

1. Основные характеристики развития технологий

Технологии моделирования физических, химических и биологических процессов, обеспечивающих достоверное прогнозирование результатов междисциплинарных экспериментальных исследований

В XX веке стало ясно, что большинство природных, физических, социально-технологических систем представляют собой сложные нелинейные системы с ограниченным горизонтом прогноза, основанные на системах уравнений, решение которых возможно только численными методами. Между тем усложнение системы научных задач, возникновение междисциплинарных направлений исследований приводит к необходимости анализа именно таких систем.

Вне технологий компьютерного моделирования расчет таких систем является очень сложной задачей, практически неразрешимой, если речь идет о достоверном прогнозировании их развития, сценарном анализе, теоретическом эксперименте и т.д.

С появлением мощных вычислительных машин сформировалась новая технология проведения теоретических исследований - вычислительный эксперимент, теоретической основой которого является математическое моделирование.

Компьютерные модели физических, химических, биологических процессов позволяют проводить исследования процессов без построения системы, в которой они реально происходят. Такие модели позволяют ускорить процессы (например, для определения эксплуатационного ресурса какого-либо нового изделия) или замедлить их (чтобы легче было наблюдать, например, развитие химической реакции).

Технологии компьютерного моделирования, во-первых, позволяют избежать низкой точности, являющейся следствием различных вынужденных модельных упрощений (например, когда нелинейный объект воспроизводится как линейный).

Во-вторых, любые исходные характеристики, полученные экспериментально на действующем объекте (в отличие от вычислительного эксперимента) заведомо имеют невысокую точность. Это критично для нелинейных объектов с повышенной чувствительностью к начальным условиям, когда малые ошибки в диагностике начального состояния приводят к большим отклонениям в прогнозе развития системы.

В-третьих, развитие средств компьютерного моделирования позволяют обойти проблему низкой достоверности анализа процессов для промежуточных (интерполяция) и выходящих за рамки опытных данных (экстраполяция) режимов.

В-четвертых, технологии моделирования делают возможным исследование систем при таких условиях, когда невозможно применение экспериментальных методов, изучение влияния на процесс или объект различных условий и параметров, и оптимизация процесса по этим параметрам.

Особое значение технологии компьютерного моделирования имеют в биологии и генной инженерии. Для эффективной обработки огромных массивов информации, полученной экспериментальными методами геномики и протеомики, потребовалось развитие нового направления - биоинформатики, лежащей на стыке молекулярно-биологических и компьютерных технологий.

В рамках биоинформатики разрабатываются и применяются вычислительные алгоритмы для анализа и систематизации генетической информации с целью выяснения структуры и функции макромолекул с последующим использованием этих знаний для создания новых лекарственных препаратов.

Это позволяет решать комплекс важнейших задач: анализ геномов, выделение в их составе отдельных генов, их экзонинтронной структуры, сигнальных последовательностей, предсказание функции генов и экспрессируемых ими продуктов, выявление генов — потенциальных мишеней действия новых лекарств, оценка роли отдельных участников аминокислотной последовательности в функционировании белка, построение молекулярных моделей белков и нуклеиновых кислот, исходя из их последовательностей, исследование механизма функционирования макромолекул, исходя из их молекулярных моделей, компьютерное конструирование лекарств, основанное на рациональном выборе генов-мишеней и молекулярных моделей их белковых продуктов.

По технологиям моделирования физических, химических и биологических процессов Россия имеет хорошие традиции, накопленный ещё с периода СССР в системе оборонных НИИ. Проблемы нелинейной динамики и моделирования развития сложных систем разрабатываются в Институте прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН.

Последние наработки в моделировании поведения сложных систем и процессов активно публикуются в мировых академических изданиях: «Physica D», «Chaos», «Nonlinearity», «Physical Review E», «Известия вузов. Прикладная нелинейная динамика» и др.

Несмотря на длительный период недофинансирования области науки и технологий в 1990-е гг., в настоящее время Россия по-прежнему входит в четверку стран-лидеров по данному технологическому направлению. По оценкам экспертов в области моделирования и вычислительного эксперимента Россия занимает 3-е место после США и Евросоюза. Примечательно, что в данной области Россия опережает Японию (только 32% экспертов отнесли Японию к числу лидеров по данному технологическому направлению, тогда как в пользу России высказалось 37% экспертов).

Мировой потенциал по данному виду технологий во многом определяется политикой государственного финансирования фундаментальных исследований. Тенденция к росту этих расходов очевидна, тем более на фоне бурного развития междисциплинарных исследовательских направлений.

Основы для развития данного класса технологий заложены, с одной стороны, развитием фундаментальной науки во второй половине XX века, с другой стороны, ростом возможностей вычислительной техники с начала 1990-х гг. Согласно прогнозным оценкам экспертов разработка таких технологий моделирования в России ожидается к 2015 году.

Технологии моделирования физических, химических и биологических процессов являются фундаментом научного знания и научно-прикладного знания, поэтому, эксперты высоко оценили их важность, индекс важности - 77 из 100 баллов, технологии находятся

на 5 месте из 32 в общем рейтинге приоритетности и входят в число 21 самых перспективных и важных технологий.

Форсированное развитие этих технологий имеет значимый социально-экономический эффект, прежде всего, связанный с решением глобальных проблем, а в связке с производством и прикладными исследованиями приведет к развитию человеческого капитала, созданию основ для его применения на территории России через появление новых инновационных производств, что непосредственно скажется на росте конкурентоспособности России на мировом рынке (это обстоятельство отметили 38% экспертов). Кроме того, поддержка таких технологий имеет и важный косвенный (общественный) эффект, связанный со стимулированием данными технологиями развития культуры и образования.

Фундаментальные исследования традиционно должны опираться на главенствующую роль государства. Меры государства должны быть направлены на увеличение финансирования (в пользу этой меры высказались 48%), специальных мер по развитию человеческих ресурсов и инфраструктуры НИОКР (45% и 37% экспертов, соответственно). Важным обстоятельством является не только развитие социально-экономических основ для реализации подготовленного человеческого капитала на территории России, но и снижение стимулов его оттока за рубеж.

В связи со все более укращивающимся временным лагом между результатами фундаментальных исследований и их использовании в прикладных разработках и бизнес-приложениях, важной составляющей государственной политики должно стать развитие государственно-частного партнерства в этой области (в пользу чего высказалось 35% экспертного сообщества).

Технологии разделения естественных и антропогенных изменений климата на основе массовой обработки наблюдений и численного моделирования климатических процессов

Сейчас все более заметным становится действие глобального механизма, ведущего к разрушению биосферы и экосистем. В основе этого механизма лежит рост населения и его потребностей, удовлетворить которые можно на базе расширяющегося потребления с использованием опережающего развития энергетики и технологий. Невозможность полностью отказаться от научно-технического развития приводит к необходимости как можно более точного взвешивания «за» и «против» внедрения новых технологий, вычисления той реальной доли в изменениях климата, которую в неё вносят технологии.

Поэтому разработка технологий разделения естественных и антропогенных экологических изменений важна, прежде всего, с точки зрения планирования научно-технического прогресса.

Главной задачей в таких экспериментах является детектирование сигнала (тех или иных климатических изменений) с последующей оценкой связи зарегистрированного сигнала с естественной изменчивостью, либо с механизмом естественной природы. Однако сегодня этот тип технологий находится лишь на начальной стадии становления, их первая реализация относится на десятилетие вперед.

В ближайшей перспективе на первый план выходит относительно более простой комплекс задач (*climate engineering*). Во-первых, это разработка технологий численного

моделирования прогнозов/сценариев развития климатических процессов при различных антропогенных воздействиях (например, в рамках заданных сценариев (программ) технологического развития). Во-вторых, это разработка технологий мониторинга экологических последствий и нарушений климатической системы в результате конкретных техногенных воздействий (уже запущенных технологий).

В условиях глобального характера данной проблематики и невозможности их решения на локальном уровне, принципиально, чтобы разрабатываемые технологии были доведены до уровня, обеспечивающего возможность их практического использования для экспертно-информационной поддержки разработки государственной политики в области изменения климата, включая вопросы реализации Киотского протокола, выработки путей его совершенствования и участия в международном переговорном процессе.

Разрабатываемые технологии должны обеспечивать совместимость с технологиями и методами, разрабатываемыми Межправительственной группой экспертов по изменению климата, органами Рамочной Конвенции ООН об изменении климата и Киотского протокола, Всемирной метеорологической организацией и других органов ООН.

Данный технологическое направление в его полномасштабной реализации относится к отдаленным. Безусловное лидерство в этой области принадлежит США – так считают 49% экспертов. Россия, как впрочем, и большинство развитых стран значительно отстают, хотя стоит заметить и тот факт, что на фоне стран ЕС и Японии, Россия занимает вполне достойные позиции. На сегодняшний день эти технологии, как в России, так и в мире, развиваются в более узком прикладном аспекте (climate engineering), связанном с мониторингом и оценкой экологических последствий действующих или предлагаемых технологических программ или проектов.

В условиях нарастания глобальных экологических проблем с одновременным и неизбежным нарастанием техногенной деятельности человека и её давления на окружающую среду, технологии разделения естественных и антропогенных изменений климата приобретают колоссальную важность.

Индекс важности этих технологий ниже остальных в данной группе -63 балла из 100, 19 место из 32 в общем рейтинге. Это может быть связано и с временной отдаленностью получения основных результатов, и с косвенным отношением к решению актуальных социально-экономических задач России, и с невысокими шансами России повысить свою конкурентоспособность на мировом рынке за счет попыток форсированного развития данного технологического направления¹.

Основное назначение этих технологий – решение глобальных задач, а не проблем отдельных стран или экономик – именно такого эффекта от развития данных технологий ожидают 49% экспертов.

По мнению экспертов, с точки зрения полномасштабного развития, данное технологическое направление получит результаты не раньше 2015 года, что связано с пока первыми идущими сегодня разработками в этой области, которые, к тому же, довольно локализованы (США). В более узком предметном аспекте (как технологии climate engineering) первых заметных результатов и начала более или менее массового внедрения можно ожидать и ранее.

¹ Возможность роста конкурентных позиций России за счет развития данного технологического направления отметили лишь 18% экспертов

На данном этапе своего развития, а также с учетом своей ориентированности на глобальные задачи, для развития данных технологий необходимы такие меры государственной политики как финансирование фундаментальных исследований, развитие человеческих ресурсов, системы подготовки кадров и инфраструктуры НИОКР.

Технологии построения экономичных и информационно-эффективных многокомпонентных наблюдательных систем за климатическими изменениями океана и взаимодействием океана и атмосферы на основе судовых экспедиционных и попутных наблюдений

Современные исследования климатических изменений океана, процессов, происходящих на границе океан-атмосфера, выход на новый уровень физического описания влияния взаимодействия океана и атмосферы в ключевых океанских акваториях на изменчивость климата. Реакции океана на антропогенные воздействия выдвигают новые требования к количеству и качеству собираемой информации, которая потом усваивается современными прогностическими моделями.

Отсюда возникают и новые требования к наблюдательным системам, используемым для сбора этих данных. Основа таких систем сегодня – ныряющие буи международной системы «Арго», после запуска которой появились возможности для решения обозначенного комплекса задач. В настоящее время – это самая крупная наблюдательная система в Мировом океане, которая перешла рубеж трех тысяч буйев.

Современные научные задачи требуют повышения информационной ёмкости наблюдательных систем, обеспечения большей разнородности собираемых ими данных, максимального приближения их работы к режиму реального времени, увеличения разрешения (сегодня это уровень 10-30 км²), интеграции с системами спутникового наблюдения т.д. Программное обеспечение должно обеспечивать синтез наблюдений, возможность обработки сверхбольших объемов информации о состоянии океана.

В сфере технологий анализа климатических изменений океана и взаимодействия океана и атмосферы ситуация в России отличается с определенным разрывом между технологиями моделирования и усвоения информации (здесь Россия имеет хорошие позиции наряду с США, Великобританией, Германией) и технологиями создания аппаратного обеспечения наблюдательных систем.

Из 3 тысяч «ныряющих» буйев международной системы «Арго» в Мировом океане российских – только 3, из которых 2 находятся в критическом состоянии. Попытки (с соответствующим финансированием) создания 8 дополнительных буйев обернулись проблемами (в стадии разработки находятся пока лишь 4 буйа). Значительная часть приборов для океанографических измерений в России импортируется или собирается из комплектующих иностранного производства (за исключением 2-х исследовательских судов «Академик Иоффе» и «Академик Вавилов» российского производства).

Лидерство в создании приборов такого класса принадлежит США и Японии. С учетом существующих наработок в этой сфере, внедрение этой технологии в России возможно в течение 5-10 лет, ориентировочно к 2014 году (при соответствующей государственной политике). В качестве основных ожидаемых эффектов от развития данных технологий эксперты ожидают решение глобальных проблем (58% экспертов разделяют такую точку зрения) и социально-экономический эффект (33%).

Индекс важности технологии построения многокомпонентных наблюдательных систем (67 баллов из 100) - невысокий в сравнении с другими технологиями рассматриваемой группы, в общем рейтинге технология занимает 15 место из 32 возможных по приоритету и относится к числу средне приоритетных.

Основная роль в развитии данного технологического направления, как имеющего преимущественно фундаментальное (по характеру результатов) и глобальное (по направленности) значение, безусловно, должно взять на себя государство, обеспечив рост финансирования исследовательских программ (56% экспертов), систем подготовки кадров (41%), развитие инфраструктуры НИОКР (37%) и реализовать меры, содействующие сотрудничеству государства, бизнеса и науки (32%). При этом в ходе обсуждения на круглом столе, эксперты отмечали, что государственное финансирование должно быть направлено скорее не на разработку приборов для измерений, а на финансирование технологий и моделирование.

Технологии мониторинга и прогнозирования особо опасных климатических явлений (экстремальные осадки, наводнения, океанские шторма) и геологических природных катастроф (землетрясения, извержения вулканов, цунами) на основе статистического и математического моделирования

В условиях обостряющейся экологической ситуации в мире, нарастания чрезвычайных ситуаций, источником которых являются природные процессы и явления, этот класс технологий приобретает критическое значение. И если достижения в области развития самих технологий налицо, то проблема их недостаточного распространения является довольно острой.

Распространение результатов мониторинга и прогнозов опасных климатических явлений и геологических природных катастроф, доведение её до максимально диверсифицированного потребителя является продолжением развития этих технологий, способствует повышению социального и экономического эффекта от их применения.

Для российской практики характерен разрыв между: поставщиками данных мониторинга (в России круг национальных научных центров) – основными потребителями данных мониторинга (МЧС и местные органы власти) – и прочими заинтересованными потребителями (частные компании и лица). Преодоления разрыва может быть решено за счет создания местных (отраслевых, ведомственных) информационных центров обработки данных мониторингов. При этом, если преодоление разрыва с уполномоченными органами государственной и местной власти стратегически необходимо для обеспечения национальной безопасности, то в обмене и усвоении данных мониторинга ЧС с частными компаниями и гражданами это может принести значимый экономический и социальный эффект.

В качестве второго направления, распространение данного класса технологий целесообразно и в бизнес-среде. Это может стать стимулом развития смежных технологий, в том числе стратегического значения, прежде всего, в области разработки крупных месторождений нефти и газа, повышения их безопасности, рентабельности, уточнения оценки себестоимости проекта, оптимизации технологических решений за счет учёта рисков природных катастроф в местах разработки. Стоимость проектов по разработке месторождений нефти и газа исчисляется затратами в несколько десятков

миллионов долларов, и требуют максимального учета всех возможных рисков с поставленной на научную базу разработкой программ их предотвращения.

Потребителями этих технологий могут стать частные фирмы, которые по роду своей деятельности заинтересованы в оценке местности / времени на предмет риска развития природных катастроф или ухудшений климатических условий (добывающие предприятия, туристические фирмы, строительные и страховые компании).

Немаловажным направлением работ по использованию рассматриваемых технологий также является обеспечение общественной доступности результатов мониторингов и прогнозов экстремальных ситуаций по принципу «налогоплательщик платит один раз». В этой связи, в соответствии с мировым опытом, необходима разработка соответствующих информационных интернет-порталов открытого доступа.

Необходимыми мероприятиями для решения таких задач является развитие распределенной автоматизированной системы оперативного обмена информацией, обеспечивающую обмен данными, подготовку, сбор, хранение, обработку, анализ и рассылку информации. Система должна строиться в соответствии с базовой эталонной моделью взаимодействия открытых систем, иметь унифицированный интерфейс для связи с различными прикладными задачами, обеспечивать безопасность и конфиденциальность информации, свободный доступ абонентам, а также иметь соответствующее правовое обеспечение.

Развитие данного класса технологий в мире определяется деятельностью стран, испытывающих повышенные угрозы указанных природных катастроф и опасных климатических явлений. Согласно экспертным оценкам Россия входит в тройку стран-лидеров по данной технологии (3-е место после США и Японии). Высокий уровень развития технологий мониторинга и прогнозирования особо опасных климатических явлений природных катастроф связан с актуальностью этой проблематики в России (сейсмическая активность, пожароопасность, наводнения, ураганы).

Широкое распространение технологий мониторинга и прогнозирования особо опасных климатических явлений, геологических природных катастроф на основе статистического и математического моделирования эксперты ожидают к 2015 году.

Технологи данного класса имеют высокий индекс важности (78 баллов из 100) и занимают второе место в группе и 4 место в общем рейтинге (из 32 возможных), тем самым, входя в число 21 наиболее приоритетных для России технологии. Это связано с высоким социальным и экономическим эффектом данной технологии не только в условиях ЧС, но и в повседневной хозяйственной практике и быте населения. Высокий социальный эффект от обеспечения широкого распространения данного класса технологий (35% экспертов) определяется повышением качества и безопасности жизни населения, что возможно за счет организации свободного доступа граждан к данным мониторингов и обучения их соответствующим навыкам. Однако, самым значимым по мнению экспертов эффектом станет решение глобальных проблем (63%).

Говоря о необходимых мерах со стороны государства, направленных на развитие технологий, необходимо отметить госфинансирование фундаментальных исследований, развитие человеческих ресурсов, создание форм государственно-частного партнёрства с активным включением в процесс научного сообщества, развитие инфраструктуры НИОКР, а также развитие межгосударственных программ.

Технологии высокоразрешающего численного моделирования океана и атмосферы и усвоения данных наблюдений

Ядром этого класса технологий являются информационные прогностические системы, работающие на основе анализа данных по состоянию среды (радиации, облачности), океана, взаимодействия океана и атмосферы, климата - т.е. максимально широкого класса данных, усваиваемых высокоразрешающими прогностическими моделями. Технологии должны обеспечивать возможность обработки сверхбольших объемов информации, синтез наблюдений, полученных с разных наблюдательных систем.

Эффективность данных технологий неразрывно связана с успехами в разработке соответствующего аппаратного обеспечения – совершенствования наблюдательных систем (среди них наиболее известная и используемая сегодня – международная система океанографических измерений «Арго») в направлении повышения их информационной ёмкости, обеспечения большей разнородности собираемых данных, увеличения разрешения (сегодня это уровень 10-30 км²), максимального приближения работы к режиму реального времени.

Как уже отмечалось, в сфере океанографических измерений ситуация в России отличается определенным разрывом между технологиями моделирования и усвоения информации и технологиями создания аппаратного обеспечения наблюдательных систем. При этом именно по технологиям высокоразрешающего численного моделирования океана/атмосферы и усвоения данных наблюдений Россия занимает одно из первых мест в мире (по оценкам экспертов - 2-е место после США).

В России успешно проводятся высокоразрешающие расчеты характеристик теплообмена океан-атмосфера, построение климатологий нового поколения, работы по достоверной оценке параметров взаимодействия океана и атмосферы в областях, слабо обеспеченных данными, систематические измерения радиационных потоков на границе океан-атмосфера, построение глобальных реконструкций высокоразрешающих характеристик теплообмена на поверхности океана за длительных периоды и т.д.

Индекс важности данного класса технологий (67 баллов из 100) – невысокий в сравнении с остальными технологиями данной группы, 17 место из 32 возможных по приоритетности. Основным эффектом от развития данной технологии эксперты ожидают решение глобальных проблем. В пользу того, что развитие данного класса технологий сможет повысить конкурентоспособность России на мировом рынке и качество жизни населения, отметили по 21% экспертов; на социально-экономический эффект, связанный с развитием социально-экономической инфраструктуры, созданием новых рабочих мест и возникновением новых производств, указало 29% экспертов.

Согласно прогнозным оценкам экспертов появление технологий высокоразрешающего численного моделирования океана и атмосферы, усвоения данных наблюдений в России ожидается к 2016 году. Следует учесть, что их развитие будет зависеть от развития смежного технологического направления (технологий построения экономичных и информационно-эффективных многокомпонентных наблюдательных систем за климатическими изменениями океана и взаимодействием океана и атмосферы). Состояние последнего в России отстает и необходимо на государственном уровне решить - либо форсировано развивать оба технологических направления в комплексе, либо развивать импорт необходимого аппаратного обеспечения для океанографических измерений.

Как технологическое направление, имеющее в большей мере фундаментальное значение, основой его финансирования должны стать средства государства, направленные на фундаментальные исследования, отдельное внимание необходимо уделить развитию системы подготовки кадров. В качестве дополнительного инструмента, в данном случае может стать государственно-частное партнерство, где со стороны бизнеса могут выступить спонсоры, заинтересованные в получении прогнозов климатических состояний или экологической безопасности определенных акваторий.

Технологии моделирования геологических процессов, обеспечивающих восстановление эволюции Земли и достоверный прогноз запасов полезных ископаемых

Технологии моделирования геологических процессов сегодня имеют важнейшее фундаментальное и прикладное значение. В области фундаментальных задач, работы ведутся, прежде всего, по созданию геодинамической модели, охватывающей основные стадии эволюции Земли от ее образования в протопланетном облаке до современного состояния. Среди основных задач – развитие представлений о происхождении и ранней эволюции Земли, анализ процессов, определяющих дифференциацию недр допланетных тел и начальное термическое состояние планеты, проверка основных гипотез новой теории глобальной тектоники, включающей движения континентов.

Одна из важнейших актуальных для России задач прикладных задач - использование моделирования геологических процессов в комплексе задач по анализу запасов полезных ископаемых и состояния недр. Моделирование базируется на комплексном мониторинге геологической среды и геоэкологической оценке месторождений с применением методов дистанционного зондирования на основе спутниковой съемки совместно с данными наземно-подземных исследований.

Технологии позволяют обеспечить комплексную оценку месторождений, необходимую для их эффективной и безопасной эксплуатации, в частности, прогноз чрезвычайных ситуаций, оценку промышленной ценности месторождения, уровень его экологической и промышленной безопасности, эффективность использования недр, прогноз по экологическим последствиям в случае отработки месторождения.

Развитие международных проектов в области прокладки трубопроводов, наращивание внутренней нефте- и газо- добычи делает технологии моделирования геологических процессов не просто перспективными, но и незаменимыми уже в среднесрочной перспективе.

Повышенные требования российских нефтегазодобывающих компаний к вопросам эффективной и безопасной эксплуатации месторождений, к оценке их промышленной ценности, связано к тому же с низкой (на фоне большинства других стран-экспортеров нефти и газа) рентабельностью российских нефтяных месторождений (ключевым, например, является фактор вечной мерзлоты).

Высокая практическая востребованность технологий геомоделирования создает определенные ресурсы и для их фундаментального приложения.

По данному виду технологий Россия занимает, одно из ведущих мест (35% экспертов) в мире, после с США (62%). Прежде всего, это касается прикладного значения этих

технологий, которое они получают в связи со значительной долей добывающих отраслей в структуре экономики России.

Согласно индексу приоритетности развития данной технологии в России, технологии моделирования геологических процессов относятся к средне приоритетным технологиям рассматриваемой группы – в рейтинге приоритетности она занимает 11 место из 32 выявленных.

Данный класс технологий важен с точки зрения решения глобальных проблем человечества (57% экспертов), также с точки зрения социально-экономического эффекта (37%), который может быть получен непосредственно Россией, как одним из основных центров развития и их реализации этих технологий, и для повышения конкурентоспособности России на мировой арене (31%). Связь технологий моделирования геологических процессов с нуждами базовой отрасли российской экономики (нефте- и газо- добычей), напрямую определяет рост конкурентных позиций её на мировых рынках, обеспечивает приток валюты в страну, создает финансовую основу для наращивания стабилизационного и инвестиционного фондов, тем самым, давая государству мощный инструмент управления технологическим развитием стратегических отраслей, равно как и средством проведения национальных проектов в социальной сфере.

Согласно прогнозным оценкам экспертов появление технологий моделирования в России ожидается к 2016 году.

Меры государственной поддержки в этой технологической области должны основываться на государственно-частном партнёрстве, с вкладом средств со стороны добывающих корпораций, во-первых, как непосредственно заинтересованных заказчиков технологий, во-вторых, как хозяйственных структур имеющих одну из самых высоких в экономике страны показателей чистой прибыли. Также наряду с финансированием фундаментальных исследований, в комплекс мер должны входить также развитие человеческих ресурсов и инфраструктуры НИОКР.

Открытые стандарты обмена медицинской информацией, обеспечивающие представление профессиональных медицинских услуг в удаленном режиме

Основная цель разработки открытых стандартов обмена медицинской информацией – обеспечение возможности электронного обмена клинической, финансовой и административной информацией среди независимых компьютерных медицинских систем (стационарных информационных систем, клинических лабораторных систем, HIS и др.). Передача и адекватное считывание медицинской информации позволяет осуществлять предоставление широкого спектра медицинских услуг в удаленном режиме (диагностирование, проведение операций, контроль состояния пациента и т.д.).

При разработке стандарта должны выполняться ряд требований, среди основных: поддержка обменов между системами, выполненными в широком разнообразии технических сред (языков программирования, операционных систем, сред связи); приспособленность к необходимым специфическим узлам связи; поддержка возможности модернизации при определении новых требований. Стандарт должен быть сформирован на основе разработанных и используемых стандартных протоколов; необходимо сосредоточение на информационных системах внутри больниц, стратегическая цель - определение форматов и протоколов для компьютерных приложений в системе здравоохранения.

Один из наиболее известных стандартов Health Level 7 (HL7), представляющий собой медицинское сообщение высшего смыслового уровня, синтаксический стандарт для обмена, управления и интеграции электронной медицинской информации. Он включает определение и структуру передаваемых данных, синхронизацию обмена и связи приложений, обнаружение и обработку ошибок передачи сообщений. Стандарт адресует интерфейсы различных медицинских систем, которые посылают или получают миграционные данные о пациенте: прием/регистрация, выписка или направление (ADT данные) и различные запросы, осуществляют планирование ресурсов, заказы, фиксирование результатов, клинические наблюдения, расчеты за электроэнергию, сохранение и модифицирование информации, медицинские записи и контроль за пациентом.

В июне 1994 года Американский Национальный Институт Стандартов (ANSI) объявил HL7 ANSI аккредитованным стандартом, после чего были выпущены три его версии. За последние четыре года стандарт стали поддерживать США (более 1500 больниц), сейчас стандарт поддерживают также Великобритания, Германия, Австрия, Голландия, Австралия, Израиль, Япония, Новая Зеландия.

Мировым лидером в области разработки стандарта обмена медицинской информацией являются США (51% экспертов), 2-е и 3-е места принадлежат Евросоюзу (46%) и Японии (32%). Россия, за исключением ряда акций, до сих пор мало участвовала в этих процессах. Главный научно-исследовательский вычислительный центр Медицинского центра Управления делами Президента РФ в конце 1990-х – начале 2000-х гг. обеспечил перевод отдельных версий стандарта HL7 на русский язык и получил право на ее распространение в России.

Важность этого класса технологий особо высока (индекс приоритетности 80 из 100) – они находятся по приоритетности на первом месте в группе и на третьем месте в общем рейтинге приоритетности. Это связано с тем, что разработка стандарта обмена медицинскими данными является необходимой базой развития новых технологий в современной медицине - предоставления медицинских услуг в удаленном режиме, поддержания критических параметров здоровья в удаленном режиме и др.

Разработка данной технологии ожидается участниками исследования к 2012 г. Среди основных ожидаемых эффектов для страны – качество жизни и социально-экономический эффект.

Одним из основных способов поддержки данного рынка может стать государственная поддержка – к наиболее значимым мерам государственной политики эксперты относят сотрудничество государства, бизнеса и науки (47% экспертов), государственное финансирование фундаментальных исследований (41%), развитие человеческих ресурсов (36%) и инфраструктуры НИОКР (32%). Основа развития данного направления - сотрудничество государства, бизнеса и науки может включать связи с зарубежными организациями – разработчиками уже существующих стандартов обмена медицинской информацией (наиболее крупные из них HL7 и Американский Национальный Институт Стандартов (ANSI)).

Экспертные медицинские системы, обеспечивающие анализ медицинских данных на уровне среднего медицинского персонала

Данный класс технологий позволяет осуществлять диагностику и лечение заболеваний средним медицинским персоналом, не имеющей квалификации врача (узкого высококвалифицированного специалиста).

Недостаток квалификации восполняют диагностические модули, в основе которых лежат экспертные медицинские системы. В результате пациент может получить высококвалифицированную медицинскую помощь от среднего медицинского персонала. Данные технологии особо актуальны для России с её дисбалансом медицинского обеспечения в мегаполисах и регионах.

Аппаратной составляющей данной технологии являются приборы, способные измерять заданные параметры жизнедеятельности человека. Ключевой же составляющей технологии является специализированное программное обеспечение – экспертная медицинская система, основанная на принципах «обнаружение знаний в базах данных» (knowledge discovery in databases - KDD). Процесс KDD включает несколько этапов: накопление первичных данных, отбор, подготовка, преобразование данных, поиск закономерностей в данных, оценка, обобщение и структурирование найденных закономерностей.

Основой базы данных системы является так называемая обучающая выборка - демонстрация специалистом в прикладной области, чью квалификацию «наследует» экспертная система, образцов в виде наборов данных с привязанными к ним результирующими суждениями. Работа системы основывается на анализе аналогичных случаев (case based reasoning - CBR).

Основные аналитические инструменты экспертной системы - технологии извлечения информации из данных (data mining - DM), в основу которых положена концепция шаблонов (паттернов) и зависимостей, отражающих многоаспектные взаимоотношения в данных. Важное положение DM - нетривиальность разыскиваемых паттернов: они должны отражать неочевидные, неожиданные (unexpected) регулярности в данных, составляющие так называемые скрытые знания (hidden knowledge).

В области разработки экспертных медицинских систем Россия не входит, по мнению участников исследования, в число стран-лидеров, какими являются США (47% экспертов отнесли США к лидерам), Евросоюз (35%) и Япония (35%).

Между тем, внедрение экспертных медицинских систем является важной задачей для России с её нехваткой врачей в регионах, особенно отдаленных, где население лишено возможности оперативно получать медицинскую помощь, особенно, если речь идёт о сложных заболеваниях или проведении сложных хирургических операций. Появление экспертных медицинских систем в России эксперты прогнозируют к 2015 году.

Технология имеет высокую важность (индекс приоритетности 76 из 100) – она находится на четвертом месте по приоритетности в группе и на 6 из 32 возможных в общем рейтинге. Это связано с важным вкладом, который может быть сделан на основе этих технологий, прежде всего, в улучшение качества жизни населения. Данный класс технологий относится к технологиям со значительным социальным и экономическим эффектом. Социальный эффект проявляется в возможности развития государством социальных программ нового уровня по массовому улучшению качества жизни населения на основе расширения возможностей получения высококвалифицированной медицинской помощи независимо от района проживания и прикрепления к конкретной поликлинике.

Экономический эффект достигается за счет расширения (на основе внедрения данной технологии) спектра услуг частных клиник.

Следовательно, основным механизмом поддержки развития в данной области является сотрудничество государства, бизнеса и науки. Основным инструментом является прямое инвестирование соответствующих разработок и запуск программ повышения квалификации медицинского персонала, целью которых является обучения работе с экспертными медицинскими системами.

Устройства, обеспечивающие мониторинг и поддержание критических параметров здоровья в удаленном режиме

Технологии мониторинга и поддержания критических параметров здоровья человека в удалённом режиме основаны на развитии приборов, способных измерять заданные параметры жизнедеятельности человека (пульс, давление, температура, уровень белков, сахара в крови и т.д.), сопоставлять их с критическим, эталонным значениями, либо нормальными для данного человека с последующей передачей считанной информации в специализированный центр мониторинга (при поликлиниках или стационарах). В результате врач в режиме реального времени получает отчет о состоянии своего пациента, может связаться с ним, чтобы дать консультации, определить местонахождение больного, передать информацию о его состоянии и истории болезни в ближайшее медицинское учреждение и т.д.

Уже в ближайшем будущем в мире ожидается появление медицинских устройств, размером с почтовую марку. Наложенный на рану прибор самостоятельно проведет анализ крови, определит, какие медикаменты необходимо использовать и впрыснет их в кровь. Развитие нанотехнологий выводит данный метод на качественно иной уровень возможностей, становится возможным создание роботов-врачей, которые способны «жить» внутри человеческого организма, устраняя возникающие повреждения, или предотвращая их возникновение.

Теоретически наномедицина способна обеспечить человеку физическое бессмертие, за счет способности подобных устройств управлять процессами регенерации отмирающих клеток.

По технологиям данного класса Россия не представлена в числе мировых лидеров, к странам, занимающие ведущие позиции в этой области эксперты относят в первую очередь США (51%), затем Японию (44%) и страны Евросоюза (36%).

Как и технологии разработки экспертных медицинских систем, данный класс технологий имеет высокую важность (индекс приоритетности 76 из 100) и занимает четвертое место в группе по приоритетности и шестое в общем рейтинге. Эксперты ожидают значительный социально-экономический эффект от реализации данной устройств, прежде всего, вклад в улучшение качества жизни населения на основе предоставления высокотехнологичных медицинских услуг.

Широкое распространение устройств, обеспечивающих мониторинг и поддержание критических параметров здоровья в удаленном режиме в России эксперты ожидают в 2015 году.

Основным механизмом государственной поддержки развития данной области является сотрудничество государства, бизнеса и науки, так считают 52% экспертов, развитие человеческих ресурсов в качестве меры госполитики называют 38% участников исследования, также эксперты выделяют государственное финансирование фундаментальных исследования и развитие инфраструктуры НИОКР.

2. Тренды по технологической группе

Приоритет и социально-экономический эффект технологической группы

По приоритетности группа технологий моделирования и прикладных приложений информационных технологий занимает второе место среди других групп. Пять из девяти технологий данной группы попали в число 21 наиболее важные технологии. Одна технология (открытые стандарты обмена медицинской информацией) заняла третье место, одна (технологии мониторинга и прогнозирования особо опасных климатических явлений и геологических природных катастроф) – четвертое, и еще одна - технологии моделирования физических, химических и биологических процессов - пятое место в общем рейтинге приоритетности. Это доказывает, что, по мнению экспертов, значимость группы технологий довольно высока.

Рассматриваемая технологическая группа объединяет разнородные виды технологий, в которых можно выделить группы:

- технологии фундаментального характера, составляющие общую базу для развития научных направлений в целом (технологии моделирования физических, химических и биологических процессов - № 54);
- технологии, связанные с исследованием глобальных геоклиматических явлений и процессов (технологии №55-59);
- медицинские технологии (технологии № 60-62).

Высокое значение и приоритет имеют технологии (60-62), связанные с развитием медицины нового поколения. Внедрение этих технологий будет иметь высокую отдачу, прежде всего, в сфере повышения качества жизни.

Таблица: Позиции технологий группы в общем технологическом рейтинге

№ п/а	Технология	Индекс приоритетности	Ранг (в общем рейтинге)
60.	Открытые стандарты обмена медицинской информацией, обеспечивающие представление профессиональных медицинских услуг в удаленном режиме	80	3
57.	Технологии мониторинга и прогнозирования особо опасных климатических явлений и геологических природных катастроф на основе статистического и математического моделирования	78	4
54.	Технологии моделирования физических, химических и биологических процессов, обеспечивающие достоверное прогнозирование результатов междисциплинарных экспериментальных исследований	77	5
61.	Экспертные медицинские системы, обеспечивающие анализ медицинских данных на уровне среднего медицинского	76	6

	персонала		
62.	Устройства, обеспечивающие мониторинг и поддержание критических параметров здоровья в удаленном режиме	76	6
59.	Технологии моделирования геологических процессов, обеспечивающих восстановление эволюции Земли и достоверный прогноз запасов полезных ископаемых	71	11
56.	Технологии построения экономичных и информационно-эффективных многокомпонентных наблюдательных систем за климатическими изменениями океана и взаимодействием океана и атмосферы на основе судовых экспедиционных и попутных наблюдений	67	15
58.	Технологии высокоразрешающего численного моделирования океана и атмосферы и усвоения данных наблюдений	67	15
55.	Технологии разделения естественных и антропогенных изменений климата на основе массовой обработки наблюдений и численного моделирования климатических процессов	63	19

Развитие технологий моделирования и прикладных приложений ИТ приведет в первую очередь к решению глобальных проблем, это касается в первую очередь развития технологий связанные с исследованием глобальных геоклиматических явлений и процессов (№№ 55-59); решение глобальных проблем является именно в этой группе самым выраженным по сравнению со всеми остальными группами. Также развитие группы приведет к выраженному социально-экономическому эффекту и повышению качества жизни.

Таблица: Значимые* эффекты развития технологий данной технологической группы

№ п/а	Технология	Решение глобальн. проблем	Конкурентоспособность России	Соц-эконом. эффект	Качество жизни	Чел. капитал
54.	Технологии моделирования физических, химических и биологических процессов, обеспечивающие достоверное прогнозирование результатов междисциплинарных экспериментальных исследований	✓	✓	✓		✓
55.	Технологии разделения естественных и антропогенных изменений климата на основе массовой обработки наблюдений и численного моделирования климатических процессов	✓				
56.	Технологии построения экономичных и информационно-эффективных многокомпонентных наблюдательных систем за климатическими изменениями океана и взаимодействием океана и атмосферы на основе судовых экспедиционных и попутных наблюдений	✓		✓		
57.	Технологии мониторинга и прогнозирования особо опасных климатических явлений и геологических природных катастроф на	✓		✓		

№ п/а	Технология	Решение глобальн. проблем	Конкурентоспособность России	Соц-эконом. эффект	Качество жизни	Чел. капитал
	основе статистического и математического моделирования					
58.	Технологии высокоразрешающего численного моделирования океана и атмосферы и усвоения данных наблюдений	✓				
59.	Технологии моделирования геологических процессов, обеспечивающих восстановление эволюции Земли и достоверный прогноз запасов полезных ископаемых	✓	✓	✓		
60.	Открытые стандарты обмена медицинской информацией, обеспечивающие представление профессиональных медицинских услуг в удаленном режиме			✓	✓	
61.	Экспертные медицинские системы, обеспечивающие анализ медицинских данных на уровне среднего медицинского персонала			✓	✓	
62.	Устройства, обеспечивающие мониторинг и поддержание критических параметров здоровья в удаленном режиме			✓	✓	

* отметили более 30% ответивших

Сценарий развития

Среди стран, которые в настоящее время имеют лидерство в данной группе, отмечались, в первую очередь, Соединенные Штаты Америки, хотя в некоторых технологиях сопоставимые позиции занимает Евросоюз, Япония, а в некоторых технологиях и Россия. Евросоюз и Япония в целом также занимают сильные позиции в области технологий рассматриваемой технологической группы.

Срок реализации данной технологической группы в среднем прогнозируется 2015 годом, именно в этом году ожидается реализация подавляющего большинства технологий в группе.

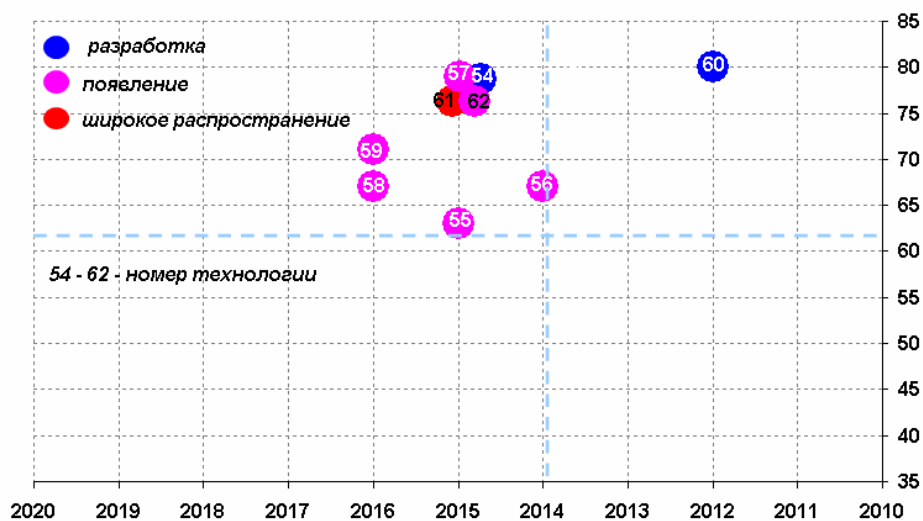
Таблица: Прогнозируемый срок реализации технологий

Год	Технологии
2012	Открытые стандарты обмена медицинской информацией, обеспечивающие представление профессиональных медицинских услуг в удаленном режиме (№60)
2014	Технологии построения экономичных и информационно-эффективных многокомпонентных наблюдательных систем за климатическими изменениями океана и взаимодействием океана и атмосферы на основе судовых экспедиционных и попутных

	наблюдений (№56)
2015	Технологии моделирования физических, химических и биологических процессов, обеспечивающие достоверное прогнозирование результатов междисциплинарных экспериментальных исследований (№54)
	Технологии разделения естественных и антропогенных изменений климата на основе массовой обработки наблюдений и численного моделирования климатических процессов (№55)
	Технологии мониторинга и прогнозирования особо опасных климатических явлений и геологических природных катастроф на основе статистического и математического моделирования (№57)
	Экспертные медицинские системы, обеспечивающие анализ медицинских данных на уровне среднего медицинского персонала (№61)
	Устройства, обеспечивающие мониторинг и поддержание критических параметров здоровья в удаленном режиме (№62)
2016	Технологии высокоразрешающего численного моделирования океана и атмосферы и усвоения данных наблюдений (№58)
	Технологии моделирования геологических процессов, обеспечивающих восстановление эволюции Земли и достоверный прогноз запасов полезных ископаемых (№59)

Согласно оценкам экспертов, большинство технологий данной группы в мире находятся на стадии появления. При этом участники исследования оценивают, что основные технологии данной группы получают широкое распространение в России в период до 2015 гг.

Диаграмма. Приоритетность и перспектива реализации технологий моделирования и прикладных приложений ИТ



Меры государственной поддержки технологий моделирования и прикладных приложений информационных технологий

С точки зрения мер государственной поддержки большинство технологий группы ориентированы на механизмы государственно-частного партнёрства, причем в технологиях с большим фундаментальным уклоном акцент должен быть сделан на государственном финансировании, а для технологий, имеющих приложение в бизнес-сфере, - на спонсорстве заинтересованных частных корпораций.

Развитие группы технологий не должно и не может быть ограничено лишь дотационной стороной вопроса. Для получения значимого социально-экономического эффекта,

необходима комплексная политика поддержки технологического развития, включающая, наряду с увеличением инвестиций, также развитие инфраструктуры НИОКР, системы подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров.

Таблица: Необходимые меры государственной поддержки*

№ п/а	Технология	Госфинанс. фонд. исслед.	Развитие чел. ресурсов	Развитие инфр. НИОКР	Межгос.. программы	Сотрудничество гос, бизнеса и науки
54.	Технологии моделирования физических, химических и биологических процессов, обеспечивающие достоверное прогнозирование результатов междисциплинарных экспериментальных исследований	✓	✓	✓		✓
55.	Технологии разделения естественных и антропогенных изменений климата на основе массовой обработки наблюдений и численного моделирования климатических процессов	✓	✓	✓		
56.	Технологии построения экономичных и информационно-эффективных многокомпонентных наблюдательных систем за климатическими изменениями океана и взаимодействием океана и атмосферы на основе судовых экспедиционных и попутных наблюдений	✓	✓	✓		✓
57.	Технологии мониторинга и прогнозирования особо опасных климатических явлений и геологических природных катастроф на основе статистического и математического моделирования	✓	✓	✓	✓	✓
58.	Технологии высокоразрешающего численного моделирования океана и атмосферы и усвоения данных наблюдений	✓	✓			✓
59.	Технологии моделирования геологических процессов, обеспечивающих восстановление эволюции Земли и достоверный прогноз запасов полезных ископаемых	✓	✓	✓		✓
60.	Открытые стандарты обмена медицинской информацией, обеспечивающие представление профессиональных медицинских услуг в удаленном режиме	✓	✓	✓		✓
61.	Экспертные медицинские системы, обеспечивающие анализ медицинских данных на уровне среднего медицинского персонала	✓	✓			✓
62.	Устройства, обеспечивающие мониторинг и поддержание критических параметров здоровья в удаленном режиме	✓	✓	✓		✓

* отметили более 30% ответивших

3. SWOT анализ

Проведенное исследование позволяет выявить основные характеристики данной технологической группы, связанные с ее позитивными и негативными сторонами, как с позиций данного сегмента, так и с позиций ее окружения (SWOT-анализ).

Сильные стороны (позитивные внутриотраслевые факторы)

К сильным сторонам данной технологической группы можно отнести рост доходов государства и сырьевых монополий от продажи нефти и газа, усиливающее их инвестиционный потенциал и высокий административный ресурс государства, позволяющий осуществлять централизованное управление технологическим развитием, сохранившийся технологический задел в ряде областей.

Слабые стороны (негативные внутриотраслевые факторы)

Основными негативными факторами являются - дефицит человеческого капитала; старение научно-технического задела по большинству технологических направлений, разрыв в связке «инновации – производство», низкая нацеленность НИОКР на реальные бизнес-проекты, отсутствие инвестиций в технологическое развитие со стороны российских сырьевых монополий, их невысокий уровень участия в высокотехнологичных предприятиях. Также невысокое качество жизни в России, слабая развитость инновационной инфраструктуры, приводит к оттоку человеческого капитала за рубеж.

Угрозы (негативные факторы, связанные с внешним окружением отрасли)

К угрозам относятся сильные позиции США, Японии и Западной Европы на мировом рынке высоких технологий, более высокие темпы технологического развития стран-лидеров, высокий уровень коммерциализации результатов зарубежных НИОКР, а также слабое участие России в международном разделении труда, отсутствие полноценной интеграции в систему высокотехнологичных ТНК.

Возможности (позитивные факторы, связанные с внешним окружением отрасли)

Позитивными факторами, связанными с внешним окружением отрасли являются:

- Возможности участия российских бизнес-групп в мировых высокотехнологичных предприятиях (покупка акций ведущих компаний).
- Глобальная направленность значительного числа технологий, что позволяет активно встраиваться в международные программы, проекты и предприятия

4. Основные выводы по группе технологий

Технологии данной группы имеют высокие или средние индексы важности (от 63 до 80 баллов из 100 возможных), 5 из 9 технологий входит в число 21 самых приоритетных, это определяет второе место группы по приоритетности среди 8 групп.

В настоящее время лидирующие позиции по всей технологической группе занимают США. На втором месте находится Япония и, соответственно, на третьем - страны Евросоюза. Россия занимает сильные позиции на мировой арене по ряду технологий, связанных с моделированием физических, химических и биологических процессов, океана и атмосферы, геологических процессов, а также в технологиях мониторинга и прогнозирования опасных климатических явлений.

Основным эффектом от внедрения данных технологий является решение глобальных проблем, Кроме этого, данные технологии могут существенно повлиять на улучшение социально-экономической инфраструктуры и также улучшение качества жизни. Согласно мнению экспертов, большинство технологий группы не приведет к росту конкурентоспособности России на мировом рынке. Исключение составляют технологии моделирования физических, химических и биологических процессов, технологии моделирования геологических процессов, позволяющих повышать эффективность разработки месторождений полезных ископаемых.

К наиболее необходимым мерам со стороны государства относится финансирование фундаментальных исследований. Однако развитие технологий не может быть ограничено лишь дотационной стороной вопроса. Для получения значимого социально-экономического эффекта, необходима комплексная политика поддержки технологического развития, включающая также развитие инфраструктуры НИОКР, системы подготовки, повышения квалификации и переподготовки кадров и успешное взаимодействия бизнеса, государства и науки.

В соответствии с рангом приоритетности, к наиболее приоритетным направлениям в группе относятся:

Разработка открытых стандартов обмена медицинской информацией, обеспечивающие представление профессиональных медицинских услуг в удаленном режиме (№60) – данная технология находится на первом месте по приоритетности внутри группы, занимая также высокий ранг в общем рейтинге – ей принадлежит 3 место из 32 возможных.

Широкое распространение технологии мониторинга и прогнозирования особо опасных климатических явлений и геологических природных катастроф на основе статистического и математического моделирования (№57) находится на втором месте по приоритетности в группе и на 4 из 32 в общем рейтинге.

Третье место по приоритетности в группе занимает направление разработки технологий моделирования физических, химических и биологических процессов, обеспечивающие достоверное прогнозирование результатов междисциплинарных экспериментальных исследований (№54). В общем рейтинге приоритетности это направление занимает 5 место, тем самым, входя в число 21 наиболее приоритетных технологий.

Группа 7. Технологии моделирования и прикладные приложения информационных технологий. Основные показатели

№	№		Индекс осведомленности (только по осведомленным)	Индекс важности	Ранг по приоритету	Ожидаемый эффект (более 30% ответов)	Меры государственной политики (более 30% ответов)	Перспектива реализации (среднее)	Ведущие страны (30% и более ответов)
пп	па				место	эффекты	меры	год	страны
1	54.	Разработка технологий моделирования физических, химических и биологических процессов, обеспечивающих достоверное прогнозирование результатов междисциплинарных экспериментальных исследований	53	77	5	Решение глобальных проблем - 47% Конкурентоспособность России - 38% Социально-экономический эффект - 37% Человеческий капитал - 35%	Госфинансирование фундаментальных исследований - 48% Развитие человеческих ресурсов - 45% Развитие инфраструктуры НИОКР - 37% Сотрудничество государства, бизнеса и науки - 35%	2015	США - 49% Евросоюз - 42% Россия - 37% Япония - 32%
2	55.	Появление технологии разделения естественных и антропогенных изменений климата на основе массовой обработки наблюдений и численного моделирования климатических процессов	40	63	19	Решение глобальных проблем - 49%	Госфинансирование фундаментальных исследований - 56% Развитие человеческих ресурсов - 40% Развитие инфраструктуры НИОКР - 39%	2015	США - 49%
3	56.	Появление технологии построения экономичных и информационно-эффективных многокомпонентных наблюдательных систем за климатическими изменениями океана и взаимодействием океана и атмосферы на основе судовых экспедиционных и попутных наблюдений	40	67	15	Решение глобальных проблем - 58% Социально-экономический эффект - 33%	Госфинансирование фундаментальных исследований - 56% Развитие человеческих ресурсов - 41% Развитие инфраструктуры НИОКР - 37% Сотрудничество государства, бизнеса и науки - 32%	2014	США - 56% Япония - 44%
4	57.	Широкое распространение технологии мониторинга и прогнозирования особо опасных климатических явлений (экстремальные осадки, наводнения, океанские шторма) и геологических природных катастроф (землетрясения, извержения вулканов, цунами) на основе статистического и математического моделирования	41	78	4	Решение глобальных проблем - 63% Социально-экономический эффект - 35%	Госфинансирование фундаментальных исследований - 56% Развитие человеческих ресурсов - 40% Межгосударственные программы - 35% Сотрудничество государства, бизнеса и науки - 32% Развитие инфраструктуры НИОКР - 32%	2015	США - 55% Япония - 42% Россия - 36%
5	58.	Появление технологии высокоразрешающего численного моделирования океана и атмосферы и усвоения данных наблюдений	42	67	15	Решение глобальных проблем - 57%	Госфинансирование фундаментальных исследований - 56% Развитие человеческих ресурсов - 47% Сотрудничество государства, бизнеса и науки - 33%	2016	США - 57% Россия - 32%
6	59.	Появление технологии моделирования геологических процессов, обеспечивающих восстановление эволюции Земли и достоверный прогноз запасов полезных ископаемых	38	71	11	Решение глобальных проблем - 57% Социально-экономический эффект - 37% Конкурентоспособность России - 31%	Госфинансирование фундаментальных исследований - 55% Развитие человеческих ресурсов - 43% Сотрудничество государства, бизнеса и науки - 38% Развитие инфраструктуры НИОКР - 31%	2016	США - 62% Россия - 35%
7	60.	Разработка открытых стандартов обмена медицинской информацией, обеспечивающих представление профессиональных медицинских услуг в удаленном режиме	46	80	3	Качество жизни - 56% Социально-экономический эффект - 44%	Сотрудничество государства, бизнеса и науки - 47% Госфинансирование фундаментальных исследований - 41% Развитие человеческих ресурсов - 36% Развитие инфраструктуры НИОКР - 32%	2012	США - 51% Евросоюз - 46% Япония - 32%
8	61.	Появление экспертных медицинских систем, обеспечивающих анализ медицинских данных на уровне среднего медицинского персонала	46	76	6	Качество жизни - 55% Социально-экономический эффект - 34%	Сотрудничество государства, бизнеса и науки - 45% Развитие человеческих ресурсов - 43% Госфинансирование фундаментальных исследований - 40%	2015	США - 47% Евросоюз - 35% Япония - 35%
9	62.	Широкое распространение устройств, обеспечивающих мониторинг и поддержание критических параметров здоровья в удаленном режиме	44	76	6	Качество жизни - 55% Социально-экономический эффект - 41%	Сотрудничество государства, бизнеса и науки - 52% Развитие человеческих ресурсов - 38% Госфинансирование фундаментальных исследований - 36% Развитие инфраструктуры НИОКР - 32%	2015	США - 51% Япония - 44% Евросоюз - 36%
		Итого по группе	44	73	2	Решение глобальных проблем - 43% Социально-экономический эффект - 35% Качество жизни - 31%	Госфинансирование фундаментальных исследований - 49% Развитие человеческих ресурсов - 41% Сотрудничество государства, бизнеса и науки - 38% Развитие инфраструктуры НИОКР - 33%	2015	США - 53% Япония - 34% Евросоюз - 33%

Группа 7. Технологии моделирования и прикладные приложения информационных технологий. Сводная таблица SWOT анализа

	Позитивные факторы	Негативные факторы
Внутренние отраслевые факторы	Сильные стороны (S)	Слабые стороны (W)
	<ul style="list-style-type: none"> • Рост доходов государства и сырьевых монополий от продажи нефти и газа, рост инвестиционного потенциала • Высокий административный ресурс государства, позволяющий осуществлять управление технологическим развитием • Сохранившийся высокий технологический задел в ряде областей, сосредоточенной в узкой группе предприятий ОПК. 	<ul style="list-style-type: none"> • Дефицит человеческого капитала, отток человеческого капитала за рубеж • Старение научно-технического задела по большинству технологических направлений, • Разрыв в связке «инновации – производство», низкая нацеленность значительного числа НИОКР на бизнес-проекты, • Отсутствие инвестиций в технологического развитие со стороны российских сырьевых монополий; их невысокий уровень участия в высокотехнологичных предприятия, • Невысокое качество жизни в России, слабая развитость инновационной инфраструктуры
Внешние для отрасли факторы (внутри-страновые / глобальные)	Возможности (O)	Угрозы (T)
	<ul style="list-style-type: none"> • Возможности участия российских бизнес-групп в мировых высокотехнологичных предприятиях (покупка акций ведущих компаний). • Глобальная направленность технологий, что позволяет активно встраиваться в международные программы и проекты 	<ul style="list-style-type: none"> • Сильные позиции США, Японии и Западной Европы на мировом рынке высоких технологий, • Более высокие темпы технологического развития стран-лидеров, высокий уровень коммерциализации результатов зарубежных НИОКР, • Недостаточное участие России в международном разделении труда, отсутствие полноценной интеграции в систему высокотехнологичных ТНК.