

Особенности организации производства гражданской продукции в национальных лабораториях США

Дмитрий Юрьевич ФАЙКОВ,

доктор экономических наук, доцент, Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики (607188 Россия, Нижегородская область, г. Саров, пр-т Мира, д.37) - начальник отдела аналитики и внутренних коммуникаций, тел.: +7 (83130) 43373;

УДК (338.4+658)(73)
ББК 65.6(7Сое)

Дмитрий Юрьевич БАЙДАРОВ,

кандидат юридических наук, Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом» (119017 Москва, ул. Б. Ордынка, 24) - заместитель директора Блока по развитию и международному бизнесу – начальник Управления поддержки новых бизнесов, тел.: +7 (499) 125-53-67

Аннотация

Рассмотрена деятельность национальных лабораторий Министерства энергетики США. Определена их особая роль в инновационной системе страны как института, способного решать долгосрочные задачи междисциплинарного характера, объединять фундаментальные исследования и разработки технологий. Выявлены основные принципы организации производства гражданской продукции: системная интеграция при выполнении работ в рамках проектов и программ между собой, с университетами, научными центрами, промышленностью; использование уникального оборудования в качестве центров коллективного пользования, на базе которых формируются сети ученых со всего мира; приоритетное использование компьютерного моделирования; постоянно развиваемая система технологического трансфера и пр.

Ключевые слова: национальные лаборатории, Министерство энергетики США, трансфер технологий, исследования и разработки, гражданская продукция, диверсификация, компьютерное моделирование, центры коллективного пользования.

Features of Civil Engineering in US National Laboratories

Dmitrij Jur`evich FAJKOV,

Doctor of Economic Sciences, Assistant Professor, Rosatom Automated Control Systems JSC - All-Russian Scientific Research Institute of Experimental Physics (607188 Russia, Nizhny Novgorod Region, Sarov, Prospect Mira, 37) - Head of Analytics and Internal Communications Department, phone: +7 (83130) 43373;

Dmitrij Jur`evich BAJDAROV,

Candidate of Legal Sciences, State Atomic Energy Corporation Rosatom (119017 Moscow, B. Ordynka str., 24) - Deputy Director of the Development and International Business Unit - Head of the New Businesses Support Department, Phone: +7 (499) 125-53-67



Abstract

The activities of the US Department of Energy national laboratories are considered in the article. Their special role in the country's innovation system, as an institution capable of solving long-term problems of an interdisciplinary nature, combining fundamental research and development of technologies, is determined. The basic principles of arranging the production of civilian products are revealed: system integration when performing work within the framework of projects and programs among themselves, with universities, research centers, industry; the use of unique equipment as User facilities (centers of collective use), on the basis of which networks of scientists from all over the world are formed; priority use of computer modeling; constantly evolving technology transfer system, etc.

Keywords: National Laboratories, US Department of Energy, technology transfer, research and development, civilian products, diversification, computer simulation, User facilities.

ВВЕДЕНИЕ

Расширение производства высокотехнологичной продукции гражданского назначения оборонными предприятиями – один из приоритетов современного развития России. Для реализации этой задачи необходимо не только собственно производство, но и эффективная система научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР), передачи технологий в производство. Изучение передового иностранного опыта, в частности национальных лабораторий Министерства энергетики США (по сути, похожих на российские научно-исследовательские организации), позволит определить дополнительные возможности для организации этого процесса в России. Цель статьи – выявить основные принципы организации производства гражданской продукции национальными лабораториями США, рассмотреть возможность их использования в российских организациях. Для этого проанализируем деятельность лабораторий с нескольких точек зрения – стратегической, организационной, правовой, финансовой, кадровой, научно-технической. Результаты могут быть интересны российским научно-исследовательским организациям.

НАЦИОНАЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРИИ В ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ США

Инновационное развитие для США является «национальной идеей». Резкий рост расходов на науку и разработки в других странах, прежде всего, в Китае, снизил долю США в общемировых НИОКР с 60% во второй половине XX века до 28% в 2018 году¹. Правительство США ставит задачу снова стать мировым лидером в области науки и инноваций².



Большую часть затрат на исследования и разработки в США традиционно несет частный сектор (см. рисунок 1).



Рис.1. Государственные и частные расходы на исследования и разработки в США, 2000-2018 годы, млрд долл.

Составлено авторами по: Gross domestic spending on R&D. URL: <https://data.oecd.org/rd/gross-domestic-spending-on-r-d.htm> (дата обращения 23.06.2020); Federal funding for R&D and R&D plant for national defense and civilian functions: FYs 1955–2020. URL: <https://nces.nsf.gov/pubs/nsf20305/> (дата обращения 23.06.2020)

Частное финансирование концентрируется на развитии, государственное – на фундаментальных и прикладных исследованиях³, которые являются катализатором для частных инноваций⁴.

Практически половина государственного финансирования НИОКР в США направлена на исследования в военной сфере (см. рисунок 2). Постепенно эта доля уменьшается, что связано, в том числе, с улучшением результатов трансфера технологий из военной сферы в гражданскую, и расширением применения в оборонной промышленности гражданских разработок⁵.

Инновационная система США основана на постоянном взаимодействии науки, государства и бизнеса, что получило название «модель тройной спирали»⁶. Основными элементами инновационной системы являются университеты, федеральные лаборатории, научно-технологические парки, производственные компании, кластеры и др.⁷ Университеты в большей части обеспечивают фундаментальные ис-

следования⁸, федеральные лаборатории – прикладные исследования, научно-технологические парки и частные компании – коммерциализацию и развитие⁹.

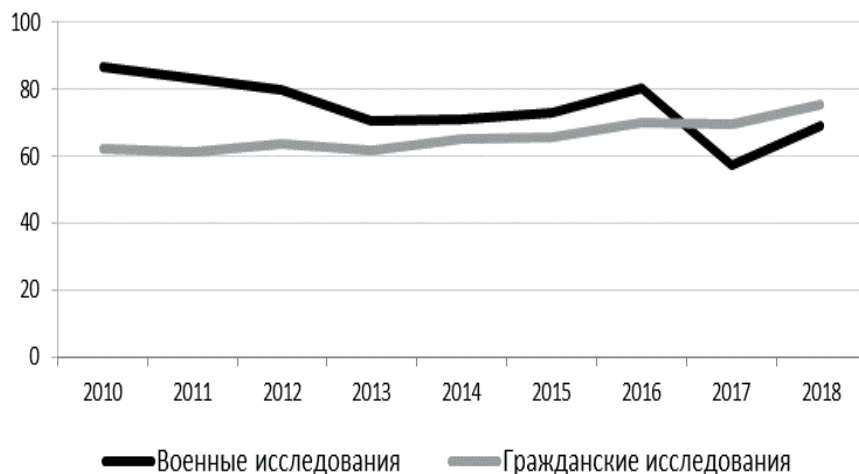


Рис.2. Государственные расходы на оборонные и гражданские исследования в США, 2010-2018 годы, млрд долл.

Составлено авторами по: Federal funding for R&D and R&D plant for national defense and civilian functions: FYs 1955–2020. URL: <https://ncses.nsf.gov/pubs/nsf20305/> (дата обращения 23.06.2020)

Среди федеральных лабораторий наибольшую известность получили национальные лаборатории Министерства энергетики США. Термин «национальная лаборатория», в отличие от «федеральной лаборатории» не является юридическим понятием. Но организационная модель национальных лабораторий имеет особенности, что будет рассмотрено ниже.

Большинство национальных лабораторий было создано в 1940-1950-х годах в рамках «Манхэттенского проекта» и основной их задачей была разработка и создание ядерного оружия. В связи с окончанием «холодной» войны в 1980-х годах была проведена значительная конверсия деятельности национальных лабораторий, большинство из них были переориентированы на развитие перспективных гражданских исследований в области энергетики, физики, химии, материаловедения, информационных технологий, биологических наук, экологии и пр. «Оружейными» остались только три лаборатории, находящиеся в ведении Национальной администрации по ядерной безопасности (NNSA) Министерства энергетики



– Лос-Аламосская национальная лаборатория, Ливерморская национальная лаборатория им. Лоуренса, Сандийские национальные лаборатории. Всего в США 17 национальных лабораторий (см. таблицу 1).

Таблица 1

Национальные лаборатории министерства энергетики США

<i>Национальная лаборатория</i>	<i>Основные направления деятельности</i>
Лаборатория Эймса (Ames)	Новые материалы, химические технологии, физика конденсированных сред
Аргоннская национальная лаборатория (ANL)	Материаловедение, ядерная физика, химия, биология, математика, исследования окружающей среды, компьютерные науки, накопление и транспортировка энергии
Брукхэйвенская национальная лаборатория (BNL)	Ядерная физика, физика частиц, биология, исследования окружающей среды, энергетические технологии
Национальная ускорительная лаборатория имени Энрико Ферми (FERMI)	Физика элементарных частиц
Национальная лаборатория имени Лоуренса в Беркли (LBNL)	Компьютерные науки, науки о материалах, химия, науки о данных, исследования окружающей среды, биология и экология, энергетика, ядерная физика, физика высоких энергий
Окриджская национальная лаборатория (ORNL)	Ядерные материалы, ядерная физика, компьютерные науки, химия, науки о данных, исследования окружающей среды, возобновляемые источники энергии
Тихоокеанская Северо-западная национальная лаборатория (PNNL)	Науки о материалах, химия, науки о данных, исследования окружающей среды.
Лаборатория физики плазмы Принстонского университета (PPPL)	Физика плазмы и энергия синтеза
Национальная ускорительная лаборатория (SLAC)	Физика высоких энергий
Национальная ускорительная лаборатория Томаса Джеферсона (JLAB)	Физика частиц

<i>Численность, чел.</i>			<i>Бюджет, 2015 г. млн долл.</i>
<i>Штатные</i>	<i>Пользователи, приглашенные исследователи</i>	<i>Студенты, аспиранты, постдоки</i>	
309	84	147	60
3298	8548	772	734,1
2671	4188	539	584
1801	2653	53	386,7
3304	12968	955	786
4628	4627	863	1412
4061	2019	669	875
462	350	52	90
1452	2784	286	429,6
686	2856	65	158



<i>Национальная лаборатория</i>	<i>Основные направления деятельности</i>
Ливерморская национальная лаборатория имени Лоуренса (LLNL)	Ядерное оружие, национальная безопасность, энергетические науки, исследования окружающей среды, компьютерные науки
Лос-Аламосская национальная лаборатория (LANL)	Ядерное оружие, национальная безопасность, энергетические науки, исследования окружающей среды, компьютерные науки, биомедицина
Сандийские национальные лаборатории (SNL)	Национальная безопасность, ядерное оружие, энергетические науки, исследования окружающей среды, компьютерные науки
Национальная лаборатория по изучению возобновляемой энергии (NREL)	Возобновляемые источники энергии
Национальная лаборатория Айдахо (INL)	Ядерная энергетика, возобновляемые источники энергии, защита критически важной инфраструктуры, исследования окружающей среды
Национальная лаборатория энергетических технологий (NETL)	Ископаемые источники энергии
Саванна-Риверская национальная лаборатория (SRNL)	Радиоактивные материалы, восстановление окружающей среды

Составлено авторами по: Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 10.06.2020)

<i>Штатные</i>	<i>Численность, чел.</i>		<i>Бюджет, 2015 г. млн долл.</i>
	<i>Пользователи, приглашенные исследователи</i>	<i>Студенты, аспиранты, постдоки</i>	
6500	5800	750	1553
10609	1710	1348	1964
10500		848	2769
1459	85	214	395,4
3891	521	302	916
1336	916	156	234
1000	2	65	254,2



Диверсификация производства, как расширение выпуска гражданской продукции оборонными предприятиями, сегодня характерна только для «оружейных» лабораторий. В них доля гражданских работ составляет в среднем 12-20%¹⁰. Тем не менее, есть важные причины изучения опыта работы всей системы национальных лабораторий: 1) опыт организации деятельности «не оружейных» лабораторий интересен, поскольку он показывает, как может быть выстроена работа организации после проведения конверсии (не секрет, что многие российские оборонные предприятия после конверсии 1990-х годов просто закрылись); 2) все национальные лаборатории образуют единую систему, дополняя и взаимодействуя друг с другом, в том числе, в оборонной тематике; 3) сферы деятельности национальных лабораторий относятся к национальной (не всегда военной) безопасности - энергетика, изменения климата, борьба с болезнями и т.д.

Для выявления основных принципов организации гражданских исследований в национальных лабораториях рассмотрим их с нескольких точек зрения: стратегической, организационной, правовой, финансовой, кадровой, научно-технической.

Стратегические принципы. К ним относятся принципы позиционирования национальных лабораторий и определения стратегии их деятельности в рамках государства.

1. *Национальные лаборатории являются одной из основных частей инновационной системы США.* Они занимают место между университетами и промышленностью, обладая возможностями для решения долгосрочных междисциплинарных задач, объединения фундаментальных исследований, разработки технологий, их демонстрации и технологического трансфера¹¹. Лаборатории аккумулируют значительное количество исследований в ключевых сферах, вовлекая в них университеты, предприятия, научные организации.

2. *Национальные лаборатории участвуют в формировании миссии и стратегии Министерства энергетики.* Министерство энергетики является основным государственным органом, который обеспечивает национальную безопасность в области ядерного оружия, энергетики и экологии посредством научных и технологических решений¹². Именно лаборатории имеют понимание необходимых действий для формирования краткосрочных, среднесрочных и долгосрочных планов министерства в области гражданских исследований. В качестве примеров участия национальных лабораторий в стратегическом планировании деятельности Министерства энергетики можно привести формирование Национального совета директоров лабораторий, как органа с экспертно-координационными функциями, проведение «Саммита больших идей» национальных лабораторий, генерирующего новые направления исследований, принципы взаимодополнения лабораторий и министерства и пр.¹³.

3. *Разработка технологий в широком спектре направлений (не только в военной сфере) для создания технологического превосходства.* Это один из важных приоритетов для «оружейных» национальных лабораторий¹⁴. Работа по широкому спектру направлений, с широким кругом партнеров, позволяет сотрудникам лабораторий получать больше знаний и опыта, в том числе деятельности на рынке, для применения их в основной (оборонной) деятельности. В целом это соответствует принципам диверсификации оборонных предприятий США, проводимой в 1980-2000 годах¹⁵.

Организационные принципы. Включают организацию деятельности лабораторий в составе Министерства энергетики.

1. *Особая организационная модель национальных лабораторий, стимулирующая развитие передовых исследований на основе государственной собственности.* Национальные лаборатории с момента своего создания получили особую организационную модель – GOCO (government-owned, contractor-operated) – государственные организации, контролируемые подрядчиком¹⁶. В этой модели средства и оборудование принадлежат правительству, а операционная деятельность ведется частной или некоммерческой организацией (подрядчиком), которая выполняет функции управленческого органа. Ряд лабораторий имеет юридический статус научно-исследовательского центра, финансируемого из федерального бюджета (FFRDC). Данный статус позволяет, кроме федерального финансирования, привлекать ресурсы частного сектора для выполнения своих задач. Он создан для преимущественного использования в сфере науки и технологий, где обычно не могут эффективно действовать организации государственного или частного сектора¹⁷. Организационно-юридическая модель национальных лабораторий представляет собой частно-государственное партнерство, способствующее, с одной стороны, гибкой операционной деятельности и привлечению частных средств, с другой стороны, возможности для государства вкладывать значительные средства в развитие инфраструктуры лабораторий, определять миссию и цели их деятельности. Суть использования такой модели – поощрение активных прорывных исследований в перспективных областях на основе использования крупных уникальных научных установок и оборудования, создаваемых за счет государства и частной инициативы подрядчика¹⁸.

2. *Центры коллективного пользования (user facilities)*¹⁹. В национальных лабораториях создаются уникальные крупномасштабные дорогостоящие научные установки, которые используются как для выполнения лабораториями своих задач, так и для исследований, проводимых университетами, промышленностью, другими научными центрами. Такие установки создаются за государственный счет, поскольку для университетов их создание дорого, для частного сектора они не выгодны. К Центрам коллективного пользования относятся ускорители, коллаи-



деры, суперкомпьютеры, источники света и источники нейтронов, средства для исследования окружающей среды, атмосферы, установки для работ в наноразмерном масштабе и пр.²⁰ Всего в национальных лабораториях насчитывается 206 Центров коллективного пользования. Наибольшее количество установок расположено в Аргоннской национальной лаборатории – 47, в лаборатории имени Лоуренса в Беркли – 37²¹ и пр.

Центры коллективного пользования формируют сообщества ученых из разных стран, которые обмениваются данными, результатами исследований, моделирования и пр. Они используют как собственные методы исследований, так и методики, программное обеспечение национальных лабораторий. В 2015 году в центрах коллективного пользования проводили исследования более 32 тысяч ученых из 68 стран мира. В исследованиях участвовало более 1120 промышленных партнеров, среди которых 55 компаний, входящих в ТОП-500 мирового бизнеса²². В 2019 году исследования проводили более 36 тысяч ученых²³.

3. *Система национальных лабораторий*. Национальные лаборатории активно взаимодействуют друг с другом, поскольку большинство задач, стоящих перед Министерством энергетики, предполагает проведение исследований по широкому спектру направлений, что невозможно выполнить в рамках одной организации. Министерство обозначает такое взаимодействие, как базовые, динамические и быстрые сети²⁴. Базовая сеть обеспечивает решения на уровне миссии Министерства. Эти проекты требуют крупномасштабной инфраструктуры, используемой в течение десятилетий. К ним можно отнести шесть основных не военных программ Министерства энергетики: 1. Передовые научные компьютерные исследования (используются мощные суперкомпьютеры в ANL, ORNL, LBNL, а также высокопроизводительная сеть ESnet); 2. Базовые энергетические науки (более 170 организаций, включая 15 национальных лабораторий, основные установки расположены в ANL, ORNL); 3. Биологические и экологические исследования (исследования атмосферы – девять лабораторий, Объединенный институт генома – LBNL, LLNL, LANL, PNNL и др.); 4. Термоядерный синтез (токамак DIII-D в Сан-Диего, NSTX-U в PPPL, международный проект ITER); 5. Физика высоких энергий (ускорители в BNL, FERMI, ANL в сотрудничестве с другими федеральными агентствами); 6. Ядерная физика (установки в ANL, JLab, LBNL, BNL, ORNL, LANL и SLAC)²⁵.

Динамические сети формируются для решения задач в течение 5-10 лет. Например, сеть из шести лабораторий занимается развитием атомной энергетики, включая разработку топлива с улучшенными характеристиками; продление срока службы существующих реакторов; компьютерное моделирование ядерных реакторов; оптимальное включение АЭС в современную энергосистему и пр.

Быстрые сети реализуют краткосрочные проекты. Например, оперативное моделирование разлива нефти при аварии на добычной платформе Deepwater Horizon

в 2010 году в Мексиканском заливе «оружейными» лабораториями SNL, LLNL и LANL помогло принять правильные меры для локализации аварии и уменьшения ущерба²⁶.

Большинство сетей формируются под определенные программы и управляются программными офисами Министерства энергетики. В ряде случаев на одну из лабораторий возлагается техническое руководство программой. Например, такое руководство осуществляет PNNL в распределенном центре коллективного пользования атмосферных исследований.

4. *Централизация и децентрализация деятельности.* Министерство энергетики сочетает в отношении национальных лабораторий централизованные и децентрализованные стратегии. Централизация позволяет устанавливать общие приоритеты и координировать преимущества лабораторий, действуя, при необходимости, как одно предприятие. В частности, три основных суперкомпьютерных центра, расположенных в ANL, ORNL, LBNL и объединенных сетью ESnet, на внешнем, по отношению к министерству рынке, представляются единой системой.

Децентрализация позволяет лабораториям гибко работать с отдельными контрагентами, использовать собственные возможности для развития без постоянного согласования своих действий с министерством. Примером является программа лабораторных исследований и разработок, направляемых лабораторией (LDRD), финансируемая из собственных средств каждой лаборатории, которая будет рассмотрена ниже.

Правовые принципы трансфера технологий. Один из сложных вопросов диверсификации – передача технологий и интеллектуальной собственности, созданных за счет федеральных средств, в частную собственность, в производство. В России этот вопрос весьма актуален²⁷, что усиливает интерес к опыту национальных лабораторий США.

Правовая база для передачи технологий от государственных организаций к частным создавалась в США в течение 1980-2000 годов²⁸. Национальные лаборатории в рамках этой правовой базы используют ряд механизмов, утвержденных на государственном уровне: Соглашения о совместных исследованиях и разработках (CRADA), Соглашения о проекте стратегического партнерства (SPP), Соглашения о коммерциализации технологий (ACT), передача лицензий²⁹. В качестве особенностей этих механизмов стоит выделить наличие ограничений со стороны государства, что обусловлено защитой государственных интересов: ограниченная государственная лицензия, обычно на 5 лет, требования по предоплате работ, гарантии выполнения работ и т.д. Несмотря на критику таких ограничений, и определенных сложностей в применении соглашений³⁰, нарабатываемый опыт их использования позволяет оптимизировать эти механизмы, что сказывается на интересе к ним со стороны и лабораторий, и частных заказчиков (см. рисунок 3).



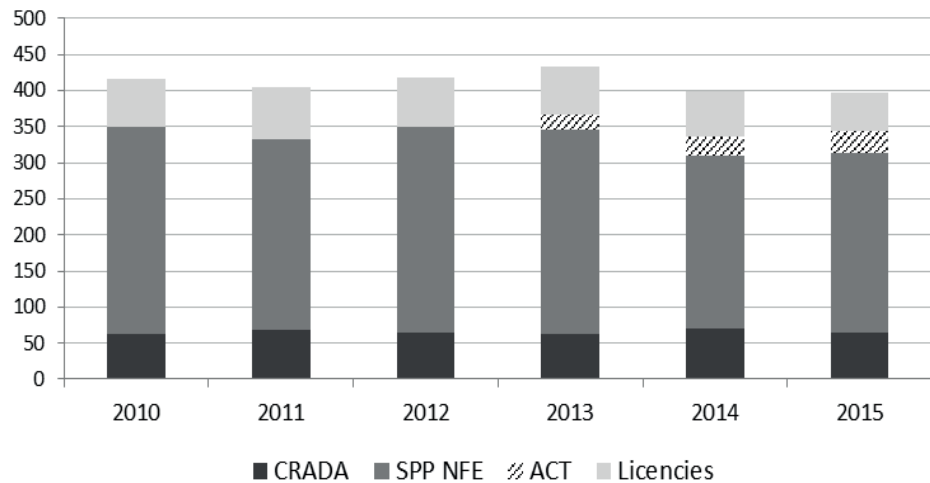


Рис. 3. Средства частных партнеров, привлеченные национальными лабораториями по соглашениям CRADA, SPP NFE, ACT, от продажи лицензий 2010-2015, млн долл.

Составлено авторами по: Report on Technology Transfer and Related Technology Partnering Activities at the National Laboratories and Other Facilities for Fiscal Year 2015 URL: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/10/f56/Annual%20DOE%20TT%20Report%20FY2015_0.pdf; Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 10.06.2020)

Примечание: SPP NFE – Соглашения о проекте стратегического партнерства с негосударственными заказчиками.

Финансирование процессов диверсификации и технологического трансфера в национальных лабораториях включает три основных источника: федеральное финансирование, средства лаборатории, средства заказчиков.

1. *Федеральное финансирование* составляет до 70% всех расходов на НИОКР национальных лабораторий³¹. Большая его часть распределяется Министерством энергетики между национальными лабораториями в рамках основных долгосрочных и среднесрочных программ. Другая часть федерального финансирования идет через государственные программы, такие как Агентство перспективных исследований в области энергетики (ARPA-E), Программы инновационных исследований малого бизнеса (SBIR), трансфера технологий малого бизнеса (STTR) и пр.³² (см. рисунок 4). Основная цель таких программ – активизация совместных разработок национальных лабораторий и внешних партнеров – промышленности, научных организаций, университетов, малого бизнеса, преодоление разрыва между исследованиями и производством в областях, важных для Министерства энергетики.

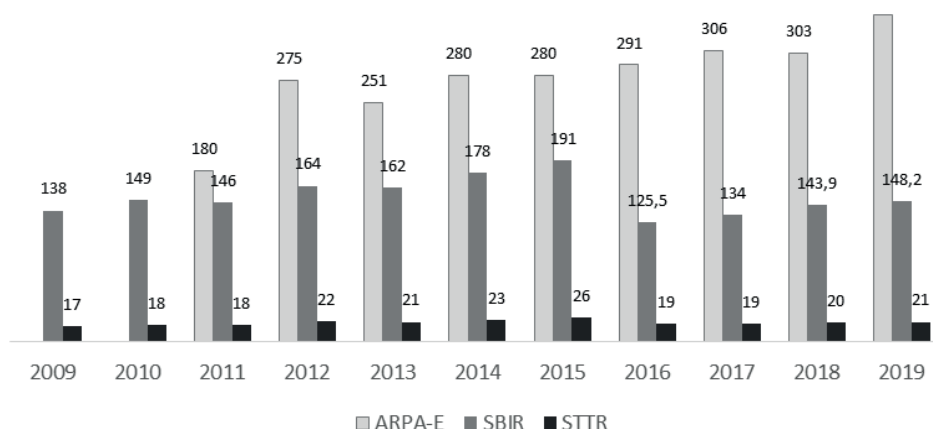


Рис.4. Государственные ассигнования на финансирование программ ARPA-E, SBIR, STTR Министерства энергетики США, 2009-2019 годы, млн долл.

Составлено авторами по: ARPA-E budget. URL: <https://arpa-e.energy.gov/?q=arpa-e-site-page/arpa-e-budget>; Report on Technology Transfer and Related Technology Partnering Activities at the National Laboratories and Other Facilities for Fiscal Year 2015 URL: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2018/10/f56/Annual%20DOE%20TT%20Report%20FY2015_0.pdf; Department of Energy FY 2020 Congressional Budget Request c.453 URL: https://science.osti.gov/-/media/budget/pdf/sc-budget-request-to-congress/fy-2020/FY_2020_DOE-Congressional-Budget-justification.pdf?la=en&hash=F4DADB634596AC12B9EF869DC0BA3E-B68A16BA6C (дата обращения 19.06.2020)

2. Финансирование за счет средств лабораторий. Наиболее известной и продуктивной программой собственного финансирования является Программа лабораторных исследований и разработок, направляемых лабораторией (LDRD). Ее цель – активизация инициативных исследований сотрудников национальных лабораторий, которые могут принести прорывные открытия и изобретения, расширить сферы деятельности лаборатории, создать заделы для перспективных направлений. Средства программы формируются как отчисления от всех доходов лаборатории в размере не более 6%. Расходованием средств LDRD управляет руководство лаборатории без согласования с Министерством энергетики, этим она отличается от других программ³³.

«Оружейные» лаборатории используют возможности программы по максимуму, выделяя на нее более 5 процентов своих бюджетов ежегодно, в остальных лабораториях использование возможностей программы различается, но заметен общий тренд на увеличение ее популярности³⁴. Активность программы в «оружей-



ных» лабораториях объясняется как небольшим объемом финансирования гражданских работ в них со стороны Министерства энергетики, так и использованием программы для найма и удержания квалифицированных сотрудников через постдокторскую программу, которая обеспечивает значительную часть рабочей силы этих лабораторий³⁵. Например, в LANL программа традиционно поддерживает более половины постдоков и более половины переходов от постдоков к штатным сотрудникам³⁶.

3. *Доходы от выполнения работ в интересах внешних заказчиков.* К этой категории относятся доходы от лицензий, а также доходы, получаемые по соглашениям SPP и АСТ (см. рисунок 4). На рисунке указаны только доходы по соглашениям SPP с частными заказчиками (NFE). Доходы по соглашениям SPP с иными федеральными агентствами больше примерно на порядок (2,3 млрд долл. в 2015 году)³⁷.

КАДРОВАЯ РАБОТА

1. *Кадры – ключевой ресурс национальных лабораторий.* Важность для национальных лабораторий высококвалифицированного персонала, привлечения студентов, аспирантов, постдокторантов подтверждается их количеством в лабораториях (см. таблицу 2).

Таблица 2

Персонал «оружейных» национальных лабораторий: общее количество, доктора, студенты и постдокторанты, 2019 год

Национальная лаборатория	Численность, чел.	Доктора (PhD), чел. (% от общей численности)	Студенты и постдокторанты, чел.
ЛАНЛ	12752	2413 (19%)	2083
ЛЛНЛ	7909	Н.д.	575
СНЛ	14120	2076 (15%)	1200

Составлено авторами по: LANL Facts, Figures URL: <https://www.lanl.gov/about/facts-figures/index.php>; LLNL Lab at a glance URL: https://www.llnl.gov/sites/www/files/2020-01/LAB_AT_A_GLANCE_vFY2019_final_0.pdf; SNL Facts & Figures https://www.sandia.gov/about/facts_figures/index.html (дата обращения 21.06.2020)

Отмечается острая проблема поддержания высококвалифицированной рабочей силы со специализированными навыками для работ в области национальной безопасности³⁸.

2. *Работа со студентами, аспирантами, постдокторантами, школьниками.* Национальные лаборатории взаимодействуют более, чем с 450 университетами и колледжами, ежегодно расходуя на это более 500 млн долларов³⁹. В частности, проводятся следующие мероприятия (см. таблицу 3).

Таблица 3

Работа со студентами, аспирантами, постдокторантами, школьниками

<i>Категория</i>	<i>Примеры программ и мероприятий</i>	<i>Ежегодно участвуют в программах и мероприятиях, чел.</i>
Постдокторанты	Программы отдельных лабораторий	2300
Аспиранты	Программы научных исследований аспирантов Программа стипендий NNSA для аспирантов	2100
Студенты	Стажировки Летние школы для студентов (примеры: Космическая погода, Компьютерные кластеры и сети, Информационная безопасность, Вычислительная физика, Школа динамики, Ядерная криминалистика и пр.) Исследовательские проекты Компьютерные соревнования (например, защита вымышленных энергетических систем от вымышленных хакеров и пр.) Гранты на обучение	2950 (стажировки) 8500 (совместные исследования лабораторий и университетов)
Школьники	Программы и конкурсы STEM*: летний технический лагерь, 10-недельный курс технических дисциплин, фестиваль «День STEM», конкурс на лучшее изделие, созданное методом 3D-печати и т.д. Программы стажировок для старшей школы Публичные лекции «Наука без границ» (Лос-Аламос), «О науке по субботам» (Ливермор) и пр. Фестивали науки «День открытий», «С наукой весело» и т.д.	Более 250000
Преподаватели и учителя школ	Программы повышения квалификации преподавателей STEM	22000

Примечание: * STEM - комплекс обучения в области естественных наук, технологии, инженерии и математики.

Составлено авторами по: Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 12.06.2020)

3. *Бизнес-подготовка инженеров.* Уделяется внимание подготовке ученых и инженеров в сфере коммерциализации и трансфера технологий. В частности, Программа интенсивного двухмесячного обучения для исследователей и разработ-



чиков Energy I-Corps, на которой объединенные из разных лабораторий команды взаимодействуют с наставниками из бизнеса и промышленных предприятий для подготовки своих инноваций к рынку. В ходе совместной работы участники получают необходимые знания и навыки, образуют отраслевые связи и связи с промышленностью.⁴⁰

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ

1. *Разрабатывать преимущества завтрашнего дня.* Рассмотрение тематик гражданских исследований национальных лабораторий позволяет сделать несколько обобщений: 1) большинство исследований проводятся в перспективных направлениях, результаты которых будут востребованы не только в краткосрочном, но и в долгосрочном периоде, то есть это формирование будущих преимуществ; 2) гражданские направления исследований во многом повторяют направления исследований в военных целях (материалы, ядерная физика, использование суперкомпьютеров и пр.); 3) исследования на пересечении тематик позволяют получить синергетический эффект (биология-энергетика, климат-энергетика и т.д.); 4) разработка сквозных тем, охватывающих несколько программ (масштабные вычисления, кибербезопасность, современные материалы и производство и пр.).

2. *Приоритет – компьютерное моделирование.* Этот метод исследований используется в ядерной физике, изучении вселенной, веществ, энергетике, биологических исследованиях, прогнозировании погоды и т.д. Активно развивается благодаря наличию в национальных лабораториях мощных суперкомпьютеров (11 из 50 самых производительных суперкомпьютеров в мире, включая самые мощные – Summit в ORNL, и Sierra в LLNL⁴¹).

3. *Исследования, а не производство.* Диверсификация в национальных лабораториях включает проведение исследований в гражданских сферах, создание технологий, интеллектуальной собственности, но не производство готовых товаров. Технологии передаются далее промышленным предприятиям частного сектора. Государство с помощью финансовых, правовых механизмов стимулирует передачу технологий в промышленность.

4. *Широкое сотрудничество с университетами, промышленностью, другими лабораториями и научными центрами.* Цели сотрудничества – эффективное использование оборудования, привлечение дополнительных компетенций, знаний, технологий, коммерциализация и продвижение собственных технологий и т.д. Значительная часть совместных работ проводится с государственными структурами – министерствами обороны, внутренней безопасности, здравоохранения, НАСА и пр. В частности, суперкомпьютеры используются для моделирования климата в интересах Национального управления океанических и атмосферных исследований Министерства торговли. Разработки в области биоэнергетики и окружающей среды, применяются для нужд Национального управления по авиации и исследованию космоса, Национальных институтов здравоохранения и пр. Сотрудниче-

ство с университетами (помимо стажировок студентов, участия в учебном процессе) осуществляется посредством обмена персоналом, совместных исследований, создания центров для исследований в новых областях. С 2000 по 2015 год примерно на 175% увеличилось количество совместных с университетами научных публикаций. Промышленность активно пользуется центрами коллективного пользования. Например, возможности суперкомпьютеров используют такие компании, как Caterpillar, Boeing, Pratt & Whitney, Ford, General Motors, General Electric и пр. для моделирования и отработки новых изделий⁴². Также к сотрудничеству привлекаются компании малого и среднего бизнеса, в том числе, по месту нахождения национальных лабораторий⁴³.

5. *Научные сети, банки данных – объединение ученых, объединение знаний.* За счет использования центров коллективного пользования в национальных лабораториях накапливается значительный массив первичных данных, результатов использования моделей и т.д. Трансляция данных от научных установок к суперкомпьютерам осуществляется через высокоскоростную сеть энергетических наук (ESnet). Она объединяет все лаборатории, суперкомпьютерные центры и центры коллективного пользования. Сеть позволяет ученым использовать их независимо от времени и местоположения со скоростью до 100 гигабит в секунду⁴⁴.

ВЫВОДЫ

Проведенный анализ позволил выделить принципы организации гражданских исследований в национальных лабораториях США, которые могут быть интересны для российских научно-исследовательских организаций. Основные из них:

1. Направления гражданских исследований определяются миссией и стратегией национальных лабораторий и Министерства энергетики, а не «кто что может».

2. Национальные лаборатории образуют систему, в рамках которой совместно работают над проектами, используя взаимодополняющие возможности друг друга. Руководство проектами, в которые входят разные лаборатории, осуществляют программные офисы Министерства энергетики.

3. Используется система Центров коллективного пользования, созданных за счет государства и поддерживаемая им. Центры используются как лабораториями, так и внешними пользователями.

4. Активно применяются и постоянно совершенствуются механизмы трансфера технологий.

5. Приоритет государственного финансирования разработок, активизирующего технологический трансфер и коммерциализацию технологий частным сектором. Развитие децентрализованного финансирования прорывных высокорисковых исследований и сотрудничества с промышленностью.

6. Широкий набор программ и мероприятий по привлечению квалифицированных специалистов к профориентационной работе со школьниками, студентами, аспирантами.



7. Гражданская продукция подразумевает исследования, разработку и трансфер технологий, а не производство готовых изделий.

8. Компьютерное моделирование – приоритетный метод исследований в разных сферах.

9. Создание научных сетей, включающих ученых со всего мира, путем привлечения их к работе на уникальном оборудовании, сбор и использование данных, тестирование и распространение своих методик, программ.

10. Тесное сотрудничество с университетами, научными центрами, промышленными предприятиями. Формирование научных коллабораций, передача технологий для коммерциализации промышленным предприятиям.

ПРИМЕЧАНИЯ:

¹ Global Research and Development. Expenditures: Fact Sheet / Congressional Research Service. April 29, 2020. URL: <https://fas.org/sgp/crs/misc/R44283.pdf> (дата обращения 20.06.2020)

² Петровский А.Б., Проницкий С.В., Стернин М.Ю., Шепелёв Г.И. Национальная инновационная система США: характеристики, особенности, пути развития // Научные ведомости: Серия: Экономика. Информатика. 2018. Т.45. № 2. С. 343-352. DOI: 10.18413/2411-3808-2018-45-2-343-352

³ Rising to the Challenge: U.S. Innovation Policy for the Global Economy. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK98691/> (дата обращения 23.06.2020)

⁴ Arenas J.J., González D. Technology Transfer Models and Elements in the University-Industry Collaboration // Administrative Sciences. 2018. 8. 19. doi:10.3390/admsci8020019; Link A.N., Scott J.T. The Economic Benefits of Technology Transfer from U.S. Federal Laboratories // UNC Greensboro Department of Economics Working Paper Series. 2019. Working Paper 19-06. URL: https://ideas.repec.org/p/ris/uncgce/2019_006.html (дата обращения 10.06.2020); Guerrero M., Urbano D. Effectiveness of technology transfer policies and legislation in fostering entrepreneurial innovations across continents: an overview // The Journal of Technology Transfer. 2019. No.44. PP. 1347–1366. <https://doi.org/10.1007/s10961-019-09736-x>

⁵ Higgons R., Cubitt A. Diversification by Defence Companies into Civil Markets Challenges, Opportunities, and Strategic Drivers / Qi3 Insight. 2013. March. URL: <http://www.qi3.co.uk/wp-content/uploads/2013/03/Diversification-by-Defence-Companies-into-Civil-Markets.pdf> (дата обращения 14.06.2020)

⁶ Петровский А.Б., Проницкий С.В., Стернин М.Ю., Шепелёв Г.И. Национальная инновационная система США: характеристики, особенности, пути развития // Научные ведомости: Серия: Экономика. Информатика. 2018. Т.45. № 2. С. 343-352. DOI: 10.18413/2411-3808-2018-45-2-343-352

⁷ Bin-Nun A.Y., Chan G., Anadon L.D., Narayanamurti V., Maxted S.J. The Department of Energy National Laboratories. Organizational design and management strategies to improve federal energy innovation and technology transfer to the private sector. Report. Belfer Center for Science and International Affairs. Harvard Kennedy School. 2017. November. URL: <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/enrp-stpp-lab-report-final-1.pdf> (дата обращения 10.06.2020)

⁸ Управление инновациями в США. Дирекция по инновациям. ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. 2019 г. / Инновации в ТЭК. 29.07.2019 URL: <https://in.minenergo.gov.ru/energynet/analytics/управление-innovatsiyami-v-ssha-obzor> (дата обращения 10.06.2020)

⁹ Панкова Л.В. Военная экономика, инновации, безопасность. - М. : ИМЭМО РАН, 2016. - с.91. DOI:10.20542/978-5-9535-0481-2

¹⁰ LANL Facts, Figures URL: <https://www.lanl.gov/about/facts-figures/index.php>; LLNL Lab at a glance URL: https://www.llnl.gov/sites/www/files/2020-01/LAB_AT_A_GLANCE_vFY2019_final_0.pdf; SNL Facts & Figures https://www.sandia.gov/about/facts_figures/index.html (дата обращения 21.06.2020)

¹¹ Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 20.06.2020)

¹² Department of Energy. Mission. https://www.energy.gov/mission_ (дата обращения 10.06.2020)

¹³ Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 20.06.2020)

¹⁴ Миссии национальных лабораторий URL: <https://www.lanl.gov/mission/index.php>; <https://www.llnl.gov/missions>; <https://www.sandia.gov/about/mission/index.html> (дата обращения 10.06.2020)

¹⁵ Lynn III, W. The End of the Military-Industrial Complex. How the Pentagon Is Adapting to Globalization // Foreign Affairs. – 2014. – 93. – P.104–110. URL: <https://www.foreignaffairs.com/articles/united-states/end-military-industrial-complex> (дата обращения 21.06.2020); The Economics of the Global Defence Industry / К. Hartley, J.Belin. – Routledge, 2019. - 638 p. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10242694.2020.1735695> (дата обращения 21.06.2020)

¹⁶ 16 из 17 национальных лабораторий основаны на модели управления GOCO. Другая модель - GOGO (government-owned, government operated) государственные, контролируемые государством, имеет одна национальная лаборатория - NETL

¹⁷ Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 20.06.2020)

¹⁸ Bin-Nun A.Y., Chan G., Anadon L.D., Narayanamurti V., Maxted S.J. The Department of Energy National Laboratories. Organizational design and management strategies to improve federal energy innovation and technology transfer to the private sector. Report. Belfer Center for Science and International Affairs. Harvard Kennedy School. 2017. November. URL: <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/enrp-stpp-lab-report-final-1.pdf> (дата обращения 10.06.2020)

¹⁹ DOE Office of Science User Facilities. Fiscal Year 2015. URL: <https://science.osti.gov/User-Facilities/User-Statistics/Reports> (дата обращения 11.06.2020)

²⁰ Office of Science. Acknowledging User Facilities URL: https://science.osti.gov/User-Facilities/User-Resources/Acknowledging-User-Facilities_ (дата обращения 11.06.2020)

²¹ Lab Partnering Service URL: [https://www.labpartnering.org/search?typ\[\]=facility](https://www.labpartnering.org/search?typ[]=facility) (дата обращения 12.06.2020)



²² Office of Science. User Facilities. Fiscal Year 2015 <https://science.osti.gov/User-Facilities/User-Statistics/Reports> (дата обращения 12.06.2020)

²³ Office of Science. User Statistics. URL: <https://science.osti.gov/User-Facilities/User-Statistics/By-Institution>, (дата обращения 15.06.2020)

²⁴ Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 18.06.2020)

²⁵ Office of Science. Programs URL: <https://science.osti.gov/Programs> (дата обращения 22.06.2020)

²⁶ Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 18.06.2020)

²⁷ Гапоненко М.А. Вопросы правового регулирования трансфера технологий из военной в гражданскую сферу // Управление наукой и наукометрия. 2019. Т. 14. № 3. С. 459-476 DOI: 10.33873/2686-6706.2019.14-3.459-476; 007 Дегтярева И.В., Баркова Е.В. Механизм реализации трансфера технологий в России: проблемы и источники финансирования // ЦИТИСЭ. 2020. №1 (23). С. 312-325 DOI: <http://doi.org/10.15350/24097616.2020.1.29>

²⁸ Файков Д.Ю., Байдаров Д.Ю. Организация технологического трансфера в национальных лабораториях США: опыт для российских предприятий // Вопросы инновационной экономики. – 2020. – Том 10. – № 3. – doi: 10.18334/vines.10.3.110658.

²⁹ Maximizing University-Industry Engagement with DOE National Laboratories. Quick Guide / University-Industry Demonstration Partnership. The National Academies. 2014. URL: https://nanopdf.com/download/maximizing-u-i-engagement-with-doe-national-labs_pdf (дата обращения 12.06.2020)

³⁰ Nun A.Y., Chan G., Anadon L.D., Narayanamurti V., Maxted S.J. The Department of Energy National Laboratories. Organizational design and management strategies to improve federal energy innovation and technology transfer to the private sector. Report. Belfer Center for Science and International Affairs. Harvard Kennedy School. 2017. November. URL: <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/enrp-stpp-lab-report-final-1.pdf> (дата обращения 10.06.2020)

³¹ Federal Laboratory Technology Transfer. Fiscal Year 2016. Summary Report to the President and the Congress / National Institute of Standards and Technology U.S. Department of Commerce. 2019. September. URL: https://www.nist.gov/system/files/documents/2019/10/30/fy2016_fed_lab_tech_transfer_rept_fina_9-10-19.pdf (дата обращения 11.06.2020)

³² Файков Д.Ю., Байдаров Д.Ю. Организация технологического трансфера в национальных лабораториях США: опыт для российских предприятий // Вопросы инновационной экономики. – 2020. – Том 10. – № 3. – doi: 10.18334/vines.10.3.110658.

³³ Fiscal Year 2016 Report to Congress on Laboratory Directed Research and Development at the DOE National Laboratories. URL: <https://www.aip.org/sites/default/files/aipcorp/images/fyi/pdf/fy16-doe-ldrd-report-to-congress.pdf> (дата обращения 12.06.2020)

³⁴ Bin-Nun A.Y., Chan G., Anadon L.D., Narayanamurti V., Maxted S.J. The Department of Energy National Laboratories. Organizational design and management strategies to improve federal energy innovation and technology transfer to the private sector. Report. Belfer Center for Science and International Affairs. Harvard Kennedy School. 2017. November. URL: <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/enrp-stpp-lab-report-final-1.pdf> (дата обращения 10.06.2020)



³⁵ Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 18.06.2020)

³⁶ LANL Laboratory Directed Research & Development. URL: <https://www.lanl.gov/science-innovation/science-programs/ldr/index.php> (дата обращения 21.06.2020)

³⁷ Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 18.06.2020)

³⁸ Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 18.06.2020)

³⁹ Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 14.06.2020)

⁴⁰ DOE Office of Technology Transitions. Energy I-Corps. URL: <https://www.energy.gov/technologytransitions/energy-i-corps> (дата обращения 23.06.2020)

⁴¹ TOP500 LIST - NOVEMBER 2019. URL: <https://www.top500.org/lists/top500/list/2019/11/?page=1> (дата обращения 27.06.2020)

⁴² Annual Report on the State of the DOE National Laboratories 2017. URL: <https://www.energy.gov/downloads/annual-report-state-doe-national-laboratories> (дата обращения 19.06.2020)

⁴³ Report on Technology Transfer and Related Technology Partnering Activities at the National Laboratories and Other Facilities for Fiscal Year 2015 <https://www.nist.gov/system/files/documents/2017/04/19/technologytransferreporttocongressfy14.pdf> (дата обращения 17.06.2020)

⁴⁴ Energy Sciences Network (ESnet) / US DOE Office of Science <https://science.osti.gov/ascr/Facilities/User-Facilities/ESnet> (дата обращения 14.06.2020)

БИБЛИОГРАФИЯ:

Гапоненко М.А. Вопросы правового регулирования трансфера технологий из военной в гражданскую сферу // Управление наукой и наукометрия. 2019. Т. 14. № 3. С. 459-476 DOI: 10.33873/2686-6706.2019.14-3.459-476 (Gaponenko M.A. Voprosy` pravovogo regulirovaniya transfera tehnologij iz voennoj v grazhdanskuyu sferu // Upravlenie naukoj i naukometriya. 2019. T. 14. № 3. S. 459-476 DOI: 10.33873/2686-6706.2019.14-3.459-476)

Дегтярева И.В., Баркова Е.В. Механизм реализации трансфера технологий в России: проблемы и источники финансирования // ЦИТИСЭ. 2020. №1 (23). С. 312-325 DOI: <http://doi.org/10.15350/24097616.2020.1.29> (Degtyareva I.V., Barkova E.V. Mexanizm realizacii transfera tehnologij v Rossii: problemy` i istochniki finansirovaniya // CITISE`. 2020. №1 (23). S. 312-325 DOI: <http://doi.org/10.15350/24097616.2020.1.29>)

Панкова Л.В. Военная экономика, инновации, безопасность. - М.: ИМЭМО РАН, 2016. -149 с. DOI:10.20542/978-5-9535-0481-2 (Pankova L.V. Voennaya e`konomika, innovacii, bezopasnost`. - M.: IME`MO RAN, 2016. -149 s. DOI:10.20542/978-5-9535-0481-2)

Петровский А.Б., Проничкин С.В., Стернин М.Ю., Шепелёв Г.И. Национальная инновационная система США: характеристики, особенности, пути развития // Научные ведомости: Серия: Экономика. Информатика. 2018. Т.45. № 2. С. 343-352. DOI: 10.18413/2411-3808-2018-45-2-343-352 (Petrovskij A.B., Pronichkin S.V., Sternin M.Yu., Shepelyov G.I.



Nacional'naya innovacionnaya sistema SShA: xarakteristiki, osobennosti, puti razvitiya // Nauchny'e vedomosti: Seriya: E'konomika. Informatika. 2018. T.45. № 2. S. 343-352. DOI: 10.18413/2411-3808-2018-45-2-343-352)

Управление инновациями в США. Дирекция по инновациям. ФГБУ «РЭА» Минэнерго России. 2019 г. / Инновации в ТЭК. 29.07.2019 URL: <https://in.minenergo.gov.ru/energynet/analytics/upravlenie-innovatsiyami-v-ssha-obzor> (дата обращения 10.06.2020) (Upravlenie innovatsiyami v SShA. Direkciya po innovatsiyam. FGBU «RE`A» Mine`nergo Rossii. 2019 g. / Innovacii v TE`K. 29.07.2019 URL: <https://in.minenergo.gov.ru/energynet/analytics/upravlenie-innovatsiyami-v-ssha-obzor> (data obrashheniya 10.06.2020))

Файков Д.Ю., Байдаров Д.Ю. Организация технологического трансфера в национальных лабораториях США: опыт для российских предприятий // Вопросы инновационной экономики. – 2020. – Том 10. – № 3. – doi: 10.18334/vines.10.3.110658 (Fajkov D.Yu., Bajdarov D.Yu. Organizaciya texnologicheskogo transfera v nacional'ny`x laboratoriyax SShA: opy`t dlya rossijskix predpriyatij // Voprosy` innovacionnoj e`konomiki. – 2020. – Tom 10. – № 3. – doi: 10.18334/vines.10.3.110658)

Arenas J.J., González D. Technology Transfer Models and Elements in the University-Industry Collaboration // Administrative Sciences. 2018. 8. 19. doi:10.3390/admsci8020019

Bin-Nun A.Y., Chan G., Anadon L.D., Narayanamurti V., Maxted S.J. The Department of Energy National Laboratories. Organizational design and management strategies to improve federal energy innovation and technology transfer to the private sector. Report. Belfer Center for Science and International Affairs. Harvard Kennedy School. 2017. November. URL: <https://www.belfercenter.org/sites/default/files/files/publication/enrp-stpp-lab-report-final-1.pdf> (дата обращения 10.06.2020)

Guerrero M., Urbano D. Effectiveness of technology transfer policies and legislation in fostering entrepreneurial innovations across continents: an overview // The Journal of Technology Transfer. 2019. No.44. PP. 1347–1366. <https://doi.org/10.1007/s10961-019-09736-x>

Higsons R., Cubitt A. Diversification by Defence Companies into Civil Markets Challenges, Opportunities, and Strategic Drivers / Qi3 Insight. 2013. March. URL: <http://www.qi3.co.uk/wp-content/uploads/2013/03/Diversification-by-Defence-Companies-into-Civil-Markets.pdf> (дата обращения 14.06.2020)

Link A.N., Scott J.T. The Economic Benefits of Technology Transfer from U.S. Federal Laboratories // UNC Greensboro Department of Economics Working Paper Series. 2019. Working Paper 19-06. URL: https://ideas.repec.org/p/ris/uncgce/2019_006.html (дата обращения 10.06.2020)

Lynn III, W. The End of the Military-Industrial Complex. How the Pentagon Is Adapting to Globalization // Foreign Affairs. – 2014. – 93. – P.104–110. URL: <https://www.foreignaffairs.com/articles/united-states/end-military-industrial-complex> (дата обращения 21.06.2020)

Raska M. Strategic Competition for Emerging Military Technologies // PRISM, Vol. 8, No. 3 (2019), pp. 64-81 URL: <https://www.jstor.org/stable/10.2307/26864277> (дата обращения 11.06.2020)

The Economics of the Global Defence Industry / K. Hartley, J.Belin. – Routledge, 2019. - 638 p. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10242694.2020.1735695> (дата обращения 21.06.2020)

