения фундаментальных исследований по направлению “Биологические науки” (число тем — 19) в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимы: срок от начала до завершения исследований — в среднем 16 лет; финансирование исследований за весь период: минимальное — 13 160 млн руб., максимальное — 50 295 млн руб. в текущих ценах.

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Наибольшее значение показателя идентификации прогнозных результатов научных исследований анализируемого направления со всеми перспективными направлениями научно-технологического развития имеет “Физиология экстремальных состояний и гравитационная физиология” — 51 идентификация (табл. 7).

Таблица 7. Физиологические науки

Тематические направления исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования с перспективным направлением НТР								
		ИКТ	БТ	МиЗ	АТ	НМиНТ	РП	ТиКС	ЭЭ	Итого
Высшая нервная деятельность, нейрофизиология и физиология когнитивных функций	5	0	4	10	0	0	0	0	0	14
Физиология висцеральных систем	3	0	0	9	0	0	0	0	0	9
Физиология сенсорных систем	3	0	3	6	0	0	0	0	0	9
Физиология двигательных систем	5	0	5	5	0	0	0	0	0	10
Физиология крови	4	0	7	9	0	0	0	0	0	16
Физиология иммунной системы	3	0	7	9	0	0	0	0	0	16
Фундаментальные основы онкологии	6	0	18	21	0	3	0	0	0	42
Экология человека: симбионты и инфекции	2	0	2	4	4	0	0	0	0	10
Физиологические механизмы геномной регуляции	5	0	5	10	0	0	0	0	0	15
Новые стратегии фармакологической коррекции нарушений физиологических функций при болезнях человека	3	0	3	3	0	0	0	0	0	6
Физиология экстремальных состояний и гравитационная физиология	9	0	20	12	0	18	0	1	0	51
Физиология развития, эмбриогенеза и старения	4	0	8	4	0	0	0	0	0	12
Механизмы гомеостаза	3	2	0	7	0	0	0	0	0	9
Обновление клеток и регенерация тканей	3	0	6	6	0	0	0	0	0	12
Эволюционная физиология	3	0	9	6	3	0	0	0	0	18
Физиология сердечно-сосудистой системы. Кровообращение человека	6	0	12	12	0	0	0	0	0	24
Всего	67	2	109	133	7	21	0	1	0	273

Экспертная оценка актуальности прогнозируемых научных исследований по физиологическим наукам показала разброс этих оценок от 7 до 10 баллов. Минимальные оценки актуальности (7—8 баллов) получили исследования экологии человека: симбионты и инфекции; физиологии висцеральных систем; физиологии крови. Максимально высокие оценки актуальности (10 баллов) получили исследования в области физиологии иммунной системы; фундаментальных основ онкологии; физиологических механизмов геномной регуляции; обновления клеток и регенерации тканей; физиологии сердечно-сосудистой системы, кровообращения человека.

Место России в мировом рейтинге работ по физиологическим наукам в основном колеблется от 6 до 12. Исключение составляет рейтинг российских ученых в области физиологии экстремальных состояний и гравитационной физиологии (2—3 место в мире). Низкий рейтинг российских работ может быть связан со значительным отставанием к 2019 г. от общемирового уровня работ по экологии человека и новым стратегиям фармакологической коррекции нарушений физиологических функций при болезнях человека и общим отставанием в следующих областях: высшая нервная деятельность, нейрофизиология и физиология когнитивных функций; физиология развития, эмбриогенеза и старения; механизмы гомеостаза и т.д. Вызывает сомнение возможность достичь высоких оценок уровня результатов научных исследований российских физиологов к 2035 г. Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований в России в области физиологических наук показан на рис. 8.

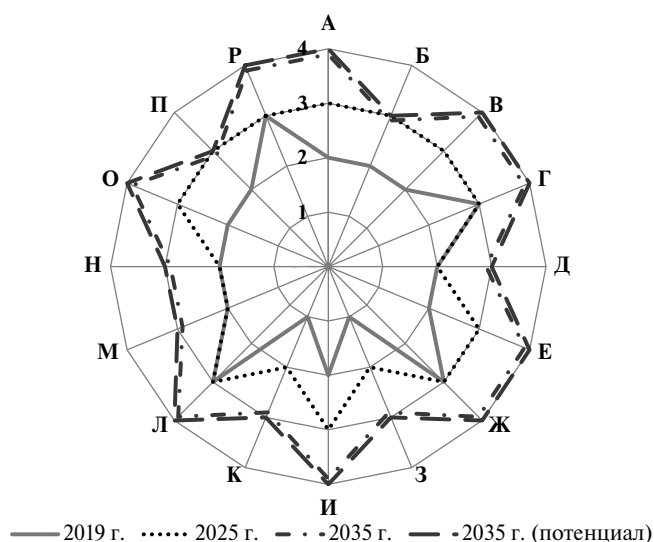


Рис. 8. Физиологические науки

Примечание. А — высшая нервная деятельность, нейрофизиология и физиология когнитивных функций; Б — физиология висцеральных систем; В — физиология сенсорных систем; Г — физиология двигательных систем; Д — физиология крови; Е — физиология иммунной системы; Ж — фундаментальные основы онкологии; З — экология человека: симбионты и инфекции; И — физиологические механизмы геномной регуляции; К — новые стратегии фармакологической коррекции нарушений физиологических функций при болезнях человека; Л — физиология экстремальных состояний и гравитационная физиология; М — физиология развития, эмбриогенеза и старения; Н — механизмы гомеостаза; О — обновление клеток и регенерации тканей; П — эволюционная физиология; Р — физиология сердечно-сосудистой системы. Кровообращение человека.

Согласно экспертной оценке для проведения фундаментальных исследований по направлению “Физиологические науки” (число тем — 67) в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимы: срок от начала до завершения исследований — в среднем 15,4 лет; финансирование исследований за весь период — минимальное — 42 333 млн руб., максимальное — 64 239 млн руб. в текущих ценах.

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ НАУК О ЗЕМЛЕ

При идентификации результатов прогнозирования всех тематических исследований анализируемого направления с одним из перспективных направлений научно-технологического развития наибольшая связь наук о Земле обнаруживается с “Рациональным природопользованием” — 36 идентификаций, с “Энергоэффективностью и энергосбережением” наблюдается 7 идентификаций, а с “Информационно-коммуникационными технологиями” и “Новыми материалами и нанотехнологиями” — по 1 идентификации (табл. 8).

Таблица 8. Науки о Земле

Тематические направления исследований	Число тем исследований по направлению	Идентификация результатов прогнозирования по тематическому направлению с перспективным направлением НТР								
		ИКТ	БТ	МиЗ	АТ	НМиНТ	РП	ТиКС	ЭЭ	Итого
Науки о Земле	26	1	0	0	0	1	36	0	7	45

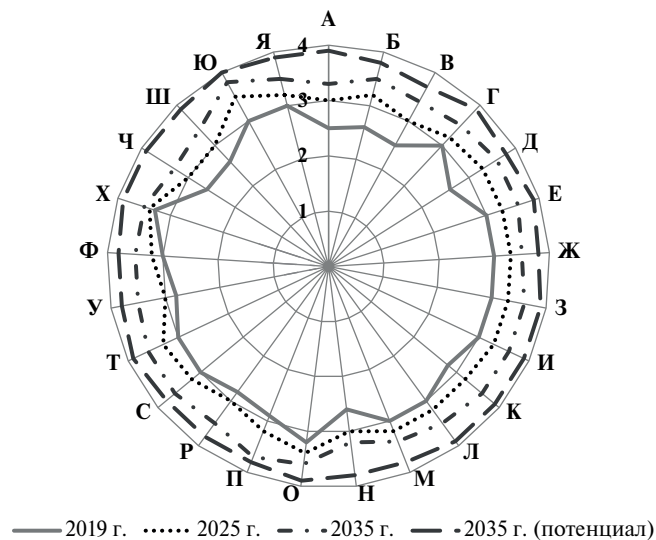


Рис. 9. Науки о Земле

Примечание. А — физика Земли (физические процессы в недрах Земли, глубинная геодинамика, взаимодействие геосфер). Геофизические поля как источник информации о строении, вещественном составе земных недр; Б — современная геодинамика, тектоника деформируемых литосферных плит, геомеханика, сейсмология и прогноз катастрофических явлений природного и техногенного происхождения; В — эволюция состояния, строения и геодинамического режима Земли в процессе ее геологической истории; Г — науки о веществе Земли — фундаментальная основа познания строения и эволюции Земли и формирования полезных ископаемых; Д — изотопная геохимия, фракционирование изотопов и изотопно-геохимические трассеры взаимодействия и эволюции оболочек Земли. Геохронология; Е — закономерности эволюции биосферы Земли, в том числе биохимическая, структура экосистем, динамика биоразнообразия и связь с геодинамическими и космическими факторами, совершенствование методов стратиграфии и стратиграфических схем; нефтиды как продукт биосферы, эволюция и цикличность нефтидогенеза; Ж — экспериментальная и техническая минералогия, петрология и геохимия, получение новых стратегически важных минеральных кристаллов и компонентов; З — научные основы развития ресурсной базы — закономерности образования, размещения твердых полезных ископаемых. Металлогенические провинции, эпохи и рудные месторождения: от генетических моделей к прогнозу минеральных ресурсов; И — разработка методов прогноза и оценки ресурсов традиционных и нетрадиционных источников углеводородного сырья; разработка новых эффективных, экологически безопасных технологий, поисков, разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений, включая Арктическую зону России, рационального использования углеводородного сырья; К — фундаментальные основы теории нефтегазообразования, нефтегазоаккумуляция в морских осадочных толщах. Эффективные технологии и технологическое оборудование для прогноза нефтегазоносности, создание методик и оборудования для определения оценочных параметров, разработки залежей нефти, прогноз добычи нефти; Л — научные основы комплексного освоения недр и создания эффективных и экологически безопасных способов разработки и переработки твердых полезных ископаемых с высоким уровнем концентрации и автоматизации производственных процессов; М — состояние, миграция и локализация природных газов в недрах при разработке месторождений твердых полезных ископаемых; Н — создание новых типов инструмента и высокопроизводительных исполнительных органов горных машин на основе современных способов разрушения и ослабления горных пород физическими, химическими и комбинированными способами воздействия на массив; О — технологическая-минералогическая оценка природных и техногенных месторождений полезных ископаемых и переработка минерального сырья; П — Мировой океан: геологическое строение дна и его минеральные ресурсы, физика океана в формировании климата, морские экосистемы и биологическая продуктивность; Р — современные катастрофы и критические состояния среды природного и антропогенного происхождения — научные основы и прогноз; С — процессы в атмосфере, изменения климата и экстремальные явления: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования; Т — научные основы изучения и прогноза водных ресурсов, качества вод, водообеспеченности страны; У — эволюция окружающей среды и взаимодействие человека и природы. Изменения окружающей среды и основы научной стратегии рационального и поддерживающего природопользования; Ф — развитие методов геоинформатики и геоинформационных технологий; Х — динамика подземных и поверхностных вод и ледников, состояние озер; Ч — исследование геоэкологии и экономики недр; Ш — метрологические исследования в науках о Земле, разработка новых технологий, методов, технических и аналитических средств исследования геофизических процессов; Ю — изучение криолитозоны земной коры: изменчивость состояния, криогенные ресурсы, мерзлотные ландшафты, криолито-гляциальные системы; Я — исследование проблем Арктики.

С направлениями “Биотехнологии”, “Медицина и здравоохранение”, “Агротехнологии”, “Транспортные и космические системы” связи нет. Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований в России в области наук о Земле показан на рис. 9.

Согласно экспертной оценке для проведения фундаментальных исследований по направлению наук о Земле (число тем — 26) в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимы: срок от начала до завершения исследований — в среднем 16 лет; финансирование исследований за весь период — минимальное — 256 000 млн руб., максимальное — 457 000 млн руб. в текущих ценах.

ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Исследования по направлениям “Экономика”, “Право” и “Социология” имеют наибольшее значение показателей идентификации результатов прогнозирования научных исследований по данным тематическим направлениям с перспективным направлением научно-технологического развития — соответственно 30, 16, 12 идентификаций (табл. 9). Тематические направления “Философия”, “Политология” и “Психология” имеют минимальные значения анализируемого показателя — 6, 5, 4 идентификаций соответственно.

Таблица 9. Общественные науки

Тематические направления исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования, итого
Философия	6	6
Социология	12	12
Право	15	16
Политология	5	5
Психология	4	4
Экономика	31	30
Всего	73	73

Экспертная оценка актуальности прогнозируемых научных исследований по направлению общественных наук показала разброс этих оценок от 6 до 10 баллов. Максимальные оценки актуальности (10 баллов) получили исследования в следующих областях: фундаментальная и практическая философия — анализ современных цивилизационных и интеллектуальных вызовов, философские исследования языка и сознания, социокультурная трансформация российского общества в условиях цифровизации; разработка стратегии демографической политики России на период до 2050 г.; трансформация социально-экономического пространства и территориального развития России и ряд других исследований. Минимальные оценки актуальности (6—7 баллов) получили исследования в следующих областях: влияние межстрановой миграции и национальной диспарности на торгово-инвестиционные отношения между Россией и Китаем; сотрудничество РФ со странами Азиатско-Тихоокеанского региона в социально-экономической сфере и формирование новых моделей макроэкономического регулирования в РФ; информационные технологии и создание компьютерной среды для экономических исследований; молодежь и молодежная политика в современной России — вызовы, риски и проблемы; разработка концепции социологии знания; комплексное лонгитюдное исследование биопсихосоциальных характеристик старения в России; моделирование больших национальных экономик, развитие теории нестационарного макроэконометрического моделирования больших экономических систем.

В мировом рейтинге работ по направлению общественных наук Россия занимает места с 1 по 30. Например, по таким темам исследований, как “Развитие теории формирования индикаторов социально-экономического развития, определяющих качество жизни, в пространстве характеристик региональной дифференциации как инструмента проектного управления в цифровой экономике”, “Демократия в глобализирующемся мире”, “Разработка основных положений социально-экономической стратегии России на период до 2050 г. в контексте обеспечения национальной

безопасности”, российские исследователи занимают соответственно 30, 22 и 20 места в мире. Вместе с тем по темам исследований “Социальные перемены в пореформенной России: трансформация социальной структуры, динамика массового сознания и социально-политических процессов”, “Трансформация пространственного развития и миграционной политики России в контексте национальной безопасности”, “Разработка стратегии демографической политики России на период до 2050 года” и ряду других направлений российские ученые занимают первое место в мире.

Вызывает озабоченность значительное отставание от общемирового уровня таких российских исследований, как “Количественные и качественные характеристики параметров устойчивого развития России”, а также общее отставание уровня научных результатов российских ученых к 2035 г. в области “Социокультурная трансформация российского общества в условиях цифровизации”, “Теоретико-методологические, методические и прикладные аспекты социологических исследований в изменяющемся обществе”, “Социальная динамика российского общества в условиях растущего разнообразия неравенств”, “Системная оптимизация функционирования мезоэкономических, микроэкономических и корпоративных структур”. Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований по направлению “Общественные науки” показан на рис. 10.

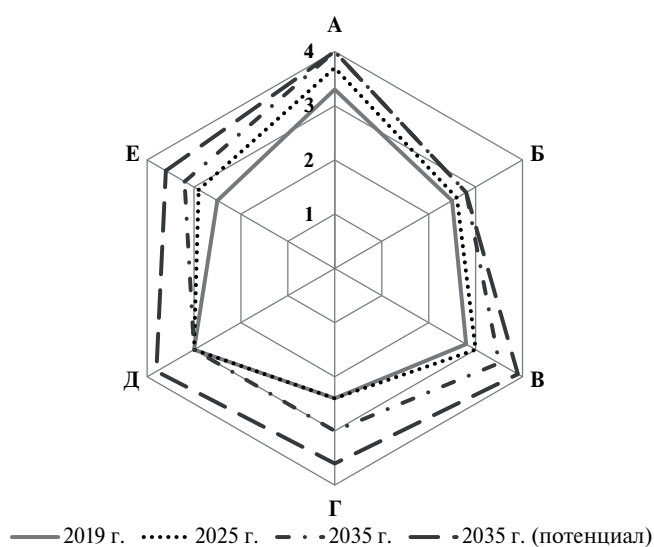


Рис. 10. Общественные науки

Примечание. А — философия; Б — социология; В — право; Г — политология; Д — психология; Е — экономика.

Согласно экспертной оценке для проведения фундаментальных исследований в области общественных наук (число тем — 73) в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимы: срок от начала до завершения исследований — в среднем 13,9 лет; финансирование исследований за весь период — минимальное — 132 123 млн руб., максимальное — 144 801 млн руб. в текущих ценах.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ И МЕЖДУНАРОДНЫЕ ОТНОШЕНИЯ

В тематическом направлении “Мировое экономическое и политическое развитие и международные отношения” результаты прогнозирования научных исследований идентифицируются только с перспективным направлением научно-технологического развития “Гуманитарные и социальные исследования” (11 идентификаций по 11 темам направления “Глобальные проблемы и международные отношения”).

Экспертная оценка актуальности прогнозируемых научных исследований в области глобальных проблем и международных отношений показала незначительный разброс этих оценок — от 7 до 10 баллов. Наибольшие оценки актуальности (10 и 9 баллов) получили такие темы научных исследований, как “Системный анализ негосударственных субъектов мировой экономики и поли-

тики” и “Прогнозирование мировой экономики”. Несколько меньшие оценки актуальности (7 и 8 баллов) получили тематические направления “Изучение проблем внутреннего социально-экономического и политического развития ведущих региональных и глобальных держав” и “Изучение межгосударственных экономических, политических и военно-политических объединений”.

В мировом рейтинге работ по анализируемому направлению наук российские исследователи занимают от первого до четвертого места. Например, по теме “Изучение экономики и политики постсоветского пространства” российские исследователи занимают первое место в мире, а по теме “Прогнозирование мировой экономики” — второе. По теме “Долгосрочные тенденции и закономерности развития системы мировой политики” российские ученые уступают исследователям из США, Великобритании и Франции, а по теме “Системный анализ негосударственных субъектов мировой экономики и политики” — исследователям из США, Франции и Германии. Вызывает озабоченность общее отставание российских исследований от общемирового уровня, и лишь некоторые достижения можно отметить в отдельных областях к 2025 г. по таким темам исследований, как “Долгосрочные тенденции и закономерности развития системы мировой политики”, “Основы финансовой и денежно-кредитной политики в целях обеспечения устойчивого экономического роста”. Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований в области общественных наук показан на рис. 11.

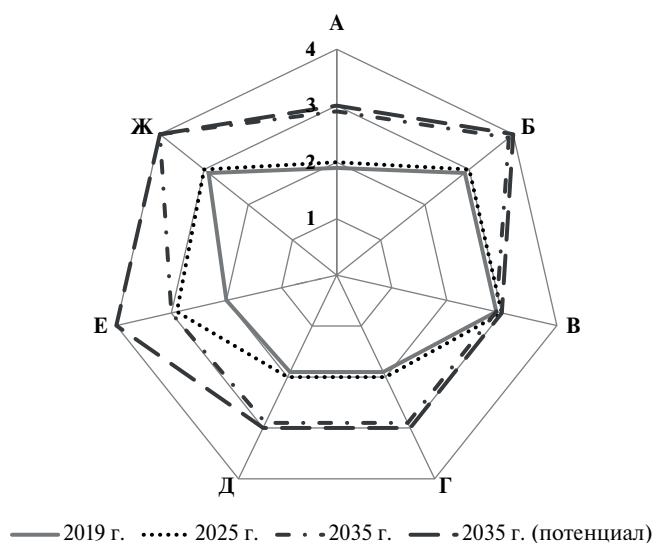


Рис. 11. Глобальные проблемы и международные отношения

Примечание. А — долгосрочные тенденции и закономерности развития системы мировой политики; Б — прогнозирование мировой экономики; В — изучение проблем внутреннего социально-экономического и политического развития ведущих региональных и глобальных держав; Г — изучение межгосударственных экономических, политических и военно-политических объединений; Д — основы финансовой и денежно-кредитной политики в целях обеспечения устойчивого экономического роста; Е — системный анализ негосударственных субъектов мировой экономики и политики; Ж — изучение экономики и политики постсоветского пространства.

Согласно экспертной оценке для проведения фундаментальных исследований в области глобальных проблем и международных отношений (число тем — 11) в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимы: срок от начала до завершения исследований — в среднем 5,5 лет; финансирование исследований за весь период — минимальное — 1290 млн руб., максимальное — 2320 млн руб. в текущих ценах.

ИСТОРИКО-ФИЛОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ

Тематические направления исследований по направлению “Историко-филологические науки” идентифицированы с такими перспективными направлениями научно-технологического раз-

вития, как “Противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства” и “Возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития, в том числе применяя методы гуманитарных и социальных наук” (табл. 10).

Таблица 10. Историко-филологические науки

Тематические направления исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования с перспективным направлением НТР		
		I	II	Итого
Исторические науки	7	7	2	9
Филологические науки	2	7	2	9
Всего	9	14	4	18

Примечание. I — противодействие техногенным, биогенным, социокультурным угрозам, терроризму и идеологическому экстремизму, а также киберугрозам и иным источникам опасности для общества, экономики и государства; II — возможность эффективного ответа российского общества на большие вызовы с учетом взаимодействия человека и природы, человека и технологий, социальных институтов на современном этапе глобального развития, в том числе применяя методы гуманитарных и социальных наук.

Экспертная оценка актуальности прогнозируемых научных исследований в области историко-филологических наук показала их чрезвычайно высокую актуальность (10 баллов). Наибольшие оценки актуальности (10 баллов) получили такие темы научных исследований, как “Сохранение и изучение историко-культурного наследия: выявление, систематизация, научное описание, реставрация и консервация”, “Изучение исторических истоков терроризма, мониторинг ксенофобии и экстремизма в российском обществе, антропология экстремальных групп и субкультур, ана-

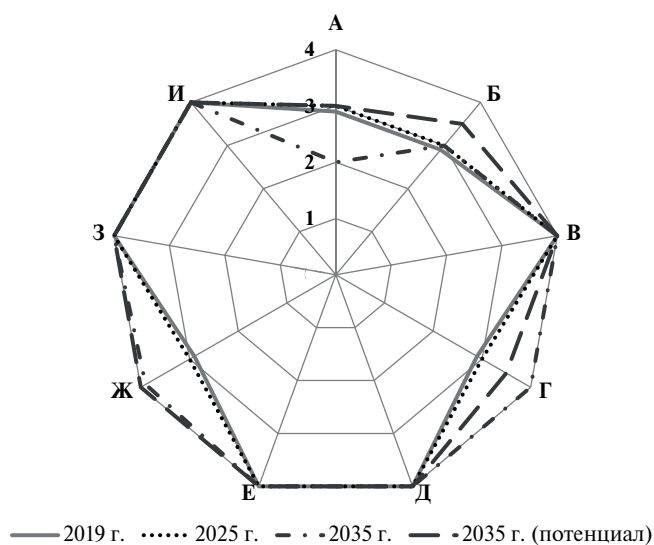


Рис. 12. Историко-филологические науки

Примечание. А — комплексные исследования этногенеза, этнокультурного облика народов, современных этнических процессов, историко-культурного взаимодействия; Б — сохранение и изучение историко-культурного наследия: выявление, систематизация, научное описание, реставрация и консервация; В — изучение исторических истоков терроризма, мониторинг ксенофобии и экстремизма в российском обществе, антропология экстремальных групп и субкультур; Г — проблемы теории исторического процесса, обобщение опыта социальных трансформаций и общественный потенциал истории; Д — изучение эволюции человека, обществ и цивилизаций, человек в истории и история повседневности; Е — исследование государственного развития России и ее места в мировом историческом и культурном процессе; Ж — изучение трансформации государств современного Востока, проблем модернизации, опыта инновационного развития; И — изучение духовных и эстетических ценностей отечественной и мировой литературы и фольклора; И — теория, структуры и историческое развитие языков мира, изучение эволюции, грамматического и лексического строя русского языка.

лиз комплекса этнических и религиозных факторов в локальных и глобальных процессах прошлого и современности”, “Изучение эволюции человека, обществ и цивилизаций, человек в истории и история повседневности, традиции и инновации в общественном развитии, анализ взаимоотношений власти и общества”, “Исследование государственного развития России и ее места в мировом историческом и культурном процессе”.

По перечисленным темам исследований направления “Историко-филологические науки” российские ученые занимают лидирующие позиции в мировом рейтинге научных работ. В целом другие темы научных исследований российских историков и филологов занимают второе и третье места в мировом рейтинге работ, и ожидаются значительные, приоритетные достижения в отдельных областях или высокий уровень их развития к 2035 г. Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований по направлению историко-филологических наук показан на рис. 12.

Согласно экспертной оценке для проведения фундаментальных исследований по направлению историко-филологических наук (число тем — 9) в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимы: срок от начала до завершения исследований — в среднем 16 лет; финансирование исследований за весь период: минимальное — 18 274 млн руб., максимальное — 24 750 млн руб. в текущих ценах.

МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

Среди прогнозируемых тем научных исследований по медицинским наукам наибольшие значения показателя идентификации ожидаемых результатов со всеми перспективными направлениями научно-технологического развития имеют такие темы исследований, как “Изучение закономерностей и механизмов влияния окружающей и производственной среды (климато-географические, территориальные, экологические, антропогенные, производственные факторы) и условий жизнедеятельности на состояние здоровья и качество жизни населения России и разработка основ государственной политики в целях профилактики, сохранения и укрепления здоровья населения” и “Фундаментальные и прикладные исследования по проблемам инфекционной эпидемиологии, медицинской микробиологии, вирусологии, паразитологии, инфекционной иммунологии, биотехнологии” — 153 и 128 идентификаций соответственно (табл. 11). Следующими по величине данного показателя темами исследований идут “Исследование фундаментальных основ жизнедеятельности в норме и при патологии” (92 идентификации), “Инвазивные технологии” (89 идентификаций), “Новые технологии формирования здорового образа жизни, первичной профилактики, диагностики и лечения основных заболеваний человека” (79 идентификаций).

Если идентифицировать результаты прогнозирования научных исследований по всем тематическим направлениям медицины с одним из перспективных направлений научно-технологического развития, то можно отметить, что в наибольшей степени связь медицинских наук проявляется с “Медициной и здравоохранением” (459 идентификаций) и “Биотехнологиями” (161 идентификация). Наиболее низкие значения анализируемого показателя получены с такими направлениями научно-технологического развития, как “Новые материалы и нанотехнологии”, “Рациональное природопользование”, “Транспортные и космические системы”.

Экспертная оценка актуальности прогнозируемых научных исследований в области медицинских наук показала разброс этих оценок от 6 до 10 баллов. Наибольшие оценки актуальности получило большинство тем научных исследований. Однако есть темы исследований и с невысокими оценками актуальности (6 баллов), например: “Выявление гендерных и индивидуальных различий иммунопатологической реактивности в целях разработки патогенетически обоснованных методов диагностики и коррекции иммунных нарушений”, “Разработка методов повышения эффективности преодоления бесплодия с помощью методов вспомогательных репродуктивных технологий при бесплодии, обусловленном гормональной недостаточностью”.

По перечисленным темам исследований российские ученые занимают шестое место в мировом рейтинге. В 2019 г. и вплоть до 2025 г. их работы будут в целом отставать от работ ведущих мировых

Таблица 11. Медицинские науки

Тематические направления исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования по тематическому направлению исследований с перспективным направлением НТР страны							Итого
		ИКТ	БТ	МиЗ	АТ	НМиНТ	РП	ТиКС	
Исследование фундаментальных основ жизнедеятельности в норме и при патологии	28	0	32	60	0	0	0	0	92
Геномика, протеомика, постгеномные технологии, метаболомика, нанотехнологии, наномедицина	9	0	6	17	0	0	0	0	23
Медицинские клеточные технологии	7	0	6	8	0	0	0	0	14
Фармакологическая коррекция процессов жизнедеятельности	3	0	0	8	0	0	0	0	8
Проблемы охраны здоровья матери и ребенка	23	0	4	27	0	0	0	0	31
Фундаментальные и прикладные проблемы онкологии	6	0	4	17	0	0	0	0	21
Новые технологии формирования здорового образа жизни, первичной профилактики, диагностики и лечения основных заболеваний человека	36	0	7	72	0	0	0	0	79
Инвазивные технологии	35	0	0	89	0	0	0	0	89
Изучение закономерностей и механизмов влияния окружающей и производственной среды и условий жизнедеятельности на состояние здоровья и качество жизни населения России	42	3	61	74	0	4	7	4	153
Фундаментальные и прикладные исследования по проблемам инфекционной эпидемиологии, медицинской микробиологии, вирусологии, паразитологии, инфекционной иммунологии, биотехнологии	56	0	41	87	0	0	0	0	128
Всего по тематическим направлениям	245	3	161	459	0	4	7	4	638

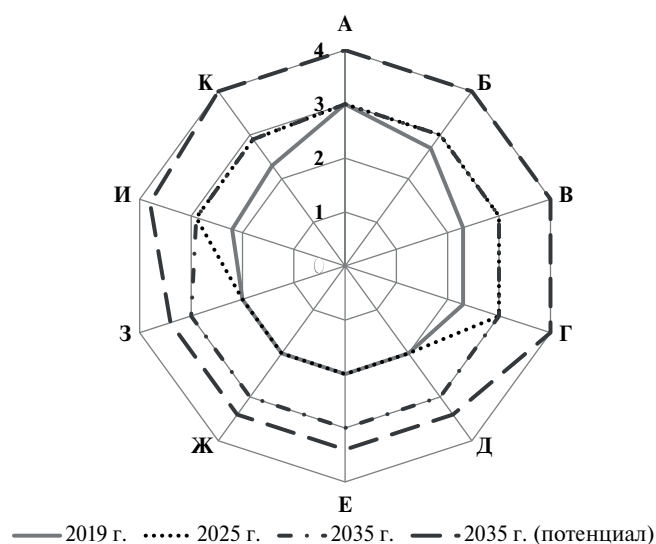


Рис. 13. Медицинские науки

Примечание. А — исследование фундаментальных основ жизнедеятельности в норме и при патологии; Б — геномика, протеомика, постгеномные технологии, метаболомика. Нанотехнологии, наномедицина; В — медицинские клеточные технологии; Г — фармакологическая коррекция процессов жизнедеятельности; Д — проблемы охраны здоровья матери и ребенка; Е — фундаментальные и прикладные проблемы онкологии; Ж — новые технологии формирования здорового образа жизни, первичной профилактики, диагностики и лечения основных заболеваний человека; З — инвазивные технологии; И — изучение закономерностей и механизмов влияния окружающей и производственной среды (климатогеографические, территориальные, экологические, антропогенные, производственные факторы) и условий жизнедеятельности на состояние здоровья и качество жизни населения России и разработка основ государственной политики; К — фундаментальные и прикладные исследования по проблемам инфекционной эпидемиологии, медицинской микробиологии, вирусологии, паразитологии, инфекционной иммунологии, биотехнологии.

ученых, и возможны лишь некоторые отдельные достижения. Более высокие рейтинги (третье–четвертое места) российские ученые занимают по таким темам, как “Оценка безопасности пищевой продукции, полученной с использованием ГМО, генной и белковой инженерии, синтетической биологии, поиск новых источников пищи”, “Разработка национальной стратегии оптимального питания”, “Анализ состояния здоровья населения с отслеживанием его социального градиента”.

Согласно экспертной оценке прогнозируемое время для проведения фундаментальных исследований (225 тем) в области медицинских наук составляет 8,9 лет; требуемое финансирование исследований за весь период: минимальное — 27 399 млн руб., максимальное — 54 917 млн руб. в текущих ценах. Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований по направлению медицинских наук показан на рис. 13.

СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ НАУКИ

Прогнозируемые темы научных исследований по сельскохозяйственным наукам в основном идентифицированы с такими перспективными направлениями научно-технологического развития, как “Агротехнологии”, “Рациональное природопользование” и “Биотехнологии” (табл. 12).

Таблица 12. Сельскохозяйственные науки

Тематическое направление исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования по тематическому направлению с перспективным направлением НТР								
		ИКТ	БТ	МиЗ	АТ	НМиНТ	РП	ТиКС	ЭЭ	Итого
Сельскохозяйственные науки	17	0	2	1	33	0	6	0	1	43

Экспертная оценка актуальности прогнозируемых научных исследований в области сельскохозяйственных наук практически единодушно показала чрезвычайно высокую актуальность прогнозируемой тематики (10 баллов). Исключение составила оценка в 8 баллов актуальности темы “Разработка новых и совершенствование существующих организационно-экономических механизмов развития агропромышленного комплекса страны в условиях глобализации и интеграционных процессов в мировой экономике”.

По исследованиям в области сельскохозяйственных наук российские ученые в мировом рейтинге занимают места с 4 до 17. Наименьший рейтинг у таких тем исследований, как “Энергообеспечение и энергоресурсосбережение, возобновляемые источники энергии” (17 место), “Разработка и совершенствование систем воспроизводства плодородия почв, предотвращения всех видов их деградации, адаптивно-ландшафтных систем земледелия нового поколения” (14 место), “Создание и эксплуатация оросительных и осушительных систем, агролесомелиоративных и лесохозяйственных комплексов” (14 место), “Развитие сельскохозяйственной биотехнологии в целях создания новых высокопродуктивных форм культурных растений, устойчивых к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды” (12 место). Отметим, что до 2025 г. прогнозируется общее отставание российских исследований от мировых результатов по таким темам, как “Создание и эксплуатация оросительных и осушительных систем, агролесомелиоративных и лесохозяйственных комплексов”, “Разработка и совершенствование систем воспроизводства плодородия почв, предотвращения всех видов их деградации, адаптивно-ландшафтных систем земледелия нового поколения”. На высокий уровень развития и мировое лидерство к 2035 г. не претендует ни одна из тем в области сельскохозяйственных наук, разрабатываемых российскими учеными. Прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований в области сельскохозяйственных наук показан на рис. 14.

Согласно экспертной оценке прогнозируемое время для проведения фундаментальных исследований (17 тем) по направлению сельскохозяйственных наук составляет 14,9 лет; требуемое финансирование исследований за весь период — 355 527 млн руб. в текущих ценах.

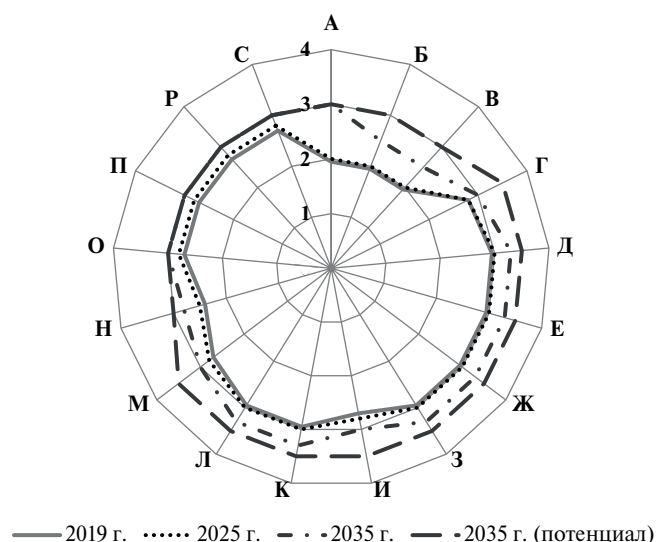


Рис. 14. Сельскохозяйственные науки

Примечание. А — разработка новых и совершенствование существующих организационно-экономических механизмов развития агропромышленного комплекса страны; Б — разработка и совершенствование систем воспроизводства плодородия почв, предотвращения всех видов их деградации, адаптивно-ландшафтных систем земледелия нового поколения; В — создание и эксплуатация оросительных и осушительных систем, агролесомелиоративных и лесохозяйственных комплексов; Г — мобилизация, сохранение и изучение генофонда растений; Д — развитие сельскохозяйственной биотехнологии в целях создания новых высокопродуктивных форм культурных растений, устойчивых к неблагоприятным абиотическим и биотическим факторам среды; Е — новые генотипы растений с хозяйственно ценными признаками и устойчивостью к стрессовым факторам; Ж — системы агроэкологического мониторинга и фитосанитарного прогнозирования на основе усовершенствования традиционных методов с использованием информационных и компьютерных технологий; З — биологические и химические средства защиты растений; И — мобилизация, сохранение и изучение генофонда животных, птиц, рыб и насекомых; К — новые генотипы животных, птиц, рыб с хозяйственно ценными признаками и устойчивостью к стрессовым факторам; Л — биологические и химические средства защиты животных, птиц, объектов аквакультуры и насекомых; М — обеспечение безопасности и противодействия биологическому терроризму; Н — энергообеспечение и энерго- и ресурсосбережение, возобновляемые источники энергии; О — развитие теоретических основ системного анализа трансформации биологических объектов сельскохозяйственного сырья и продуктов его переработки; П — актуальные проблемы интегрального контроля производства и оборота продовольственного сырья и продуктов питания в трофической цепи “от поля до потребителя” в целях управления безопасностью и качеством пищевых продуктов; Р — теоретические основы и принципы разработки процессов и технологий производства пищевых ингредиентов, композиций, белковых концентратов и биологически активных добавок функциональной направленности; С — научные основы управления биохимическими и технологическими процессами хранения продовольственного сырья и пищевых продуктов.

ВЫВОДЫ

Совершенствование технологической структуры отечественной экономики и переход к новым технологическим платформам потребует значительных изменений инструментария развития, в частности:

- большей системности планирования и управления развитием с учетом полного жизненного цикла инноваций и сопутствующих эффектов от их разработки;
- формирования сетевых сообществ с участием представителей академической науки, малого и среднего бизнеса, транснациональных корпораций и т.д.;
- научно-экспертного и информационного сопровождения управления развитием со стороны академического сообщества;
- реформирования с участием РАН и государственных академий наук системы непрерывного образования и переподготовки кадров, ориентированной не только на подготовку квалифицированных потребителей наукоемкой продукции, но и на подготовку специалистов—творцов такой продукции;
- формирования новых форм и инструментов поддержки инноваций, таких как квазивенчурные инструменты, сетевые центры компетенций и т.д.

Для решения задач разработки и внедрения передовых интегрированных технологий предстоит:

- подготовить соответствующую нормативную правовую базу для создания многосторонних партнерств и новых форм организации инновационной деятельности с участием академической и отраслевой науки, малого и среднего бизнеса, других заинтересованных и держателей знаний и компетенций. Целью данных партнерств может стать как разработка конкретных технологий и решений, так и формирование центров компетенций по приоритетным научным тематикам. Особое внимание предстоит уделить новым гибким, в частности сетевым, формам организации институтов развития и инженерной деятельности;
- создать интерфейсы общения отдельных российских и зарубежных коллективов разработчиков и инновационных компаний и инструменты их поддержки. Расширить число независимых разработчиков, поощрять создание сетевых сообществ и других гибких форм взаимодействия инициативных организаций;
- сформировать в рамках широкой отраслевой и межотраслевой коммуникации комплекс технических и системных требований к новым системам мониторинга, трансферта и локализации передовых знаний и технологий.

В заключение отметим, что развитие фундаментальных исследований во многом определяется ресурсным обеспечением. По оценкам отделений РАН, минимальное прогнозируемое финансирование тем фундаментальных и поисковых научных исследований по 13 направлениям наук, необходимое для их выполнения в полном объеме и на высоком мировом уровне, составит 880,7 млрд руб., а максимальное — 1885,2 млрд руб. (в текущих ценах).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Миндели Л., Остапюк С., Черных С. (2017). Долгосрочное прогнозирование развития фундаментальной науки в России: методологические аспекты // Общество и экономика. № 10. С. 5—22.
- Миндели Л., Остапюк С., Фетисов В. (2018). Глобальные тенденции и вызовы, определяющие научно-технологическое развитие России // Микроэкономика. № 5. С. 7—14.
- Миндели Л.Э., Остапюк С.Ф., Фетисов В.П. (2019). Об организации долгосрочного прогнозирования фундаментальных и поисковых научных исследований // Экономика и математические методы. Т. 55. № 1. С. 56—67.

REFERENCES (with English translation or transliteration)

- Mindeli L., Ostapyuk S., Chernykh S. (2017). Long-Term Forecasting of the Development of Fundamental Science in Russia: Methodological Aspects. *The Society and Economy*, 10, 5—22.
- Mindeli L., Ostapyuk S., Fetisov V. (2018). Global Trends and Challenges That Define the Scientific and Technological Development of Russia. *Microeconomics*, 5, 7—14.
- Mindeli L.E., Ostapyuk S.F., Fetisov V.P. (2019). On Long-Term Prediction of Fundamental and Exploratory Research. *Economics and Mathematical Methods*, 55, 1, 56—67.

On the Results of Long-Term Forecasting of Fundamental and Exploratory Research

© 2019 **L.E. Mindeli**, S.F. Ostapyuk*, V.P. Fetisov**

Institute of Science Development, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

* *E-mail: S.Ostapyuk@issras.ru* ** *E-mail: VPFetisov@yandex.ru*

Received 6.06.2019

Work is performed within the framework of the program of fundamental researches of Presidium of the RAS on 2019 year no. 10 “Big challenges and scientific basis for forecasting and strategic planning”.

In 2018—2019 under the leadership of the Russian Academy of Sciences the procedure of long-term forecasting of fundamental and exploratory researches was implemented. The purpose of this article is to present the results of this prediction for the discussions in the scientific community, the subsequent consideration of the outcome of these discussions in RAS and use of the outcome predictions of fundamental and exploratory research in preparation of further forecasts of the country’s scientific and technological development. This article contains a comparison of the results of long-term thematic development forecast for fundamental and exploratory research with the results of the promising areas of scientific and technological development, peer review relevance and world-class projected research on thirteen trends of the science and assessment of their total funding.

Keywords: fundamental and exploratory research, socio-economic development; scientific & technological development, strategic planning, analysis of long-term forecasting.

JEL Classification: E17, B4, I23.

DOI: 10.31857/S042473880006709-8