

А.В. САРТОРИ,

к.ф.-м.н., советник АО «Наука и инновации», г. Москва, Россия, sartoriandrey@gmail.com

А.Р. ГАРЕЕВ,

директор Центра управления технологическим развитием НТИ АО «РВК», г. Москва, Россия, Gareev.AR@rvc.ru

Н.А. ИЛЬИНА,

к.т.н., директор по управлению научно-техническими программами и проектами – директор Департамента научно-технических программ и проектов Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом», NAllyina@rosatom.ru

Н.М. МАНЦЕВИЧ,

д.т.н., руководитель направления АО «Наука и инновации», г. Москва, Россия, nmman1@rambler.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДХОДА УРОВНЕЙ ГОТОВНОСТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНЫХ ПРЕДМЕТНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ В БЕРЕЖЛИВОМ НИОКР

УДК 338.28

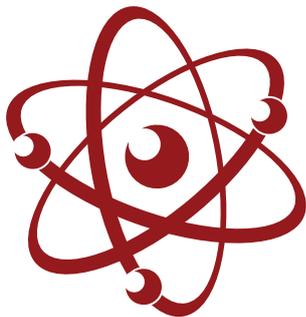
Сартори А.В., Гареев А.Р., Ильина Н.А., Манцевич Н.М. *Применение подхода уровней готовности для различных предметных направлений в бережливом НИОКР* (АО «Наука и инновации», Старомонетный переулок, д. 26, г. Москва, Россия, 119180; Российская венчурная компания, ул. Нобеля, д. 1, г. Москва, Россия, 121205; Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», ул. Большая Ордынка, д. 24, г. Москва, Россия, 119017)

Аннотация. Предложено дальнейшее развитие методологии TPRL как инструмента коммерциализации инноваций. Представлены формулировки метрик уровней готовности для бережливого НИОКР. Показана целесообразность декомпозиции описания уровней готовности на предметный и проектный уровни для различных технологических/предметных направлений, а также для сложных систем. Предложены формулировки начальных уровней шкалы научной готовности SciRL для использования в исследованиях по получению новых знаний.

Ключевые слова: инновационный проект, бережливый НИОКР, коммерциализация, уровни готовности TPRL/ПИНГ, научная готовность SciRL, оценка уровня готовности проекта ОУГП/TRA.

DOI 10.22394/2410-132X-2020-6-1-2-118-134

Цитирование публикации: Сартори А.В., Гареев А.Р., Ильина Н.А., Манцевич Н.М. (2020) Применение подхода уровней готовности для различных предметных направлений в бережливом НИОКР // Экономика науки. Т. 6. № 1–2. С. 118–134.



© А.В. Сартори, А.Р. Гареев,
Н.А. Ильина, Н.М. Манцевич,
2020 г.

*Бесмысленно продолжать делать
то же самое и ждать других результатов
А. Эйнштейн*

КОММЕРЦИАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК – ТРЕНД РАЗВИТИЯ

Значимым трендом последних лет формирования научных программ и проектов в стране, определяющим экономическое развитие общества в рыночных условиях и вхождение в первую пятерку мировых экономик, является требование коммерциализации результатов исследований и разработок научных организаций, вузов, компаний и корпораций. Запрос на эффективные

инструменты коммерциализации результатов научных разработок содержится в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации. Целевые показатели Национального проекта «Наука» предусматривают опережающий темп роста внутренних затрат на исследования и разработки за счет всех источников к темпу роста валового внутреннего продукта.

Конкуренция на современных рынках предполагает использование передовых технологических решений в производстве, ориентированных в том числе на новые глобальные рынки. Процесс коммерциализации результатов исследований и разработок (далее НИОКР) в рамках механизмов государственной поддержки научно-исследовательской деятельности как правило связывают напрямую с промышленными партнерами, не рассматривая потенциал открытого рынка. Такой подход сужает перспективы коммерциализации, ограничивает возможности получения финансового результата, превосходящего необходимые затраты на весь жизненный цикл продукта, в том числе его разработку, производство, сервисное обслуживание.

Вопрос выстраивания взаимодействия между научными организациями, вузами, коммерческими компаниями и потребителями является одним из важнейших, дискуссия по путям решения которого ведется в обществе постоянно на протяжении многих лет. Как организовать экономически эффективную кооперацию между учеными, предпринимателями, индустрией и финансовыми институтами (в том числе венчурными фондами)? Ответ на этот вопрос зависит от многих факторов, некоторые существенные из которых обсуждаются в данной статье.

Ограничение доли государственного финансирования на исследования и разработки отмечается как тенденция экономик ряда развитых стран, для преодоления которой требуются контрмеры, пока сложно решаемые в рамках устоявшихся административных шаблонов управления. Современная российская практика выделения государственных субсидий на выполнение НИОКР предполагает в большинстве случаев наличие софинансирования индустриальных партнеров, что по идее должно поддерживать интерес к внедрению разработок

и коммерциализации их результатов, и соответствующую этому этапу инвестиционную активность. Однако на практике мотивация индустриальных партнеров оказывается недостаточной для их активного вовлечения в процесс инноваций. Нетехнологические риски, присущие по природе разработке любого инновационного продукта, не определены как по величине, так и по составу, непонятны менеджерам из индустрии, особенно на ранних уровнях готовности TRL2–5. Как при строительстве Вавилонской башни, участники процесса коммерциализации часто разговаривают на разных языках.

Можно назвать следующие вызовы развития научно-производственной кооперации:

- несоответствие гибкости системы принятия решений по определению ключевых направлений научно-исследовательской деятельности динамике технологического развития в приоритетных областях;

- высокие транзакционные издержки взаимодействия организаций реального сектора экономики с вузами и научными организациями, связанные, в том числе, с недостаточным уровнем проработанности соответствующих бизнес-процессов, а также с административными издержками использования результатов интеллектуальной деятельности, в том числе, созданных за счет бюджетных средств;

- отсутствие проработанных бизнес-моделей деятельности вузов и научных организаций, охватывающих несколько уровней технологической готовности разработок и позволяющих систематизировать научно-исследовательскую деятельность в формате управления портфелем проектов.

Сам термин «коммерциализация» как по целям, так и по месту в бизнес-процессе трактуется участниками процесса по-разному. Следствием является сниженная мотивация и устойчивое нежелание разработчиков брать на себя ответственность за создание инновационных продуктов, рассматривая коммерциализацию как задачу коммерческих подразделений (в случае внутренних разработок) или коммерческих компаний.

Существующая в стране практика реализации инноваций по отношению к первоначальным идеям, как ранее отмечалось в [1],

показывает результативность на уровне начальных процентов. При этом статистика по IT-стартапам демонстрирует вероятность коммерциализации на порядок выше, чем для hardware-стартапов. Такая статистика подтверждается практикой работы промышленных акселераторов, например приводимых далее.

На *рисунке 1* приводятся подтверждающие общую статистику данные АО «Кировский завод», на базе которого успешно работает акселератор технологических проектов российских предприятий. Данные представлены на отраслевой конференции «Управление инновациями Росатома» в октябре 2019 г. [2]. Выход успешных пилотных проектов составляет 6 из 150 идей, попадающих в воронку интересов этого акселератора.

Аналогичную актуальную статистику приводит PwC Russia Accelerator по Программе ускоренного роста для стартапов с глобальными амбициями (в основном по IT-тематике): по результатам первого набора из 250 заявок – 14 выпускников и только 3 завершенных пилота [3].

Почему так происходит? Почему доля разработок, которые приводят к появлению коммерциализуемых инновационных продуктов, столь невелика?

Исходя из нашей практики, при традиционном подходе к управлению НИОКР могут быть отмечены следующие основные причины:

- a. низкая осведомленность о запросах рынка и присутствии конкурентных решений;
- b. переоценка готовности результатов к коммерциализации/недооценка рисков проекта;
- c. отсутствие ясных количественных критериев достигнутых результатов;
- d. неэффективное планирование: постановка нереальных целей, неверная оценка необходимых ресурсов;
- e. отсутствие стратегии обращения с IP;
- f. разная терминология разработчиков и потребителей: нет понимания уровня готовности разработки к внедрению;
- g. отсутствие критериев необходимых компетенций проектной группы и часто понимания самих компетенций для достижения результатов в режиме «бережливый НИОКР».

В целом существенная часть проблемы заключается в том, что разработчики часто слабо представляют себе какие проблемы потенциальных потребителей разработки они решают, и какие ключевые преимущества имеет разработка по сравнению с уже существующими на



* Примечание: рисунок цитируется по презентации О. Бочарева на отраслевой конференции «Управление инновациями Росатома» 17 октября 2019 г. [2]

Рисунок 1. Воронка промышленного акселератора АО «Кировский завод»

рынке решениями, а часто даже и не задумываются о внедрении результатов, ограничиваясь содержанием научно-технического описания результата в форме традиционного отчета.

Эффективным средством преодоления негатива явилось создание концепции оценки потенциала коммерциализации результатов НИОКР в научных организациях и вузах, конкретизация состава работ с оценкой рисков и бизнес-процесса коммерциализации результатов исследований [1]. Этой работе предшествовало создание единой метрики измерения рисков TPRL/ПИНГ [4] (Technology Project Readiness Level, что в русском переводе можно представить термином «Параметры инновационной готовности», далее сокращенно – ПИНГ). Если сегодня в практике российских ученых критерий технологической готовности результата TRL начинает использоваться все с большей уверенностью, то применение полного спектра параметров TPRL/ПИНГ находится только в начале пути.

Важнейшим фактором успеха проекта является наличие компетенций команды технологического проекта по всему спектру параметров TPRL/ПИНГ [4–5], достаточных для достижения очередного уровня готовности. Наличие компетенций по производственной MRL, рыночной CRL, организационной ORL готовности, конкурентным преимуществам и нетехнологическим рискам BRL, а также инженерной готовности ERL может быть сформировано заранее, если развитие проекта идет по принципам TPRL/ПИНГ. Целесообразно и возможно набирать недостающие компетенции в том числе за счет привлечения партнеров, дополняющих пул собственных компетенций команды проекта, особенно в случае междисциплинарного содержания инновационной разработки [6].

Термин «коммерциализация результатов НИОКР/инновационного проекта» в работе [1] определен следующим образом – это «разработка и систематическая реализация владельцем прав востребованного рынком продукта, выручка от производства и реализации которого существенно превышает затраты на весь жизненный цикл, включая затраты, понесенные на этапе НИОКР». Такое определение вполне совпадает с ожиданиями индустрии от внедрения инновационных продуктов, а именно

обеспечением значимого экономического эффекта от инновации. Термин «инновационный проект» определен как «совокупность процессов по коммерциализации результатов НИОКР».

Однако практика показала, что постановка задачи коммерциализации как цели инновационной разработки, требует существенной трансформации традиционного процесса управления НИОКР. С этой целью в работе [5] было предложен подход, сфокусированный на существенном повышении выхода коммерциализуемых результатов НИОКР. Этот подход получил название «бережливый НИОКР» и определен как комплекс процессов, обеспечивающий кратчайший путь к коммерциализации для выбранных проектов, включающий в общих чертах следующее:

1) Активное управление выполнением НИОКР путем поэтапной оценки рисков и ресурсов для их преодоления (формулировка ценностного предложения, гибкое детальное планирование с фокусом на результат с использованием адаптированных формализованных параметров инновационной готовности, объективный цифровой контроль на коротких промежутках времени, отбор конкурентоспособных гипотез путем анализа ценностного предложения, мотивация команды проекта, реализация стратегии интеллектуальной собственности), приводящее к получению коммерциализуемого результата при сокращении сроков и требуемых ресурсов проекта.

2) Равномерное (равнорисковое) развитие проекта по всем применимым параметрам инновационной готовности (TPRL/ПИНГ).

3) Поэтапное подтверждение востребованности результата рынком, адаптация облика продукта и технологии его производства под запросы рынка, обеспечивающая его последующее внедрение и коммерциализацию.

Реализация такого подхода соответствует концепции вектора коммерциализации НИОКР [1], позволяющей выстраивать оптимальную целевую траекторию развития инновационного проекта.

Важнейшим обстоятельством в реализации бережливого НИОКР является формальная детализация бизнес-процессов, позволяющая поэтапно в единых критериях для всех участников

инновационного процесса оценивать риски и гибко адаптировать процесс разработки продукта к запросам рынка в случае подтверждения конкурентоспособности ценностного предложения и целесообразности затрат на его коммерциализацию. Тем самым выстраивая необходимую связку результата с предпринимателями, индустрией и финансовыми институтами.

ВЕРИФИКАЦИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДХОДА «БЕРЕЖЛИВЫЙ НИОКР»

Верификация эффективности подхода «бережливый НИОКР» с применением методологии TPRL/ПИИГ проводится на представительном портфеле проектов в различных предметных областях от идеи до коммерциализации, при условии, что разработчики владеют в полной мере методикой бережливого НИОКР. С учетом этого при значении средней динамики развития проектов один уровень TRL в год (см. рисунки 3б, 4б), процесс верификации может составить более десятка лет.

Очевидно, что откладывать внедрение бережливого НИОКРа до окончания полной верификации нецелесообразно. Можно и нужно начинать верификацию с экспресс-методов определения эффективности.

С этой целью проведена первая фаза верификации с наиболее привычных и зарекомендовавших себя на практике параметров TRL и CRL. Остальные параметры (MRL, ERL, ORL, BRL) применяются для формирования технических заданий исследований и разработок, результаты по которым будут проанализированы до конца 2020 г.

Эффективность применения подхода «бережливый НИОКР» подтверждена следующими практическими результатами:

1. Применение оценки уровня готовности технологий при разработке стратегий центров Национальной технологической инициативы на базе образовательных организаций высшего образования и научных организаций, финансируемых в рамках национального проекта «Наука» (далее – Центры компетенций НТИ), позволило сформировать типовые модели коммерциализации результатов исследовательской деятельности, а также выявить ранее неучтенные

риски и барьеры развития Центров компетенций НТИ, препятствующие внедрению результатов научно-исследовательских проектов. Выявленные в ходе экспертного обсуждения в рамках разработки стратегий риски совпали с рисками, отработке которых посвящена группа параметров TPRL/ПИИГ (TRL, ORL, BRL, CRL).

2. Проведена и верифицирована на практике адаптация метрик технологической готовности к различным технологическим/предметным направлениям.

3. Проведена оценка отношения числа НИОКР, проводимых с применением подхода «бережливый НИОКР», к общему числу проектов, по которым при оценке результатов текущих этапов принято решение о продолжении финансирования. Существенно более высокий процент поддержанных заказчиками работ в первом случае свидетельствует об эффективности подхода.

РОЛЬ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ГОТОВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЙ В КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ РАЗРАБОТОК ЦЕНТРОВ КОМПЕТЕНЦИЙ НТИ

Действующим положительным примером использования подхода уровней готовности при выполнении научных проектов, ориентированных на разработку новых продуктов и научно-технических услуг, является практика Центров компетенций НТИ. Центры представляют собой инженерно-образовательные консорциумы на базе российских университетов и научных организаций, осуществляющее комплексное развитие «сквозных» технологий Национальной технологической инициативы совместно с членами консорциума на основании договора о формировании консорциума. Государственная поддержка Центров компетенций НТИ осуществляется по линии Минобрнауки России в рамках реализации Национального проекта «Наука» в форме грантового финансирования программ развития центров в течение не более пяти лет. Сопровождение и мониторинг деятельности осуществляет Российская венчурная компания – государственный институт развития, наделенный функциями проектного офиса НТИ.

Ключевыми задачами Центров компетенций НТИ являются:

- трансляция результатов фундаментальной науки в инженерные приложения;
- технологический трансфер через кооперацию с индустриальными партнерами;
- подготовка лидеров разработки новых технологий через реализацию образовательных программ.

По итогам мониторинга результатов первого года деятельности Центров компетенций НТИ была поставлена задача разработать стратегии развития, включающие, в том числе, подходы к обеспечению деятельности после окончания государственной поддержки. Опыт экспертно-методической поддержки коммерциализации разработок центров в 2019 г. (15 проектов от TRL-2 до TRL-9) показал следующее:

- коммерческие компании заинтересованы в проектах TRL6+, при этом компании готовы передавать внешним исполнителям (в том числе университетам и научным организациям) актуальные задачи, но предъявляют высокие требования к качеству администрирования проектов (как в части выполнения научно-исследовательских задач, так и в части коммерциализации);
- венчурные фонды рассматривают в качестве объекта инвестирования не только сам проект, сколько команду проекта, поэтому предъявляют требования к наличию в команде проекта носителей предпринимательских компетенций;
- при продвижении проектов на международном уровне необходимо наличие и надлежащая защита интеллектуальной собственности.

При разработке стратегий Центров компетенций НТИ, в целях обеспечения их стабильного дохода как минимум на горизонте трех лет после завершения государственной поддержки, в методических рекомендациях по разработке стратегии каждого центра было предложено описать текущий и целевой портфель проектов,

сгруппированный по уровням технологической готовности, а также определить модель коммерциализации. Были рекомендованы четыре типовые модели («исследовательский центр», «инжиниринговый центр», «центр трансфера технологий», «бизнес-инкубатор»), при этом часть центров выбрали оригинальные модели коммерциализации («методический центр», «образовательный центр», «держатель платформенного решения»).

Применение инструментария методологии TPRL/ПИНГ при разработке стратегий развития Центров компетенций НТИ позволяет обеспечить эффективное планирование исследовательской деятельности и сформировать корректную траекторию получения результата, а также оценить возможности коммерциализации, обеспечивающей существование и развитие центра после завершения этапа бюджетного субсидирования.

В стратегии развития ЦК НТИ проводится оценка результатов отдельных проектов по уровню технологической готовности, что при правильном планировании позволяет сформировать корректную траекторию получения результата и оценить возможности коммерциализации, обеспечивающей существование и развитие центра после прекращения бюджетного субсидирования. Однако при этом необходимо учитывать, что общие (верхнего уровня) формулировки параметра TRL не смогут эффективно применяться для различных продуктов и технологий. Требуется не только адаптация формулировок уровней готовности к технологическим/предметным направлениям, в рамках которых создаются инновационные продукты, но и детальное описание шагов, определяющих ход разработки и подтверждающих достижение конкретного уровня, что является существенным инструментом администрирования хода реализации проекта. При этом уже сегодня можно с уверенностью отметить, что использование на практике только единственного параметра TRL является точно недостаточным, поскольку требуется сбалансированное управление развитием проекта и его рисками в целом в рамках концепции вектора коммерциализации НИОКР [1, 4].

РАЗВИТИЕ ПОДХОДА TRL/ПИНГ В ПРАКТИКЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК

Что дает наличие цифровой линейки уровней готовности для оценки этапов развития инновационного проекта, создания нового продукта и вывода его на рынок? В первую очередь понимание слабых участков, выгод и рисков разработки, на которых нужно сосредоточиться, а также требуемых компетенций команды проекта.

Ранее в [1] мы уже определили общие верхнего уровня формулировки уровней готовности для двух параметров TRL и CRL применительно к результатам исследований и разработок (НИОКР). Эти определения явились существенным развитием формулировок уровней готовности параметров, предложенных в упрощенном виде в определившей основные положения концепции TRL/ПИНГ работе [4].

Практика авторов в применении методологии TRL/ПИНГ для оценки уровней готовности инновационных проектов показывает смысловое структурирование шести параметров по следующим блокам.

Блок технологических параметров

– включает метрики готовности, в том числе шаги в пределах уровней готовности:

- технологической TRL,
- производственной MRL (готовность производства и себестоимость),
- инженерной ERL (интеграция в финальный продукт/систему).

Блок вопросов, включенных в параметр организационной готовности ORL

– включает метрику готовности ORL, в том числе обоснование возможности команды разработчиков довести решение до коммерциализации; разработку модели организации бизнеса, наличие/приобретение необходимых и достаточных компетенций, организацию процесса финансирования, мотивацию, формирование компании, состав и заключение соглашений между учредителями, выбор формы управления компанией; стратегическое планирование и оперативное управление проектом, ресурсы, инфраструктуру, бюджеты.

Блок вопросов, включенных в параметр преимуществ, рисков и интеллектуальной собственности BRL

– включает метрику готовности BRL, в том числе пошаговую формулировку критических преимуществ, идентификацию рисков (переоценка критических преимуществ, технологических, производственных, интеграционных, конкурентных, нормативных, правовых, экологических, организационных, экономических, рисков отсутствия и/или утраты компетенций команды) и реализацию компенсирующих мероприятий, разработку стратегии защиты интеллектуальной собственности и ее пошаговую реализацию.

Блок вопросов, включенных в параметр рыночной готовности CRL

– включает метрику готовности CRL, в том числе формирование ценностного предложения на основе сопоставления конкурентных и эквивалентных технологий с критическими преимуществами, численные характеристики эффективности решения нерешенных задач потребителя, мониторинг активности конкурентов, пошаговую идентификацию потребительских секторов и их объема, обоснование финансирования, оценку границы/корректировку себестоимости производства продукта на разных стадиях TRL, выстраивание каналов коммуникации с потенциальными пользователями, партнёрами, инвесторами; ценообразование и ценовая политика, выбор каналов продвижения и продаж; эволюция каналов взаимодействия с потребителями/рынком, дальнейшая поддержка продукта по жизненному циклу.

Изложенный выше подход в значительной степени оспаривает часто звучащий тезис об отсутствии методики системного рассмотрения жизненного цикла и выведения разработки технически сложного продукта на рынок. Такая методика не только существует, но и уже активно используется на практике.

Направление детализации метрик готовности, изложенное как идея в [4], трансформируется в декомпозицию описания верхних уровней на шаги – результаты реальных действий, из которых состоит процесс разработки продукта или инновационного проекта с учетом специфики его создания и вывода на рынок. При этом необходима адаптация описания уровней



Рисунок 2. Декомпозиция описания уровней готовности

готовности для технологических/предметных направлений конкретной отрасли при сохранении формулировок параметров верхнего уровня (рисунок 2).

Определения уровней готовности параметров MRL, ORL и BRL, сформулированные на основе практики авторов, приведены ниже. Тем самым мы фактически дополняем описание верхнего уровня всех параметров TPRL/ПИНГ, начатое в [1] для TRL и CRL, которое при практическом использовании подтвердило актуальность и применимость для российской практики. Описание параметра инженерной готовности ERL, тесно связанного с параметром интеграции IRL, в статье не приводится, поскольку является предметом самостоятельного обсуждения.

Метрика параметра MRL

MRL1 Сделаны выводы относительно основных производственных потребностей.

MRL2 Определена концепция производства.

MRL3 Подтверждена производственная концепция.

MRL4 Достигнута возможность изготовления технических средств в лабораторных условиях.

MRL5 Достигнута возможность изготовления прототипов компонентов систем в соответствующих производственных условиях.

MRL6 Достигнута возможность изготовления прототипов систем и подсистем при наличии готовых элементов основного производства.

MRL7 Достигнута возможность изготовления систем, подсистем или их компонентов в условиях, близких к реальным, завершены конструкторские расчеты.

MRL8 Испытана пилотная производственная линия, достигнута готовность к началу мелкосерийного производства.

MRL9 Успешно продемонстрирована возможность мелкосерийного производства, подготовлена база для полномасштабного производства.

MRL10 Налажено полномасштабное производство (в том числе, с участием субподрядчиков в случае необходимости).

Метрика параметра ORL

ORL1 Определена необходимость и достаточность ресурсов и компетенций для начала проекта, подготовлен план верхнего уровня до TRL3, включая бюджет, принято решение о старте проекта.

ORL2 Определен бизнес-процесс разработки (участники/роли), определены партнеры, зафиксированы договоренности, включая принцип распределения доходов от коммерциализации интеллектуальной собственности (далее – ИС), команда укомплектована до TRL4.

ORL3 Валидировано текущее ценностное предложение, определены каналы получения обратной связи от потенциальных пользователей, налажено планирование и оперативное управление, определены базовые условия сотрудничества с партнерами.

ORL4 Согласованы базовые условия сотрудничества с партнерами, уточнен финансовый план и план разработки, подтверждено финансирование до уровня TRL6, команда укомплектована для уровня TRL6.

ORL5 Выбраны поставщики, подготовлены ТЭО, планы и бюджеты до уровня TRL9.

ORL6 Подготовлен план вывода продукта на производство. Заключены все необходимые соглашения по созданию опытного производства и пробных поставок Продукта конечным заказчиком. Команда доукомплектована для начала коммерциализации.

ORL7 Налажена система контроля качества производства. Разработаны регламенты служб продаж и поддержки конечных клиентов.

ORL8 Организовано промышленное производство на уровне MRL8–9, система продаж, сервиса.

ORL9 Организовано промышленное производство на уровне MRL10, система продаж, сервиса.

Метрика параметра BRL

BRL1 Проведена первоначальная оценка преимуществ и рисков.

BRL2 Проведен предварительный патентный анализ, анализ рисков, влияющих на успешное завершение проекта.

BRL3 Разработаны проекты и предложения по стратегии защиты ИС, плану снижения рисков.

BRL4 Разработана стратегия защиты ИС, поданы заявки, проведен анализ принятых мер по снижению рисков.

BRL5 Зафиксирована стратегия защиты ИС, план снижения рисков.

BRL6 Сформулированы критические преимущества, поданы заявки на патенты РСТ, технические риски сняты.

BRL7 Подписаны лицензионные договоры. Обеспечена защита от претензий третьих сторон.

BRL8 Подписаны соглашения с партнерами.

BRL9 Мониторинг конкурентов, развитие продукта.

Приведем также несколько конкретных примеров декомпозиции на шаги для различных предметных направлений в соответствии с подходом, представленным на *рисунке 2*. Возможно ниже представленные примеры могут показаться читателю чрезмерными для формата статьи, но они принципиально важны для понимания предлагаемого подхода и демонстрации его возможностей.

Метрика TRL для предметного направления «Приборы, установки, технологии, технологические системы»

Уровень TRL3. Изготовлен макет и продемонстрированы его ключевые характеристики.

Шаги уровня

T3.1. Эскизная конструкторская документация на макет.

T3.2. Изготовлен макет, подготовлена программа и методика испытания макета.

T3.3. Продемонстрированы ключевые характеристики макета.

T3.4. Анализ результатов испытаний макета.

T3.5. Отчет о патентных исследованиях, публикации.

T3.6. Отчет о научно-исследовательской работе (НИР).

T3.7. Презентация в формате инновационного проекта.

Метрика TRL для предметного направления «Новые материалы»

Уровень TRL 3. Изготовлен макет и продемонстрированы его ключевые характеристики.

Шаги уровня

T3.1. Образцы материалов-кандидатов изготовлены на лабораторном оборудовании с учетом особенностей и ограничений технологии массового производства.

T3.2. Образцы протестированы по стандартной методике, на эксперименте подтверждены прогнозные данные по основным характеристикам (механические характеристики, технологичность, пр.).

T3.3. По результатам выбраны материалы для продолжения работ на уровне TRL4.

Как видим из приведенных примеров, для разных продуктов описание шагов и условия достижения одинакового уровня одного и того же параметра технологической готовности существенно отличаются при сохранении существа метрики для TRL3. Далее приведем примеры описания того же третьего уровня готовности для параметров MRL, CRL и BRL в части детализации шагов и условий достижения.

Метрика MRL «Производственная готовность»

Уровень MRL3. Подтверждена производственная концепция.

Шаги уровня

М3.1. Технологии доведены до уровня не ниже уровня TRL3.

М3.2. Проведена проверка производственных концепций с помощью аналитических, расчетных или лабораторных экспериментов.

М3.3. Материалы и процессы предварительно охарактеризованы с точки зрения технологичности и доступности (требуется уточненная характеристика на следующих уровнях готовности).

М3.4. Макеты продукта разработаны и изготовлены в лабораторных условиях на доступном оборудовании (макеты могут обладать ограниченными функциональными возможностями и не быть интегрированными в единой конструкции).

М3.5. Идентифицированы критические производственные переделы/процессы.

М3.6. Определены потенциальные источники материалов и компонентов с учетом логистики.

М3.7. Разработана предварительная модель стоимости для критических процессов.

Метрика CRL «Рыночная готовность»

Уровень CRL3. Проведены конкурентный анализ, анализ поставщиков, уточнены характеристики продукта, способы монетизации (анализ рынка опирается на собственные «полевые» исследования и включает прогнозирование будущих потребностей).

Шаги уровня

К3.1. Проведены конкурентный анализ по прямым аналогам и эквивалентным продуктам, анализ поставщиков компонентов/материалов, уточнены ключевые характеристики продукта, сформирована гипотеза о способах монетизации.

К3.2. На основе достигнутого уровня TRL3 по ключевым характеристикам уточнен анализ и проведен выбор наиболее привлекательных для потенциальных заказчиков технико-экономических параметров. При этом отдельно могут быть рассмотрены разные варианты продукта.

К3.3. Сформулированы количественные экономические преимущества для потребителя.

К3.4. Проведены мероприятия по отработке отзывов ограниченного числа потребителей (customer development).

К3.5. Уточнена ниша продукта и доля рынка по сегментам, включая глобальный рынок. Оценен доступный объем рынка SAM (Serviceable Available Market) – клиентский сегмент или объем рынка, в рамках которого потребитель готов купить продукты или услуги такие же, как разрабатываемый продукт.

К3.6. Проведено сопоставление выбранных для маркетинга вариантов продукта с параметрами предложений основных конкурентов, выявлены конкурентные преимущества и недостатки. Определены способы смягчения или устранения выявленных конкурентных недостатков.

К3.7. Сформулированы цели разработки/доработки продукта. Определены направления исследований и разработок по техническому развитию и совершенствованию продукта.

К3.8. Проведена проверка патентной чистоты выбранного оптимального варианта продукта, по результатам которой установлено, что риск нарушения прав правообладателей минимален и приемлем, либо проработаны механизмы снижения этого риска до приемлемого значения (приобретение лицензий, вступление в альянсы с правообладателями и т.д.). Разработана стратегия защиты прав на интеллектуальную собственность.

К3.9. Оценена численно совокупная стоимость владения продуктом.

К3.10. Проработана концептуальная бизнес-модель поддержки жизненного цикла продукта, в том числе производство, продвижение, продажи, послепродажный сервис, утилизация.

К3.11. Определены компании/организации, не заинтересованные на данный момент в продукте, сформулированы и проанализированы причины отсутствия интереса, проработаны способы дополнительной мотивации. При необходимости скорректирована программа разработки продукта.

К3.12. Доказательная база подтверждения концепции продукта (TRL3) позволяет принять на себя риски, включая репутационные, перехода на уровне CRL4 к переговорам

с потенциальными заказчиками по технико-экономическим характеристикам и ключевым коммерческим условиям возможной поставки продукта (как минимум, индикаторы ключевых характеристик, сроки готовности, объёмы, ограничения по цене).

К3.13. Оптимальность выбранных по результатам внутреннего анализа вариантов и технических параметров продукта подтверждена со стороны ограниченного числа конкретных потенциальных заказчиков.

К3.14. Проанализированы аргументы «за» и «против» продолжения проекта. Принято решение о переходе на уровень TRL4.

Метрика BRL «Преимущества и риски»

Уровень BRL3. Разработаны проекты и предложения по стратегии защиты ИС, плану снижения рисков.

Шаги уровня сгруппированы в три подраздела и 15 шагов.

Критические технологические преимущества

В3.1. По итогам выполнения уровня В2, с учетом масштаба технологических преимуществ ожидаемого результата проекта и патентных ограничений, выбраны наиболее перспективные применения технологии.

В3.2. Уточнены целевые технические параметры, сформулированы требования к результатам подтверждения концепции на уровне TRL3.

Риски

В3.4. На основе уровня В2 актуализированы основные риски выполнения проекта.

В3.5. Разработан план работ по выявлению конкурирующих технологий/продуктов на момент выхода продукта на рынок.

В3.6. Разработаны мероприятия по изменению вероятности и степени влияния наиболее значимых рисков. Подготовлен проект плана снижения выявленных рисков.

В3.7. Учтены результаты разработки упреждающих мероприятий по реагированию на риски в связанных с ними планах.

В3.8. Приняты меры по предотвращению утечки интеллектуальной собственности в организации разработчика.

В3.9. Определены требования регуляторов, необходимые для получения разрешения.

В3.10. План проекта согласован всеми вовлеченными лицами, принимающими решения: соисполнителями, администрацией, заказчиками/потребителями.

Интеллектуальная собственность

В3.11. Проведена актуализация поискового запроса. Патентный поиск выявил новизну, актуальность, практическую значимость, патентуемость, наличие и характеристики эквивалентных решений.

В3.12. Уточнена патентная формула по результатам уровня В2. Определены независимые пункты формулы изобретения.

В3.13. Определена принадлежность предшествующей и вновь созданной ИС. Определены условия ее использования.

В3.14. Проведена проверка патентной чистоты выбранного оптимального варианта продукта. Разработана стратегия защиты прав на интеллектуальную собственность.

В3.15. Принят план охраны коммерческой информации.

Различное количество шагов параметров одинакового уровня готовности (в приведенных примерах третьего уровня готовности) определяются содержанием параметров готовности. Из приведенных примеров видно, что различные параметры не существуют отдельно друг от друга, а тесно взаимосвязаны, что позволяет согласованно рассматривать риски инновационного проекта и пути их преодоления.

Несмотря на комплексный многофакторный характер подхода TPRL/ПИИГ, ведущим параметром в технологическом инновационном проекте является уровень готовности TRL, детально разработанный сегодня для приборов/установок/технологических систем, новых материалов, IT-продуктов, цифровых двойников, биоактивных добавок, био-фармакологических препаратов и некоторых других предметных направлений. На *рисунках 3–5* показаны примеры анализа уровня готовности TRL для отраслевого портфеля проектов НИОКР, в том числе с разделением на технологические/предметные направления (*рисунки 4–5*).

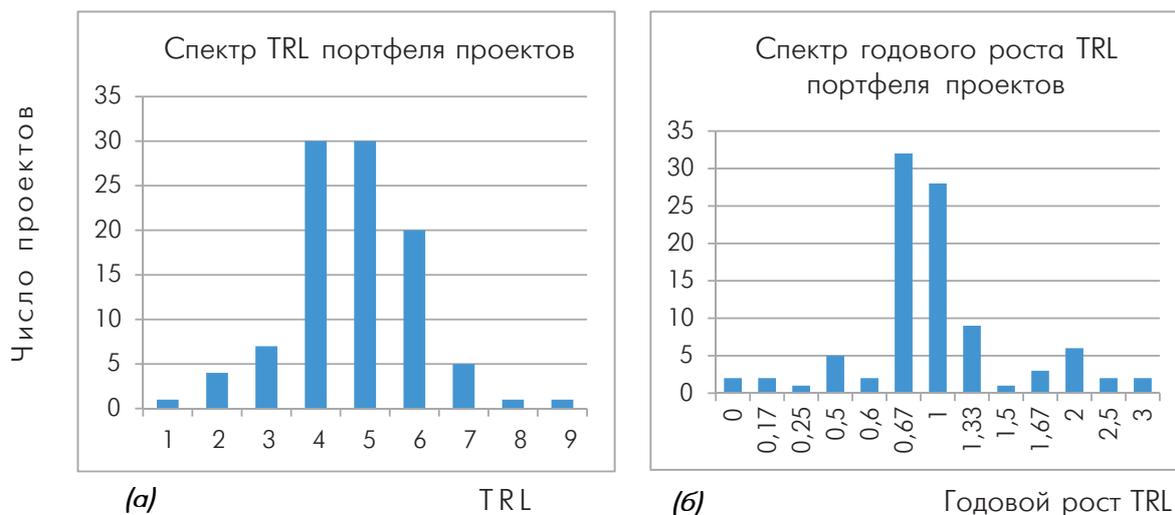


Рисунок 3. Спектры конечных уровней готовности результатов проектов НИОКР (а) и среднего ежегодного роста TRL (б) для портфеля проектов по десяти предметным направлениям

Основная часть разработок портфеля (рисунок 3а) ориентирована на достижение результата с TRL 4–6, что определяет его прикладную направленность. Анализ годового роста TRL в целом по портфелю проектов (рисунок 3б) находится в диапазонах 0,7–1,3 (70% проектов) и 1,5–2,0 (10% проектов), что является для отрасли хорошим показателем на уровне требований Минобрнауки России к научно-исследовательским проектам федеральных целевых программ, с учетом специфики отраслевых разработок с высокой продолжительностью жизненного

цикла создаваемых продуктов. Темпы получения результатов и начальный уровень технологической готовности определяют сроки готовности продуктов к внедрению и выводу на рынок.

Детализация данных рисунка 3 по отдельным предметным направлениям приведена на рисунках 4 и 5. Спектры несколько отличаются как от общего по портфелю проектов, так и друг от друга. Это связано как с особенностями продуктов разработки, так и конкретными решаемыми задачами в рамках коммерциализации разработок по секторам рынка.

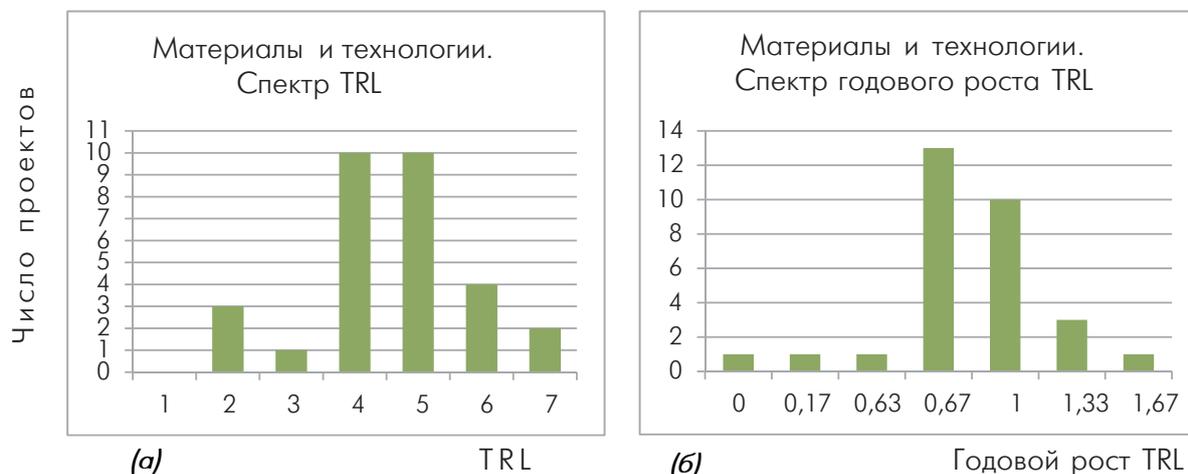


Рисунок 4. Спектры конечных уровней готовности результатов проектов НИОКР (а) и среднего ежегодного роста TRL (б) для проектов по направлению «Материалы и технологии»

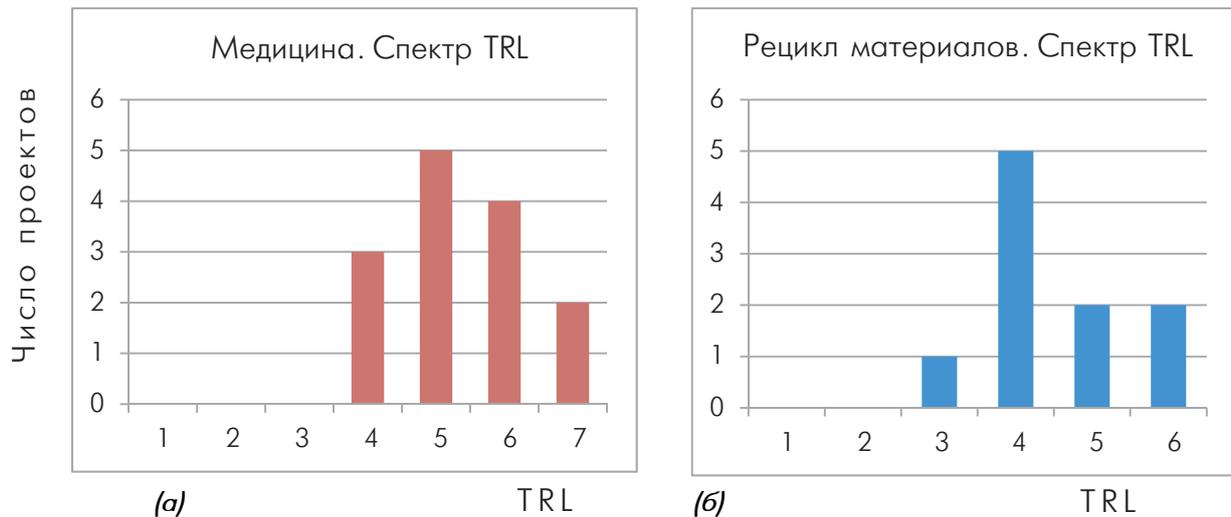


Рисунок 5. Спектры конечных уровней готовности TRL результатов проектов НИОКР для проектов по направлениям «Медицина» (а) и «Рецикл материалов» (б)

Анализ годового роста TRL для проектов по разработке материалов и технологий их получения (рисунок 4б) находится в диапазоне 0,7–1,0 (75% проектов), что позволяет при наличии научного задела достигнуть уровень использования материала в изделии-демонстраторе в течение трех-четырёх лет для основного количества результатов, приведенных на рисунке 4а.

Приведенный на рисунках 4 и 5 анализ спектров уровней технологической готовности и их годовой динамики роста для разных предметных направлений демонстрирует универсальность подхода, но для более детального анализа и использования в управлении разработками требуется адаптация в соответствии со схемой рисунка 2 и утверждение описания системы параметров оценки готовности квалифицированным экспертным органом, а не только описания уровней параметров самими исполнителями.

Для проведения оценки уровней готовности разработки с учетом специфики технологического/предметного направления и создания сложных систем целесообразно задать следующие бизнес-процессы:

1. Определение критических элементов системы – элементов, от успешной реализации которых зависит достижение проектных характеристик:

а. впервые применяемые технологии (нет референций);

б. известные технологии в неизвестном окружении (нет референции).

2. Определение уровней готовности по каждому критическому элементу в отдельности.

3. Экспресс оценка: уровень готовности системы определяется по минимальному уровню готовности критических элементов.

4. Оценка уровня готовности системы экспертным органом с учетом предметной специфики (референций по аналогам, масштабируемости технологии, наличия альтернативных решений).

ОЦЕНКА УРОВНЯ ГОТОВНОСТИ ПРОЕКТА И БЕРЕЖЛИВЫЙ НИОКР

Оценка уровней готовности инновационного проекта, определяющая решение по его управлению и выводу нового продукта на рынок, требует наличия квалифицированного экспертного органа, поскольку исполнитель работ может быть не корректен при самооценке результата не только из-за недостаточной квалификации в использовании методологии, но и в желании любым путем получить дальнейшее финансирование на следующие этапы проекта. Процедура корректного выполнения экспертизы уровней готовности в мировой практике названа TRA (Technology Readiness Assessment). В практике авторов она получила название «Оценка уровня готовности инновационного

проекта/продукта (ОУГП)» [7]. Определим термин ОУГП следующим образом: это процесс объективной оценки инновационного продукта как объекта коммерциализации путем предоставления документальных доказательств того, что создаваемый инновационный продукт по техническим и экономическим характеристикам соответствует целевым значениям и запросам рынка с определенной для каждого уровня готовности достоверностью.

Внедрение новой инновационной технологии в производство продукта вносит неопределенность, которая влечет за собой риск для ее разработчиков, производителей, поставщиков, операторов и конечных пользователей. Данная методика показывает, как можно управлять этими рисками, предоставляя последовательно доказательства для управления рисками и уменьшения неопределенности. Цель процесса ОУГП – получить объективное заключение о том, что разработка инновационного продукта развивается успешно, поэтапно преодолевая технологические и иные риски, либо должна быть остановлена с целью сохранения ресурсов. Поэтому в процесс оценки включены все параметры ПИНГ, а не только TRL как в TRA.

В качестве заказчика оценки могут выступать владелец технологии, покупатель или третье лицо. Детальное описание методики оценки уровней готовности как экспертной процедуры является предметом отдельного обсуждения вне рамок данной статьи.

Также нужно отметить, что выполнение ОУГП дает обоснованную по результатам этой процедуры возможность прекращения любого проекта при отсутствии плановой динамики при движении по уровням готовности TPRL/ПИНГ. Разработка может оказаться невостребованной по разным причинам.

Комплексный подход TPRL/ПИНГ для оценки развития проекта и его результатов является одним из инструментов бережливого НИОКР, принципиально отличающегося от широко известного термина «бережливое производство» следующим:

- риски как ключевой элемент исследований и разработок;
- неповторяемость процесса;
- капитализация знаний как результат;

– сложность оценки результатов.

Как отмечено выше, в определении бережливого НИОКР ключевым является синтез эффективного выполнения, наличия востребованного рынком результата и проектируемой возможности его коммерциализации.

НАУЧНАЯ ГОТОВНОСТЬ SCIRL: ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОПИСАНИЕ НАЧАЛЬНЫХ УРОВНЕЙ

Существенный пласт выполняемых научными организациями исследований и объем бюджетных затрат на них относится к традиционному понятию «фундаментальные исследования», результатом которых является генерация новых знаний, для которых еще не идентифицирована область практического применения. Выше, в частности в задачах центров компетенций НТИ, сформулирована необходимость трансляции результатов фундаментальной науки в инженерные приложения и далее в рыночные продукты. В связи с этим возникает вопрос о применимости подхода уровней готовности к процессам получения новых знаний, в первую очередь, в области естественных наук и ее отнесение со шкалой технологической готовности TRL.

По мнению авторов, методика бережливого НИОКР может быть применима и к этим работам. Задача состоит в том, чтобы описать метрику научной готовности, а процесс управления разработкой, включая процедуру оценки уровня готовности проекта, будет аналогичен процессу разработки инновационной продукции.

Ниже предложены определения разработанных нами нескольких начальных уровней шкалы научной готовности SciRL. Данная шкала описывает критерии верхнего уровня и в дальнейшем требует развития для различных научных направлений, используя показанный на *рисунке 2* подход декомпозиции.

SciRL1. Формулировка изучаемого явления. Постановка задачи исследования.

Содержание уровня 1: проведена постановка задачи научного исследования. Формулировка изучаемого явления имеется. Возможности прогнозирования явления отсутствуют или сильно ограничены, однако возможно определить группу физических/химических

процессов/моделей, которые предположительно определяют изучаемое явление для более детального изучения и понимания.

SciRL2. Определены базовые процессы/модели.

Содержание уровня 2: из группы физических/химических процессов/моделей отображены наиболее релевантные базовые процессы/модели, лежащие в основе изучаемого явления. Однако для характеристики и подтверждения выбора базовых процессов необходимо получить подтверждение. Сформулированы измеряемые следствия, описываемые моделью, как по процессам, так и по значениям вычисляемых параметров.

SciRL3. Базовые процессы/модели явления подтверждены в ограниченной области параметров.

Содержание уровня 3: Базовые процессы/модели явления определены, однако проверка проведена без учета взаимодействия исходных/входных параметров. Для соответствия модельных прогнозов экспериментальным данным требуется делать значительные допущения для основных параметров, характеризующих процессы. Сформулирована детальная программа научных исследований, необходимых для обоснования таких допущений. Подготовлена дорожная карта продвижения исследований по уровням SciRL.

По нашим оценкам и представлениям, для полноценного описания шкал научной готовности SciRL потребуются формулировка еще четырех уровней до SciRL7 включительно. При этом с учетом относительной независимости шкал SciRL и TRL целесообразно формулирование уровней SciRL6–7 в отнесении к достижению уровней TRL3–4 при условии формулировки идеи о практической целесообразности применения описываемого шкалой SciRL изучаемого явления/процесса, получаемого нового знания.

Таким образом можно говорить не только о высокой степени адаптации методики TPRL/ПИНГ к различным результативным этапам исследований, разработок и проектам инновационного характера, но и практическом понимании возможных путей коммерциализации результатов научных исследований, подтверждаемых существующей практикой российских и зарубежных высокотехнологических компаний.

РЕЦЕПТ КОММЕРЦИАЛИЗАЦИИ НАУЧНОЙ РАЗРАБОТКИ

Показанная методология уровней готовности предполагает формирование на уровне TRL1 идеи/облика нового продукта. Часто на этой стадии невозможно в полной мере указать все параметры конечного решения и способы его достижения, особенно при выполнении НИОКР, характеризующихся высокими рисками и несколькими решениями, из которых предстоит сделать выбор. Поэтому необходима гибкая схема формирования и развития в ходе инновационного проекта исходных данных, формализованных в техническое задание на разработку. Схема основывается на движении по уровням параметров готовности создания продукта с анализом достигаемых результатов в ходе выполнения работ. Результатом такого анализа являются решения команды проекта и его заказчика (при наличии) о корректности выполнения работ и календарного плана или необходимости их изменения. Собственно наличие возможности изменения задания по мере получения новой информации в ходе разработки определяет эффективность бережливого НИОКР. Отчасти на этом принципе основан SCRUM-подход, который успешно применяется в первую очередь для IT-продуктов.

Важным компонентом мониторинга инновационного проекта являются компетенции и полномочия экспертного органа, как и самой команды проекта.

Практика авторов показывает, что при квалифицированном выполнении начальных этапов разработки (ранние уровни готовности) с уточнением задания проекта вероятность достижения пригодного для внедрения результата разработки существенно выше, чем при отсутствии детальной проработки начального этапа инновационного проекта. Вероятность удовлетворения запроса потенциального потребителя разработки в таком случае достигает 60%, а формирование технического задания без достижения TRL1–2 удовлетворяет не более 10% грамотных заказчиков (по данным мониторинга реализации отраслевого портфеля проектов, представленного на *рисунке 3*).

Поэтому простой рецепт коммерциализации в сумме компонентов такой:

- мотивация команды проекта получить результат,
- высокие научно-технические компетенции команды проекта и экспертизы, дополненные подтвержденной практикой по остальным параметрам TPRL/ПИНГ на старте инновационного проекта,
- управление проектом по принципам уровня готовности результатов разработки и самооценка ОУГП с документированным подтверждением результатов по шагам,
- гибкость исходных данных и технического задания на разработку, возможность их совершенствования по ходу проекта и движения результатов по уровням готовности параметров TPRL/ПИНГ,
- наличие независимого экспертного органа и процедуры оценки результатов выполнения инновационного проекта.

Если такая практика как правило понятна для компаний с частным собственником, то для повышения конкурентности госкорпораций и научных организаций, использующих в своих проектах госфинансирование, также целесообразно рассмотреть возможность трансформации бизнес-процессов исследований и разработок путем нацеленности на результат и пути его достижения, фиксируемые в техническом задании и дорожной карте по мере выполнения инновационного проекта, а также за счет приоритетной поддержки проектов с наивысшим уровнем готовности.

Ранее в [5] мы уже отмечали целесообразность и пользу использования обсуждаемых подходов для формирования компетенций исследователя-организатора применительно к большинству направлений и специальностей, ориентированных на сферу производства научно-технической продукции. Накопленный практический опыт организации и управления исследованиями и разработками с использованием методологии уровней готовности, излагаемый авторами сегодня, в полной мере применим для распространения в исследовательских университетах, существующих и создаваемых в стране

центрах научно-технических компетенций для повышения эффективности коммерциализации результатов разработок, интеграции университетской науки с промышленностью, а также при подготовке специалистов-исследователей и инженеров для реализации технологического лидерства.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложено решение по методологии бережливого НИОКР на основе TPRL/ПИНГ как инструмента коммерциализации разработки инновационного продукта. Завершено описание уровней готовности проекта для использования при выполнении бережливого НИОКР. Показана целесообразность декомпозиции описания уровней готовности на предметный и проектный уровни, а также для сложных систем. Приведены примеры использования спектров TRL для анализа портфеля проектов различных предметных направлений.

Описана процедура оценки уровня готовности инновационного проекта/продукта и полномочного экспертного органа для ее проведения, сформулированы требования к квалификации экспертов.

Предложены начальные уровни шкалы научной готовности SciRL для использования в исследованиях по получению новых знаний (фундаментальных).

Отмечена необходимость гибкой процедуры модификации исходных данных, технического задания и дорожной карты по ходу выполнения инновационного проекта.

Представленные результаты являются перспективными для использования в инновационных отраслях промышленности, научных институтах и в вузах.

Авторы не претендуют на отсутствие в статье дискутируемых положений, но надеются, что высказанные предложения будут полезны для научных сотрудников, серьезно занимающихся внедрением своих разработок, а также финансирующих инновации инвесторов и государственных служащих, имеющих отношение к организации исследований и разработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сартори А.В., Ильина Н.А., Манцевич Н.М. (2019) Концепция оценки потенциала коммерциализации результатов НИОКР в научных организациях и вузах // Высшее образование сегодня. № 6. С. 11–25.
2. Управление инновациями Росатома (2019) Материалы конференции / Росатом. <http://www.innov-rosatom.ru>.
3. Программа ускоренного роста для стартапов с глобальными амбициями (2020) / PwC. <https://www.pwc.ru/ru/services/pwc-russia-accelerator.html>.
4. Петров А.Н., Сартори А.В., Филимонов А.В. (2016) Комплексная оценка состояния научно-технических проектов через уровень готовности технологий // Экономика науки. Т. 2. № 4. С. 244–260.
5. Сартори А.В., Сушков П.В., Манцевич Н.М. (2018) Школа бережливого НИОКР: практика подготовки исследователей в вузе с использованием грантов эндаумент-фонда // Высшее образование сегодня. № 7. С. 2–9.
6. Ильина Е.А., Мотькина Ю.В., Сушков П.В. (2020) Концепция оценки научно-технических компетенций проектных команд, научных организаций и вузов с использованием уровней готовности // Экономика науки. Т. 6. № 1–2. С. 11–21.
7. Сартори А.В., Сушков П.В., Манцевич Н.М. (2020) Принципы бережливого управления исследованиями и разработками на основе методологии уровней готовности инновационного проекта // Экономика науки. Т. 6. № 1–2. С. 22–34.

REFERENCES

1. Sartori A.V., Ilyina N.A., Mantsevich N.M. (2019) The concept of assessing the potential for the commercialization of R&D results in scientific organizations and universities // Higher Education Today. № 6. P. 11–25.
2. Rosatom Innovation Management (2019) Conference Materials / Rosatom. <http://www.innov-rosatom.ru>.
3. Accelerated Growth Program for Startups with Global Ambitions (2020) / PwC. <https://www.pwc.ru/ru/services/pwc-russia-accelerator.html>.
4. Petrov A.N., Sartori A.V., Filimonov A.V. (2016) Comprehensive assessment of the status scientific and technical projects using Technology Project Readiness Level // The Economics of Science. V. 2. № 4. P. 244–260.
5. Sartori A.V., Sushkov P.V., Mantsevich N.M. (2018) Lean R&D School: the practice of training researchers at a university using grants from the Endowment Fund // Higher Education Today. № 7. P. 2–9.
6. Ilyina E.A., Motkina Yu.V., Sushkov P.V. (2020) The concept of assessing the scientific and technical competencies of project teams, scientific organizations and universities using readiness levels // The Economics of Science. V. 6. № 1–2. P. 11–21.
7. Sartori A.V., Sushkov P.V., Mantsevich N.M. (2020) The principles of lean research and development management based on the methodology of the innovation project readiness levels // The Economics of Science. V. 6. № 1–2. C. 22–34.

UDC 338.28

Sartori A.V., Gareev A.R., Ilyina N.A., Mantsevich N.M. **Application of the approach of readiness levels for various subject areas in lean R&D** (JSC «Science and Innovations», Staromonetnyj lane, 26, Moscow, Russia, 119180; RVC, Nobelya Str., 1, Moscow, Russia, 121205; Rosatom State Atomic Energy Corporation, Bolshaya Ordynka Str., 24, Moscow, Russia, 119017)

Abstract. The further development of the TPRL methodology as a tool for the commercialization of innovations is proposed. Descriptions of readiness metrics for lean R&D are presented. The expediency of subsequent decomposition of the readiness level criteria into the subject level and project levels for various technological / subject areas / complex systems is shown. Description of the initial scientific readiness levels SciRL are proposed for use in research dedicated to generating knowledge.

Keywords: innovative project, lean R&D, commercialization, TPRL/PING readiness levels, SciRL scientific readiness, project readiness level assessment, TRA.