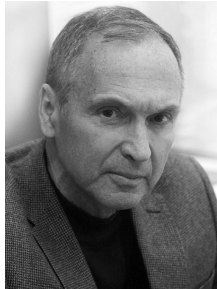


О результатах актуализации прогноза фундаментальных и поисковых научных исследований на период до 2035 г.

On the results of updating the forecast of fundamental and exploratory scientific research for the period up to 2035

doi 10.26310/2071-3010.2021.277.11.002



С. Ф. Остапюк,

д. э. н., к. т. н., доцент, в. н. с.
✉ S.Ostapuyuk@issras.ru

S. F. Ostapuyuk,

doctor of economics, PhD in technical sciences,
associate professor, leading researcher



В. П. Фетисов,

к. т. н., доцент, в. н. с.
✉ VPFetisov@yandex.ru

V. P. Fetisov,

PhD in technical sciences,
associate professor, senior research fellow



Н. В. Шашкова,

с. н. с.
✉ N.Shashkova@issras.ru

N. V. Shashkova,

senior researcher

Институт проблем развития науки РАН
Institute of development of science of Russian academy of sciences

В статье приведены нормативно правовые основания, положения и формы информационного сопровождения, регламентирующие разработку и актуализацию прогноза развития фундаментальных и поисковых научных исследований на период до 2035 г.; сопоставлены результаты прогноза с перспективными направлениями научно-технологического развития; даны оценки актуальности и мирового уровня прогнозируемых научных исследований по различным направлениям наук и оценки объема финансирования, необходимого для получения конкурентоспособных результатов.

The article presents the normative legal grounds, provisions and forms of information support that regulate the development and updating of the forecast for the development of fundamental and exploratory scientific research for the period up to 2035; the results of the forecast are compared with promising areas of scientific and technological development; assessed the relevance and world-class of predicted scientific research in various areas of science and assessed the amount of funding necessary to obtain competitive results.

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

Keywords: fundamental scientific research, scientific and technological development, strategic planning, forms and results of long-term forecasting.

Введение

Правовой основой процесса прогнозирования является Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» [1]. РАН в соответствии с данным Федеральным законом участвует в разработке документов стратегического планирования, к которым относятся, в том числе, прогноз научно-технологического развития Российской Федерации и стратегический прогноз Российской Федерации. Эти прогнозы разрабатываются с учетом и на основе данных, представляемых органами исполнительной власти и Российской академией наук¹ [2]. РАН в качестве таких данных представляет тематический прогноз развития важнейших направлений фундаментальных и поисковых научных исследований на период до 2035 г. (далее — прогноз ФПНИ). Порядок, (правила) разработки прогноза социально-экономического

развития, научно-технологического развития разработаны и утверждены Правительством РФ [3]. Процесс прогнозирования научно-технологического развития в настоящее время обеспечен методическими рекомендациями по подготовке исходных данных для его реализации [4,5]. Обоснование целесообразности разработки отдельных правил формирования прогноза ФПНИ приведены в работе [6].

1. Положения, регламентирующие разработку прогноза ФПНИ

В ходе актуализации прогноза ФПНИ в 2021 г. сформулированы следующие положения, которые необходимо выполнить для обеспечения согласованности данного прогноза с документами стратегического планирования:

- надление РАН правами, обеспечивающими возможность совместно с профильными федеральными органами исполнительной власти запрашивать и получать соответствующую прогнозную информацию у научных и образовательных организаций и экспертов, занимающихся фундаментальными и поисковыми исследованиями вне зависимости

¹ Закон о РАН одну из целей ее деятельности определяет, как «прогнозирование основных направлений научного, научно-технологического и социально-экономического развития Российской Федерации» (ст. 6).

от их ведомственной подчиненности и формы собственности;

- наличие (разработка) предложений по проектам сценариев организации стратегического управления научной и научно-технической деятельностью и, в том числе сценария формирования и реализации прогноза ФПНИ, согласованного и сбалансированного с документами стратегического планирования;
- наличие (разработка) в перечне научных и образовательных организаций, привлекаемых к разработке прогноза ФПНИ, специалистов и экспертов, которые подготовлены и способны сформировать такой прогноз по заданным направлениям наук;
- обеспечение участников формирования прогноза ФПНИ адекватным бюджетным финансированием для проведения таких работ в рамках выполнения ими соответствующего государственного заказа;
- наличие методических рекомендаций по подготовке: исходных данных для формирования и корректировки прогноза ФПНИ, его сценарных условий; требований к процедуре формирования и корректировки прогноза и регламентирующих разработку средств поддержки ее организационного, методического, экспертного и информационного сопровождения.

Отметим, что выбор компромиссного сценария стратегического управления научной и научно-технической деятельностью и сценария формирования и реализации прогноза ФПНИ определяется принятой научно-технической политикой и результатами реализации перспективных направлений научного и научно-технологического развития России. При разработке прогноза ФПНИ также необходимо учитывать: утвержденные цели и задачи социально-экономического и научно-технологического долгосрочного развития России; сценарии и прогнозы социально-экономического и научно-технологического долгосрочного развития России; достижения и тенденции развития фундаментальной и прикладной науки индустриально развитых стран; результаты выполнения программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2022-2030 гг.); состояние, качество, тенденции развития кадрового и материально-технического потенциала и потребности научных организаций и вузов, подведомственных федеральным органам исполнительной власти.

2. Информационное сопровождение прогноза ФПНИ

В 2021 г. в связи с необходимостью приведения Прогноза научно-технологического развития Российской Федерации [7] в соответствие с требованиями Федерального закона № 172-ФЗ и указом Президента Российской Федерации «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 г.» от 21 июля 2020 г. № 474 отделения РАН совместно

с ИПРАН РАН были разработаны две информационные формы для актуализации разработанного Прогноза ФПНИ².

В форме 1 по каждой теме исследования участники прогнозирования определяют: область применения ожидаемых результатов исследования; возможное изменение наименования темы исследования при актуализации прогноза; период начала возможного влияния ожидаемых результатов исследования на область их применения; период времени, когда будет готово материально-техническое обеспечение для начала проведения исследования; максимальный и минимальный объем финансирования, необходимый для проведения исследования в полном объеме; период проведения исследования: начало/окончание; период времени, когда результаты исследования могли бы быть наиболее востребованными в областях возможного применения; потребность в подготовке (переподготовке) кадров по тематике исследования; потребность в результатах других научных исследований для успешного проведения данного исследования; наиболее перспективные направления научно-технологического развития (из прилагаемого перечня или дополнить его новым направлением), к которым могут быть отнесены ожидаемые результаты прогнозируемого исследования.

В форме 2 по каждой теме исследования участники прогнозирования определяют: мировые лидеры по анализируемому направлению исследований; место России в мировом рейтинге; актуальность научного исследования (актуальность исследования оценивалась в десяти балльной шкале оценок со следующей интерпретацией ее крайних градаций: 0 — неактуально, 10 — чрезвычайно высокая актуальность); прогнозируемый уровень результатов научного исследования (уровень результатов научных исследований оценивался по четырех балльной шкале оценок со следующей интерпретацией ее градаций: 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) к указанному периоду времени; прогнозируемый уровень результатов научного исследования в условиях достаточности финансирования для реализации научного потенциала российской науки к 2035 г.; наименования организаций, участвующих в проведении анализируемого исследования; меры, которые будут способствовать активизации анализируемого исследования; примененные способы получения информации для формирования прогноза исследований.

3. Некоторые результаты актуализации прогноза ФПНИ

В качестве примера в данном разделе проведено сопоставление результатов прогноза ФПНИ по некоторым направлениям наук, полученных в 2019-

² Предложения были подготовлены во исполнение поручений 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 г., № 10104-2215.2/25 от 04.02.2021 г. и поручения заместителя президента РАН, член-корреспондента РАН В. В. Иванова № 10104-2215.2/73 от 27.05.2021 г.

Таблица 1

Математические науки

Направление исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования с перспективными направлениями НТР								
		1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	Итого
Теоретическая математика	10	29	1	6	0	15	12	12	34	109
Вычислительная математика	5	15	5	10	0	5	15	10	5	65
Математическое моделирование	9	4	2	5	5	9	5	10	13	53
Высокопроизводительные вычисления	5	45	0	0	0	0	0	0	0	45
Теоретическая информатика и дискретная математика	47	136	113	135	14	161	166	28	157	910
Системное программирование	4	35	16	11	0	12	7	11	19	111
Всего	80	264	137	167	19	202	205	71	228	1293

2021 г., с перспективными направлениями научно-технологического развития:

- 1) информационно-коммуникационные технологии;
- 2) биотехнологии;
- 3) медицина и здравоохранение;
- 4) агротехнологии;
- 5) новые материалы и нанотехнологии;
- 6) рациональное природопользование;
- 7) транспортные и космические системы;
- 8) энергоэффективность и энергосбережение;
- 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.; показаны экспертные оценки актуальности (по 10-балльной шкале), мирового уровня (по 4-балльной шкале), рейтинга прогнозируемых исследований, срока их проведения исследований и объемов необходимого финансирования для получения конкурентоспособных результатов.

3.1. Математические науки

Соотнесение (идентификация) результатов прогнозирования научных исследований этого направления с перспективными направлениями научно-технологического развития показало, что тематические направления исследований «Теоретическая информатика и дискретная математика», «Системное программирование», «Теоретическая математика», «Вычислительная математика», «Математическое моделирование» и «Высокопроизводительные вычисления» соответствуют по убыванию следующим показателям идентификации — 910, 111, 109, 65, 53, 45 (табл. 1).

Математические науки в наибольшей степени связаны с такими перспективными направлениями научно-технологического развития, как

«Информационно-коммуникационные технологии» (264 идентификаций), «Энергоэффективность и энергосбережение» (228 идентификаций), «биотехнологии» (137 идентификаций) (табл. 1). В меньшей степени математические науки связаны с «Транспортными и космическими системами» (71 идентификаций) и «Агротехнологиями» (19 идентификаций).

Математические науки в наибольшей степени связаны с такими перспективными направлениями научно-технологического развития, как «Информационно-коммуникационные технологии» (264 идентификаций), «Энергоэффективность и энергосбережение» (228 идентификаций), «биотехнологии» (137 идентификаций) (табл. 1). В меньшей степени математические науки связаны с «Транспортными и космическими системами» (71 идентификаций) и «Агротехнологиями» (19 идентификаций).

Оценка актуальности исследований по тематическому направлению «Теоретическая математика» подтвердила свою наивысшую актуальность по всем темам. По направлениям «вычислительная математика», «высокопроизводительные вычисления» и «математическое моделирование» средняя оценка актуальности тем исследований этих направлений составила соответственно — 9,6, 9,4 и 9,1 балла. Наименьшую среднюю оценку актуальности тем исследований получило направление теоретическая информатика и дискретная математика — 8 баллов.

В мировом рейтинге по направлениям «теоретическая математика» и «системное программирование» Россию опережает только США. Что касается математического моделирования, теоретической



Рис. 1. Математические науки — прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований в России

Таблица 2

Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления

Направления исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования с перспективными направлениями НТР								
		1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	Итого
Энергетика	10	17	1	1	0	20	2	10	36	87
Механика	5	14	0	0	0	13	3	11	7	48
Машиноведение	11	4	3	9	0	10	2	8	14	50
Процессы управления	7	25	0	6	0	13	6	4	8	62
Всего	33	60	4	16	0	56	13	33	65	247

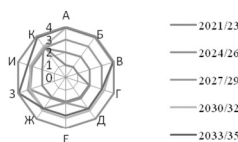
информатики и дискретной математики, то по этим направлениям Россия занимает в мире от 5-го до 7-го места.

Изменения уровня результатов научных исследований «математических наук» по горизонту прогнозирования показаны на рис. 1. По направлению теоретической математики ожидается получение значительных, приоритетных достижений в отдельных областях уже после 2026 г., а высокий уровень развития и мировое лидерство в отдельных областях этого направления после 2035 г. По направлениям «вычислительная математика» отмечено, что до 2026 г. ожидается общее отставание и некоторые достижения в отдельных областях. После 2032 г. ожидается появление значительных, приоритетных достижений в отдельных областях. По направлению «математическое моделирование» отмечено общее отставание и некоторые достижения в отдельных областях до

2032 г. К 2035 г. ожидается лишь значительные, приоритетные достижения в «высокопроизводительные вычисления» отмечено значительное отставание от общемирового уровня до 2023 г.; общее отставание и некоторые достижения в отдельных областях до 2029 г. и ожидаются значительные, приоритетные достижения в отдельных областях не ранее 2035 г. По направлению теоретическая информатика и дискретная математика ожидаются: значительные, приоритетные достижения в отдельных областях начиная с 2023 г.

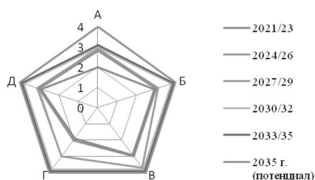
Согласно экспертной оценке, для проведения фундаментальных исследований по направлению математические науки в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимы: срок от начала до завершения исследований – в среднем 13,9 лет; финансирование исследований за весь период в текущих ценах – минимальный объем 381980 млн руб., максимальный – 959330 млн руб.

Энергетика



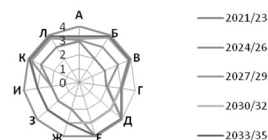
Обозначения: А – разработка научных основ структурных и технологических преобразований энергетики России на долгосрочную перспективу. Создание модельно-компьютерных комплексов для управления развитием и функционированием энергетических систем; Б – создание методологии и инструментальных средств для разработки и научного сопровождения энергетических программ России и ее регионов; В – разработка основных направлений развития энергетики России и ее регионов до 2050 г.; Г – исследования и разработки в обоснование создания высокоэффективных экологически чистых энерготехнологических комплексов. Исследование в области новых способов преобразования химической энергии веществ в электромагнитную и кинетическую энергию; Д – разработка и создание масштабных моделей новых видов электротехнического оборудования для электроэнергетических систем; Е – разработка теории токонесущей способности жестких сверхпроводников второго рода в широком диапазоне температур и магнитных полей; Ж – теоретические и экспериментальные исследования физико-химических процессов, определяющих облик энерготехнологических комплексов нового поколения; З – разработка физических основ генерации и транспортировки мощных потоков энергии (кинетической и электромагнитной) с экстремальной пространственной плотностью; И – разработка и реализация сверх ярких источников излучения и высокоэнергетических частиц на основе воздействия сверхмощных ультракоротких лазерных импульсов на вещество; К – оптимизация плазменных (нетермических) механизмов управления высокоскоростными воздушными потоками и методов повышения управляемости летательных аппаратов

Механика



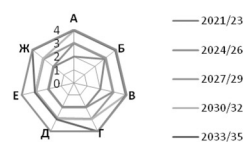
Обозначения: А – создание суперкомпьютерных моделей глобальных аэродинамических и тепловых процессов в атмосфере и океанах; Б – создание виртуальных (компьютерных) объектов ракетно-космической техники; В – решение задач аэрофизики автоматических и пилотируемых экспедиций на Луну и Марс; Г – создание систем роботов и машин, способных заменить труд человека при работе под землей (в шахтах), в сложных и опасных условиях; Д – создание механики новых материалов на основе теории проектирования объектов с многоуровневой (нано-, микро-, мезо-, макро-) структурой и повышенными служебными характеристиками деформирования, прочности, трещиностойкости, долговечности и износостойкости

Машиноведение



Обозначения: А – разработка научных основ создания твердотопливных генераторов ударных волн различного целевого назначения и защиты конструкций от ударных и волновых воздействий; Б – разработка научных основ повышения эффективности технологических машин вибрационного принципа действия с самосинхронизирующимися вибровозбудителями; В – разработка схемы и алгоритмов настройки и поддержания требуемой амплитуды резонансных колебаний при изменении технологической нагрузки на рабочем органе; Г – разработка научных основ и средств исследования биомеханики волновых процессов в системе «человек-машина-среда»; Д – развитие математических моделей информатических генетических структур, отвечающих за передачу наследственной информации; Е – разработка математических моделей помехоустойчивых генетических информационных систем на основе принципов диалектической математической логики и квантовой информатики с целью усовершенствования инженерных систем помехоустойчивого кодирования информации; Ж – расчетные и экспериментальные исследования критических важных элементов машинных комплексов и человеко-машинных систем; З – создание научно обоснованной многокритериальной и многопараметрической системы обеспечения виброзащитности, износоустойчивости и безопасности машинных комплексов и человеко-машинных систем новых поколений; И – разработка методов управления ресурсом машины за счет регулирования локальной напряженности и локальных свойств; К – разработка фундаментальных основ волновых технологий и их приложения в машиностроении; Л – разработка и модернизация волновых технологий для использования в нефтяной промышленности, для получения стройматериалов и активации случайных добавок

Процессы управления



Обозначения: А – создание простых и дешевых автономных высокоточных систем навигации и управления, базирующихся на трехмерных картах местности, геофизических полях; Б – создание систем управления новых типов летательных и космических аппаратов с обеспечением требуемых показателей точности, работоспособности, живучести и безопасности; В – разработка и создание систем управления с применением генетических интеллектуальных алгоритмов и непроизводной организации управления на основе событий и состояний; Г – разработка механизмов управления технопарком, бизнес-инкубаторами и полюсами научно-технического и инновационного роста; Д – создание систем управления мехатронных и робототехнических производственных комплексов на основе технологии искусственного интеллекта и синтеза речи; Е – разработка нового поколения высокопроизводительных интеллектуализированных акустических, электромагнитных и других средств диагностики. Разработка теоретических основ эффективного управления лечением и здоровьем населения; Ж – создание биороботов, соединяющих водно живые организмы и мехатронные системы

Рис. 2. Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления — прогнозируемый уровень результатов фундаментальных и поисковых научных исследований

3.2. Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления

Соотнесение (идентификация) результатов прогнозирования научных исследований этого направления с перспективными направлениями научно-технологического развития показало, что исследования в области «Энергетика» имеют наибольшее значение показателя идентификации результатов прогнозирования со всеми перспективными направлениями научно-технологического развития среди других направлений исследований в анализируемой области — 87 (табл. 2). По убыванию анализируемого показателя идентификации располагаются следующие тематические направления: «Процессы управления» — 62 идентификаций, «Машиноведение» — 50 идентификаций, «Механика» — 48 идентификаций. Если идентифицировать результаты прогнозирования научных исследований по всем тематическим направлениям анализируемой области с одним из перспективных направлений научно-технологического развития, то можно отметить, что в наибольшей степени связь анализируемых наук проявляется с «Энергоэффективностью и энергосбережением» (65 идентификаций), в несколько меньшей степени — с «Информационно-коммуникационными технологиями» (60 идентификаций) и «Новыми материалами и нанотехнологиями» (56 идентификаций). Наименьшие значения анализируемого показателя получены с такими направлениями научно-технологического развития, как «Биотехнологии» (4 идентификации).

Экспертная оценка актуальности прогнозируемых научных исследований анализируемого направления наук показала разброс оценок от 8 до 10 баллов.

Максимально высокие оценки актуальности (10 баллов) получили темы по направлениям: энергетика (5 тем); машиностроение (5 тем); процессы управления (7 тем).

Высший рейтинг (1-2-е место) российские ученые получили в энергетике по направлению «Оптимизация плазменных (нетермических) механизмов управления». В механике второе-третье место по направлениям «Создание виртуальных (компьютерных) объектов ракетно-космической техники», «Решение задач аэрофизики автоматических и пилотируемых экспедиций», «Создание систем роботов и машин, способных заменить труд человека при работе под землей (в шахтах), в сложных и опасных условиях», «Создание механики новых материалов на основе теории проектирования».

Отмечено значительное отставание российской науки от общемирового уровня к 2021 г. по направлениям «Создание биороботов, соединяющих воедино живые организмы и мехатронные системы» (9-10-е место в мировом рейтинге), «Разработка физических основ генерации и транспортировки...» (7-8-е место). Вместе с тем, к 2035 г. ожидается сокращение отставания России от научных лидеров по ряду направлений исследований в области процессов управления (рис. 2).

Для проведения фундаментальных исследований по направлению «Энергетика, машиностроение, механика и процессы управления» (число тем — 33) в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимы: срок от начала до завершения исследований — в среднем 10,3 лет; финансирование исследований за весь период в текущих ценах — минимальное 1057636 млн руб., максимальное — 1516288 млн руб.

Таблица 3

Физиологические науки

Направление исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования с перспективными направлениями НТР								
		1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	Итого
Высшая нервная деятельность, нейрофизиология и физиология когнитивных функций	5	5	5	8	0	0	0	0	0	18
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	8	23	0	8	0	0	0	39
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	5	5	10	0	0	0	0	0	20
Новые стратегии фармакологической коррекции нарушений физиологических функций при болезнях человека	3	0	0	6	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 регенерации тканей	3	0	3	9	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	18	24	0	0	0	0	0	42
Всего:	67	12	111	163	7	29	0	1	0	323

3.3. Физиологические науки

По направлению «Физиологические науки» наибольшее значение показателя идентификации прогнозных результатов научных исследований со всеми перспективными направлениями научно-технологического развития имеет «Физиология экстремальных состояний и гравитационная физиология» — 51 идентификация (табл. 3). Несколько меньшие значения показателя идентификации у направлений «Фундаментальные основы онкологии» и «Физиология сердечно-сосудистой системы. Кровообращение человека» — по 42 идентификации. Далее по величине показателя идентификации направления исследований ранжированы следующим образом: «Физиология крови» — 39, «Высшая нервная деятельность, нейрофизиология и физиология когнитивных функций» и «Эволюционная физиология» — по 18 и т. д. Направление «Новые стратегии фармакологической коррекции нарушений физиологических функций при болезнях человека» имеет минимальное значение показателя идентификации — 6.

В наибольшей степени связь наук анализируемой области проявляется с «Медициной и здравоохранением» — 163 идентификации, «Биотехнологиями» — 111 идентификаций, «Новыми материалами и нанотехнологиями» — 29 идентификаций. Нет связи с такими направлениями, как «Рациональное природопользование», «Энергоэффективность и энергосбережение».

Оценки актуальности прогнозируемых научных исследований по направлению физиологических наук имеют разброс от 7 до 10 баллов. Максимально высокие оценки актуальности (10 баллов) получили исследования в таких областях как: высшая нервная деятельность, нейрофизиология и физиология когнитивных функций; физиология иммунной системы; физиологические механизмы геномной регуляции; фундаментальные основы онкологии; физиология сердечно-сосудистой системы, кровообращение человека. Более низкие оценки актуальности (7-8 баллов) получили исследования в областях: экология человека; симбионты и инфекции; эволюционная физиология; физиология висцеральных систем; физиология крови.

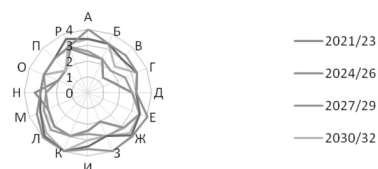
Мировой рейтинг работ российских физиологов колеблется от 6-го до 12-го места. Исключение составляет рейтинг российских ученых об области физиологии экстремальных состояний и гравитационной физиологии (2-3-е место в мире после США и Великобритании). Невысокий рейтинг российских работ может быть связан со значительным отставанием от общемирового уровня работ по экологии человека и новым стратегиям фармакологической коррекции нарушений физиологических функций при болезнях человека и общим отставанием в таких областях как: высшая нервная деятельность, нейрофизиология и физиология когнитивных функций; физиология развития, эмбриогенеза и старения; механизмы гомеостаза и т. д. Вызывает сомнение оптимизм высоких оценок уровня результатов научных исследований российских физиологов по некоторым направлениям исследований к 2035 г. (рис. 3).

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 47306,0 млн руб., максимальное — 70398,0 млн руб. в текущих ценах.

3.4. Науки о Земле

При идентификации результатов прогнозирования всех тематических исследований анализируемого направления «Науки о Земле» с одним из перспективных направлений научно-технологического развития (табл. 4) наибольшая связь анализируемого направления получена 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. С другими направлениями связь не выявлена.

Оценка актуальности прогнозируемых научных исследований по направлению наук о Земле показала разброс оценок от 7 до 10 баллов. Максимальные оценки актуальности (10 баллов) получили направления исследований, в том числе, в областях: научные основы развития ресурсной базы — закономерности образования, размещения твердых полезных ископаемых; 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; 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; 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; научные основы изучения и прогноза водных ресурсов, качества вод, водообеспеченности страны;



Обозначения: 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

Рис. 3. Физиологические науки

Науки о Земле

Направление исследований	Число тем	Идентификация результатов прогнозирования с перспективными направлениями НТР								
		1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)	Итого
Науки о Земле	26	1	0	0	0	1	36	0	7	45

Арктика: геолого-геофизическая характеристика коры, геодинамическая эволюция литосферы, происхождение основных тектонических структур, климатические изменения, взаимодействие Северного Ледовитого океана с Сибирскими реками, арктические газогидраты и эмиссия метана на арктическом шельфе.

Более низкие оценки актуальности (7 баллов) получили исследования, например, в таких областях как: расширение эмпирических и теоретических знаний о путях и закономерностях эволюции биосферы Земли, в том числе биохимическая, структура экосистем, динамика биоразнообразия и связь с геодинамическими и космическими факторами; совершенствование методов стратиграфии и стратиграфических схем как основы для фундаментальных геологических и прикладных геолого-поисковых исследований.

В мировом рейтинге работ в области наук о Земле место России в основном колеблется от 1-го до 5-го. Наивысший мировой рейтинг (1-е место) у российских ученых отмечен по двум темам исследований: технологическая-минералогическая оценка природных и

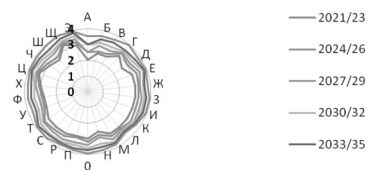
техногенных месторождений полезных ископаемых и переработка минерального сырья; криолитозона земной коры: изменчивость состояния, криогенные ресурсы, мерзлотные ландшафты. Второе место в мире после ученых Китая эксперты отдали российским ученым по исследованию темы «Научные основы развития ресурсной базы — закономерности образования, размещения твердых полезных ископаемых. Металлогенические провинции, эпохи и рудные месторождения: от генетических моделей к прогнозу минеральных ресурсов» и ученых США по исследованию тем «Динамика подземных и поверхностных вод и ледников, состояние озер» Более низкие рейтинги работ российских ученых (5-е место) в области наук о Земле, отмечены по таким направлениям, как: «Изотопная геохимия. Фракционирование изотопов и изотопно-геохимические трассеры взаимодействия и эволюции оболочек Земли. Геохронология», «Процессы в атмосфере, изменения климата и экстремальные явления: причины, риски, последствия, проблемы адаптации и регулирования», «Метрولوجические исследования в науках о Земле, разработка новых технологий, методов, технических и аналитических средств исследования геофизических процессов».

Прогнозируемый уровень результатов российских фундаментальных и поисковых научных исследований в области наук о Земле по различным временным периодам показан на рис. 4. Отметим, что по потенциалу российских ученых при достаточном финансировании их фундаментальных и поисковых научных исследований прогнозируемый уровень ожидаемых результатов может соответствовать мировому уровню практически по всем направлениям наук о Земле.

Для проведения фундаментальных исследований по направлению наук о Земле (число тем — 26) в полном объеме и на высоком мировом уровне необходимо: срок от начала до завершения исследований — в среднем 15 лет; финансирование исследований за весь период — минимальное 296400 млн руб., максимальное — 569400 млн руб. в текущих ценах.

Заключение

Практика актуализации прогноза ФПНИ подтвердила необходимость разработки единой информационно-аналитической платформы российской науки, обеспечивающей своевременное предоставление, в том числе, участникам разработки прогноза ФПНИ, сведений о мониторинге полученных научных результатов, стратегическом целеполагании применительно к научно-технической сфере деятельности, рисках и угрозах не достижения намеченных научных и научно-технических целей; актуальных потребностях отраслей экономики в решении тех или иных научно-технических и тех-



Направления исследований:

- 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 — наука 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 — расширение эмпирических и теоретических знаний о путях и закономерностях эволюции биосферы Земли, в том числе биохимическая, структура экосистем, динамика биоразнообразия и связь с геодинамическими и космическими факторами. Совершенствование методов стратиграфии и стратиграфических схем как основы для фундаментальных геологических и прикладных геолого-поисковых исследований. Нафтиды как продукт биосферы, эволюция и цикличность нафтидогенеза.
- Ж — экспериментальная и техническая минералогия, петрология и геохимия, разработка и развитие природоподобных технологий синтеза новых стратегически важных материалов.
- З — научные основы развития ресурсной базы — закономерности образования, размещения основных 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 — совершенствование фундаментальных основ теории нефтегазообразования, формирования пустотности и нефтегазоаккумуляции в морских осадочных толщах, сложенных кероген-глинисто-карбонатно-кремнистыми породами (микститами, силицитами), аномально обогащенными планктоно- и бентосогенным органическим веществом (источник: археи, бактерии, простейшие эукариоты) (баженковская, доминанковская, куоманская и др. свиты), и эффективных технологий и технологического оборудования для прогноза нефтегазоносности, создание методик (аналитических, интерпретации ГИС, компьютерных и др.) и оборудования для определения оценочных (подсчетных) параметров, оценки ресурсов и подсчета запасов, 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 — географические и геозеологические основы устойчивого развития. Ф — эволюция окружающей среды и взаимодействие человека и природы. Изменения окружающей среды и основы научной стратегии рационального и поддерживающего природопользования. Х — развитие методов геоинформатики и геоинформационных технологий. Ц — динамика подземных и поверхностных вод и ледников, состояние озер. Ч — геоэкология и экономика недр. Ш — метрولوجические исследования в науках о Земле, разработка новых технологий, методов, технических и аналитических средств исследования геофизических процессов. Щ — криолитозона земной коры: изменчивость состояния, криогенные ресурсы, мерзлотные ландшафты. Криолито-гляциальные системы. Э — Арктика: геолого-геофизическая характеристика коры, геодинамическая эволюция литосферы, происхождение основных тектонических структур, климатические изменения, взаимодействие Северного Ледовитого океана с сибирскими реками, арктические газогидраты и эмиссия метана на арктическом шельфе.

Рис. 4. Науки о Земле

нологических проблем, ресурсных потребностях и кадровой обеспеченности научных и образовательных организаций.

Для обеспечения технологического паритета России необходимо: в среднесрочной перспективе обеспечить импортозамещение по выбранным приоритетам развития; в долгосрочной перспективе сформировать новую технологическую структуру отечественной экономики. Создание прорывных инноваций в области альтернативной энергетики, «активных» нанотехнологий, персонифицированной медицины, генетического инжиниринга и биотехнологий и т. д. потребует активизации проведения и координации профильных и сопряженных научных исследований, которые в значительной мере определяют облик будущих технологических платформ. Это прежде всего исследования в области интеллектуализации большинства сфер экономической деятельности и переход к разработке информационно-коммуникационных и «облачных» технологий, обеспечивающих эффективное управление по всему жизненному циклу объектов техники — от создания «умных» материалов и «точного» проектирования необходимого продукта до контролируемого вывода из эксплуатации и утилизации использованных продуктов.

Серьезное изменение 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.

Разработка и внедрение передовых интегрированных технологий интеллектуализации и управления на всех этапах жизненного цикла инноваций потребует создания и развития новых фундаментальных и прикладных научных заделов, включая междисциплинарные и многодисциплинарные исследования, поисковые научные работы, а также формирования исследовательской, технологической и производственной инфраструктуры, стратегических инициатив в научной сфере, включая разработку эталонных архитектур и «дорожных карт» развития новых наукоемких технологий.

Список использованных источников

1. Федеральный закон «О стратегическом планировании в Российской Федерации» от 28 июля 2014 г. № 172-ФЗ (ред. от. 31.12.2017 г.).
2. Федеральный закон от 27 сентября 2013 г. № 253-ФЗ «О Российской академии наук, реорганизации государственных академий наук и внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
3. Постановление Правительства РФ от 13 июня 2015 г. № 699 «Об утверждении правил разработки и корректировки прогноза научно-технологического развития».
4. Постановление Правительства РФ от 11 ноября 2015 г. № 1218 «О порядке разработки, корректировки, осуществления мониторинга и контроля реализации прогноза социально-экономического развития РФ на долгосрочный период».
5. Приказ Минобрнауки России от 13 ноября 2015 г. № 1335 «Об утверждении методических рекомендаций по подготовке исходных данных для разработки и корректировки прогноза научно-технологического развития РФ, а также по формированию его сценарных условий».
6. Л. Э. Миндели, С. Ф. Остапюк, В. П. Фетисов «Об организации долгосрочного прогнозирования фундаментальных и поисковых научных исследований» // Экономика и математические методы. 2019. Т. 55. № 1. С. 56-67.
7. Прогноз научно-технологического развития Российской Федерации на период до 2030 г. Утв. Поручением Председателя Правительства Российской Федерации 3 января 2014 г. № ДМ-П8-5.

References

1. Federal Law «On Strategic Planning in the Russian Federation» dated July 28, 2014 № 172-FZ (as amended on 31.12.2017)
2. Federal Law «On the Russian academy of sciences, reorganization of the state academies of sciences and amendments to certain legislative acts of the Russian Federation» dated September 23, 2013 № 253-FZ.
3. Resolution of the Government of the Russian Federation «On Approval of the Rules for the Development and Adjustment of the Forecast of Scientific and Technological Development» dated June 13, 2015 № 699.
4. Resolution of the Government of the Russian Federation «On the procedure for the development, adjustment, monitoring and control of the implementation of the forecast of socio-economic development of the Russian Federation for the long term» dated November 11, 2015 № 1218.
5. Order of the Ministry of Education and Science of Russia dated November 13, 2015 № 1335 «On approval of methodological recommendations for the preparation of initial data for the development and adjustment of the forecast of scientific and technological development of the Russian Federation, as well as on the formation of its scenario conditions».
6. L. E. Mindeli, S. F. Ostapuk, V. P. Fetisov «On the organization of long-term forecasting of fundamental and exploratory scientific research» // Economics and Mathematical Methods. 2019. Vol. 55. № 1. P. 56-67.
7. Forecast of scientific and technological development of the Russian Federation for the period up to 2030. Approved by the Instruction of the Chairman of the Government of the Russian Federation no DM-P8-5 on January 3, 2014.