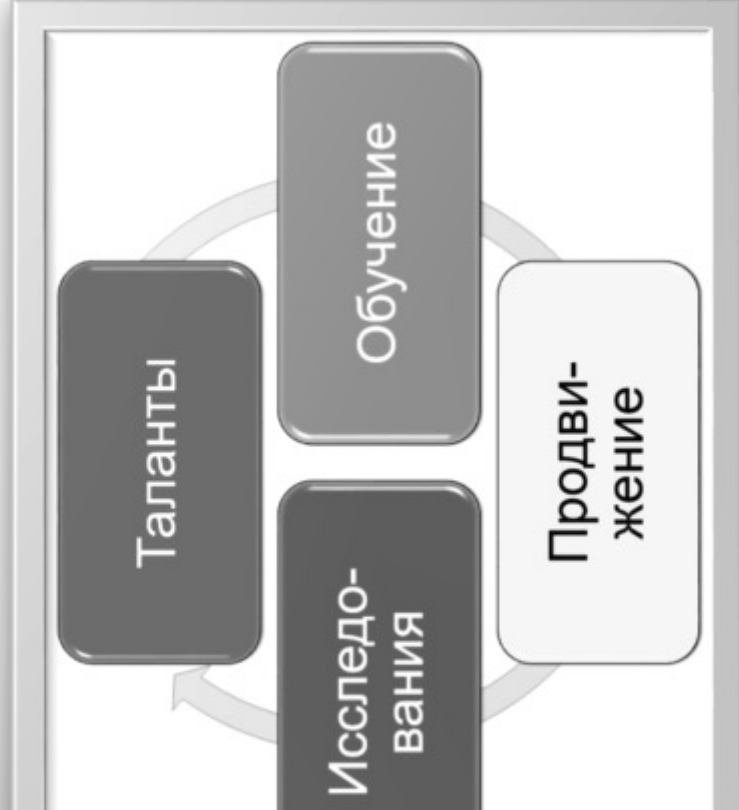


Суперкомпьютерное образование проектирование архитектуры суперкомпьютеров



Игорь Одинцов
Уководитель отдела НИР
группа компаний РСК

Преподавание информационных технологий
в Российской Федерации 2018
Москва, МГТУ
15 мая 2018 г.



Вузовское
ИТ-
образование



Область
стыковки
(принятия
решений)



Экосистема



Работодатели



ЖИЗНЬ

Базовое
вузовское
образование

От 1 до 3 раз

Профессиональная
деятельность





ЖИЗНЬ

**Базовое
вузовское
образование**

**Профессиональная
деятельность**

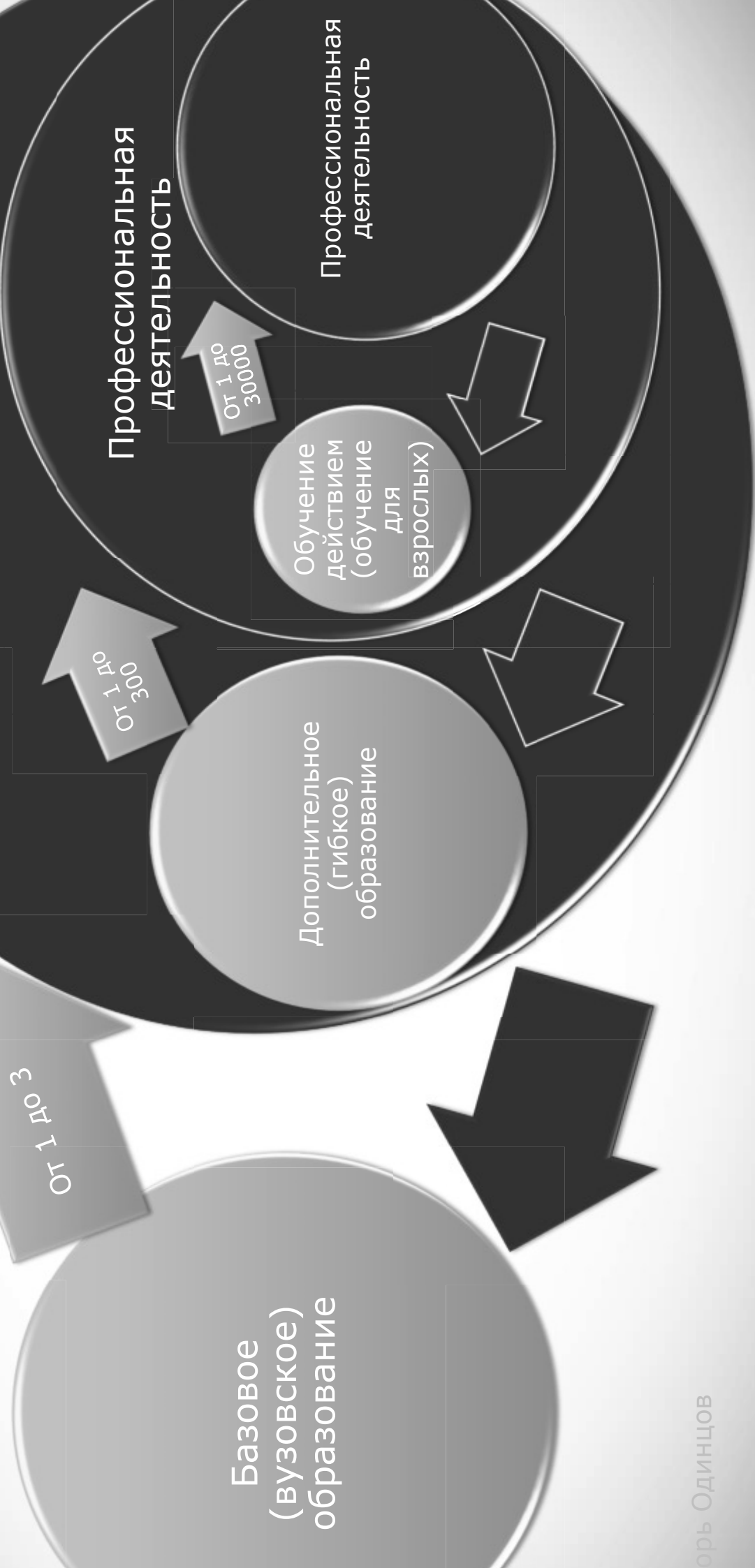
Дополнительное
(гибкое)
образование

Профессиональная
деятельность

От 1 до 100



Жизнь как прерывное образование



Парадигма базового образования в ИТ

развитие умения учиться, т.е. способности быстрому и эффективному усвоению новых знаний в ИТ-области на основе:

- *Фундаментального математического университетского образования*
- *Современных подходов к профессиональной разработке программного обеспечения от ИТ-индустрии*
- *Изучения будущего с применением изобретательского, системного и творческого мышления*

Парадигма гибкого образования в ИТ

- Парадигма гибкого образования в ИТ – это передача ИТ-культуры (включая научные понятия, парадигмы, технологии и т.п.) посредством набора инструментов (мероприятий) и процессов, позволяющих как можно быстрее адаптировать образование к нуждам реальных потребителей ИТ-индустрии.

Классификация инструментов гибкого образования

Длительность Территория \	Краткое (разовое)	Среднесрочное	Долгосрочное
ИТ-индустрии			
Нейтральная			↕ Мощность
Буза			

Классификация инструментов гибкого образования

Длительность Территория \	Краткое (разовое)	Среднесрочное	Долгосрочное
ИТ-индустрии	<ul style="list-style-type: none">• Олимпиады• Конкурсы• Хакатоны	<ul style="list-style-type: none">• Молодежные школы• Летняя интернатура	<ul style="list-style-type: none">• Учебные центры• Интернатура
Нейтральная	<ul style="list-style-type: none">• Конкурсы• Олимпиады• Научные битвы• Антитренинг	<ul style="list-style-type: none">• Конференции	<ul style="list-style-type: none">• Студенческие лаборатории• Образовательные порталы
Вуза	<ul style="list-style-type: none">• Олимпиады• Конкурсы• Договора НИР	<ul style="list-style-type: none">• Молодежные школы• Студенческие конференции	<ul style="list-style-type: none">• Базовая кафедра• Квази-базовая кафедра

Парадигма обучения тех, кому это надо 😊

- Готовность к *«обучению взрослого»* определяется его стремлением при помощи учебной деятельности решить **свои жизненно важные проблемы и достичь конкретной цели**
- Характеристикой метода *«обучение действием»* считается то, что участники **сразу решают свои актуальные задачи с помощью необходимых знаний**

Исследовал
Malcom Knowle

Исследовал
Reg Revans

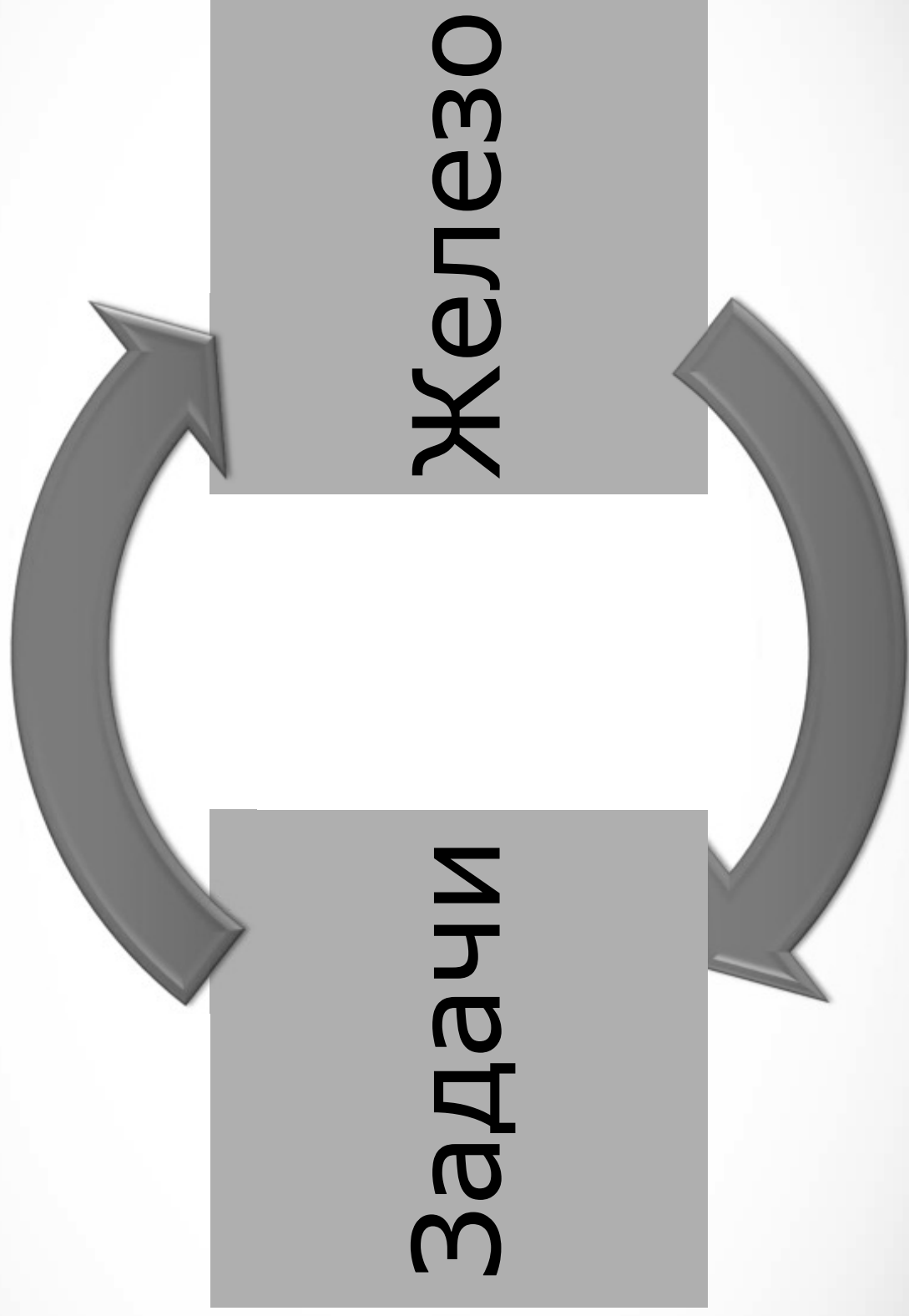


Программа молодежной школы

Время	Мероприятие	Название
1 (пн)	1-й день	Понедельник
12:00-2:00	Трековая лекция	Обзор суперкомпьютерных решений и историй успеха от РСК
2:30-3:40	Обсуждение плана работы	Что такое суперкомпьютер, зачем он нужен и каков план нашей работы?
3:00-3:30	Мастер-класс 1	Проблемно-ориентированный подход: от задач к железу и обратно к задачам
2 (вт)	2-й день	Вторник
3:00-3:30	Мастер-класс 2	Основы построения суперкомпьютеров: сравнительный анализ аппаратных архитектур (вычислительные узлы)
3:40-5:30	Мастер-класс 3	Основы построения суперкомпьютеров: сравнительный анализ интерконнекта (сетевое оборудование)
3:00-3:30	Мастер-класс 4	Основы построения суперкомпьютеров: системы хранения данных
3 (ср)	3-й день	Среда
3:40-3:50	Мастер-класс 5	Системы управления суперкомпьютерными системами
3:00-3:30	Мастер-класс 6	Администрирование больших суперкомпьютерных систем
4 (чт)	4-й день	Четверг
3:00-3:40	Мастер-класс 7	Основы построения суперкомпьютеров: обеспечение необходимой инфраструктуры (высокая плотность, охлаждение, питание)
3:00-3:30	Работа с экспертами	Консультации для слушателей в рамках разработки проекта «Суперкомпьютерное решение для моей организации»
5 (пт)	5-й день	Пятница
3:20-3:30	Пленарная лекция	Технологии РСК для экзаскейла
3:00-3:30	Защита проектов	Защита проектов слушателей «Суперкомпьютерное решение для моей организации»
3:00-3:40	Панельная дискуссия	Как проектировать и развивать суперкомпьютерные решения в университетах и академических организациях
3:00-3:30	Планы на будущее	



Как всё видится «с высоты птичьего полёта»





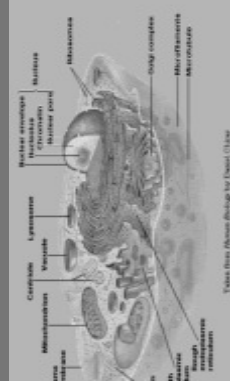
Краткое введение в суперкомпьютеры

Задачи: текущие и перспективные

Область	Скорость
Динамика	10 Petaflops
Верная оптика	20 Petaflops
Молекулярная динамика	200 Petaflops
Динамический дизайн	1 Exaflops
Вычислительная космология	10 Exaflops
Сложные задачи в физике	100 Exaflops
Вычислительная химия	1 Zettaflops

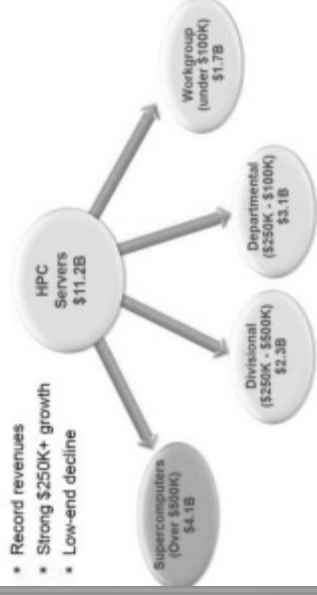
Примеры эксафлопсных задач:

- Полное моделирование поведения самолета
- Использование знаний о геноме в медицине
- Исследование Большого Взрыва Вселенной
- Синтетические топлива
- Точное моделирование и прогноз погоды

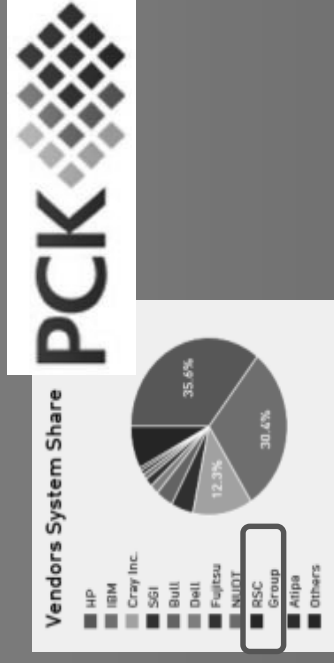


Источник: Dr. Steve Chen, Growing HPC Momentum in China, June 30th, 2006, Berlin, Germany

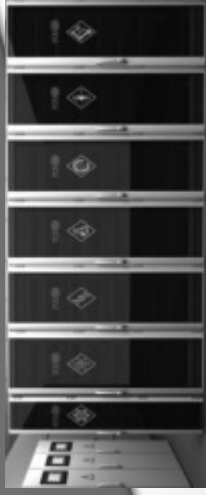
Рынок



Источник: Trends in the Worldwide HPC Market SC17 November 2017 Earl Joseph, Steve Conway, Bob Sorensen and Alex Norton



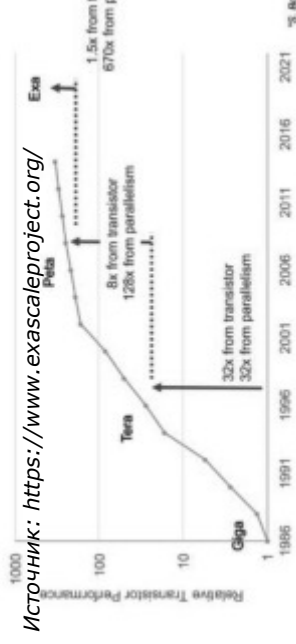
Источник: Top500.org (ноябрь 2014)



Тренды

Параллелизм

From Giga to Exa, via Tera & Peta*



Источник: <https://www.exascaleproject.org/>

Performance from parallelism

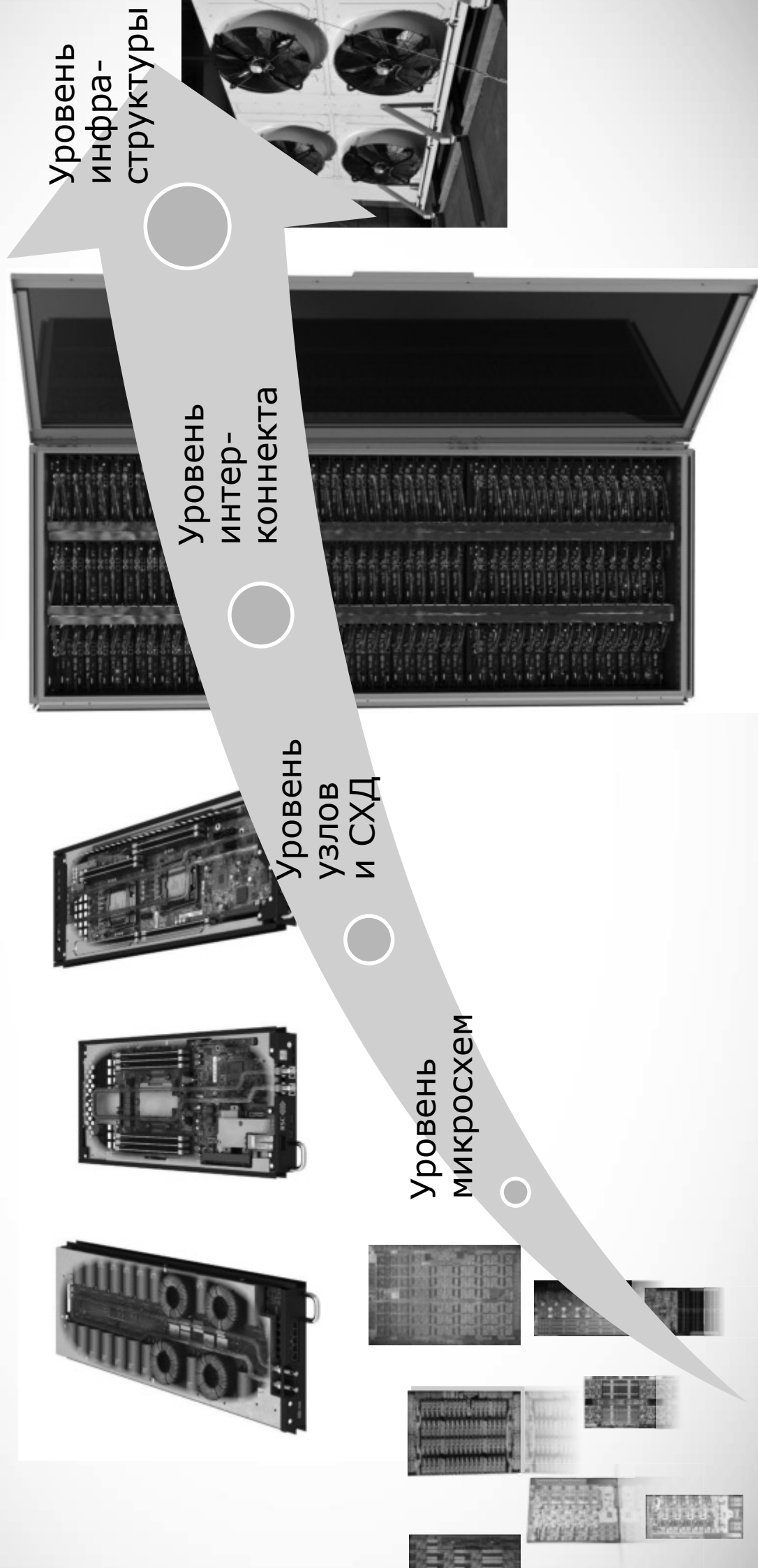
Проблемы на пути к экзаскейлу: отказоустойчивость

«All aspects of exascale computing from hardware up to the application can and must contribute to create viable resilience strategies»

Источник: Top 10 exascale research challenges, DOE ASCAC report, R. Lucas et al, Feb 10, 2014, p 52



Аппаратная архитектура суперкомпьютера





Масштабируемость решений



До 42 ТФЛОПС

Intel® Xeon Phi™



До 54 ТФЛОПС

Intel® Xeon®

До 110 ТФЛОПС

Intel® Xeon Phi™



До 143 ТФЛОПС

Intel® Xeon®

До 32 узлов

До 1 ПФЛОПС

Intel® Xeon Phi™



До 1,37 ПФЛОПС

Intel® Xeon®

До 306 узлов



Сотни ПФЛОПС
от 2 шкафов

Размер системы

РСК Поле

РСК микроЦОД

РСК миниЦОД

РСК ЦОД



Экзаскейл – это мировой тренд

Exascale computing systems are essential for the scientific fields that will transform the century global economy, including energy, biotechnology, and materials science. Progress in these fields is predicated on the ability to perform advanced scientific and engineering simulations, and analyze the deluge of data. The Department of Energy's 2011 strategic plan 2012 addendum calls out a Priority Goal: *Lead Computational Sciences and High-Performance Computing and a Targeted Outcome: Continue to develop and deploy high-performance computing hardware and software systems through exascale platforms.*



Exascale Race/Technologies Projected Exascale Dates and Suppliers

<p>U.S.</p> <ul style="list-style-type: none"> Sustained ES: 2023 Peak ES: 2021 Vendors: U.S. Processors: U.S. Initiatives: NSCI/IECP Cost: \$300-500M per system, plus heavy R&D investments 	<p>EU</p> <ul style="list-style-type: none"> Sustained ES: 2023-24 Peak ES: 2021 Vendors: U.S., Europe Processors: U.S., ARM Initiatives: PRACE, ETP-4-HPC Cost: \$300-\$350 per system, plus heavy R&D investments
<p>China</p> <ul style="list-style-type: none"> Sustained ES: 2023 Peak ES: 2020 Vendors: Chinese Processors: Chinese (plus U.S.?) 3- 5-Year Plan Cost: \$350-500M per system, plus heavy R&D 	<p>Japan</p> <ul style="list-style-type: none"> Sustained ES: 2021-23, 30+ MW Peak ES: Not planned Vendors: Japanese Processors: Japanese Cost: \$600-850M, this includes both 1 system and the R&D costs... will also do many smaller size systems

Trends in the Worldwide HPC Market Projected Exascale Investment Levels (In Addition to System Purchases)

<p>U.S.</p> <ul style="list-style-type: none"> \$1 to \$2 billion a year in R&D (including NRE) Investments by both governments & vendors Plans are to purchase multiple exascale systems 	<p>EU</p> <ul style="list-style-type: none"> About 5 billion euros in total Investments in multiple exascale and pre-exascale systems Investments mostly by country governments with a little from the EU
<p>China</p> <ul style="list-style-type: none"> Over \$1 billion a year in R&D Investments by both governments & vendors Plans are to purchase multiple exascale systems Already investing in 2 pre-exascale systems by 2017/18 	<p>Japan</p> <ul style="list-style-type: none"> Planned investment of just over \$1 billion* (over 5 years) for both the R&D and purchase of 1 exascale system To be followed by a number of smaller systems ~\$100M to \$150M each Creating a new processor and a new software environment

*Note that this includes both the system and R&D



Applications are addressing national problems across strategic pillars

Energy security
Turbine wind plant efficiency
Design and commercialization of SMRs
Nuclear fission and fusion reactor materials design
Subsurface use for carbon capture, petroleum extraction, waste disposal
High-efficiency, low-emission combustion engine and gas turbine design
Clean fossil fuel combustion
Biocatalyst design

Economic security
Additive manufacturing of metal parts
Urban planning
Reliable and efficient planning of the power grid
Seismic hazard risk assessment

Scientific discovery
Control of the structure of materials
Validate laws
Plan and execute experiments
Light source analysis and structure
Fusion and control
Maglev reactor
Design of chemical processes

Earth system
Health care

Exascale Bridges the Gap!

Simulation Gap	Needed to Address the Gap	Impact of Gap Remaining
Simplified or incomplete physics	<ul style="list-style-type: none"> Higher fidelity models for all relevant physical phenomena Compute memory and speed necessary to accommodate their numerical solutions and their non-linear coupling requirements 	<ul style="list-style-type: none"> Cleaner, more efficient combustion engine designs delayed, or not discovered Inefficient agriculture & energy production sector planning - inefficient regional water cycle assessments Fewer (but more expensive) options for CO₂ sequestration, petroleum extraction, geothermal energy, due to lack of understanding long term reservoir scale behavior Aerodynamic discoveries (origin of elements in the universe, gravity waves) remain elusive
Simulation detail insufficient	<ul style="list-style-type: none"> Larger simulation domain Finer partitioning of the simulation domain Computing speed, memory and I/O to accommodate larger simulation domains with finer partitioning Workflows integrating an advanced technology and software toolset Data streaming methods to alter simulation partition real time 	<ul style="list-style-type: none"> Conervative earthquake models more costly and over-designed Ability to predict and control material properties at the quantum level precludes advances in high temperature superconductivity Higher power grid operating margins and test cost savings potential Worst plant efficiencies lag theoretical energy extraction potential by 20-30% Delays in scale-up of new chemical looping reactors for clean fossil fuel combustion Key cosmology and nuclear physics discoveries - dark matter/energy, standard model of particle physics, relation of the universe - remain elusive
Can only simulate subset of scenarios of interest	<ul style="list-style-type: none"> Robust and fast algorithms for the numerical solution of coupled multi-physics systems that expand limits of applicability Workflow tools to analyze simulation ensembles 	<ul style="list-style-type: none"> Continued high injection rates (80% of actively manufactured metal alloy parts with tight specifications, increasing waste and cost Tools for retrofitting & improving urban districts remain empirical Limited ability to influence ITER design decisions and ultimate operations
Uncertainty insufficiently quantified	<ul style="list-style-type: none"> High fidelity in situ data analytic techniques for reliable quantification of simulation uncertainties and sensitivities Workflow tools to analyze simulation ensembles 	<ul style="list-style-type: none"> Protracted deployment of small & advanced nuclear reactors Delays in design of small, low cost, and ultra high intensity plasma wakefield accelerators Eng & materials design requires more expensive & time-consuming physical experiments
Unable to intersect to design cycle	<ul style="list-style-type: none"> Improved computer throughput to shorten simulation turn-around times Large ensembles of calculations to enable optimization thru rigorous exploration of design space 	<ul style="list-style-type: none"> Continue deploying materials for extreme environments with a cumbersome make-test cycle rather than by atomic-scale design Efficient in situ design of new chemical catalysts not realized
Inadequate analysis and knowledge discovery in big data	<ul style="list-style-type: none"> Scalable AI (deep learning) networks of large size and complexity for efficient training on big datasets. Efficient computational workflows seamlessly integrating simulation, data analysis, and big datasets 	<ul style="list-style-type: none"> New cancer biology treatment options missed or delayed due to unrealized understanding of precision oncology Analysis and reduction of data deluge from experimental science facilities requires weeks (instead of near real time) Manufacture of new products and chemicals delayed or missed because microscale DNA sequencing unable to keep up with available data Ability to quantify uncertainties via a nexus of simulation and experimental facility data

https://www.energy.gov/~media/ber/be-111/KOTHE_2017_FALL_BERAC

Задачи для экзаскейла

Т CANDLE использует новые вычислительные методы **лечения рака** с помощью точной медицины. Решение из проблем, которые мы хотим сделать в течение следующих нескольких лет, абсолютно потребуют экзаскейла

Fighting Cancer with Deep Learning at Scale with the CANDLE Project

January 12, 2018 by Rich Brueckner [Leave a Comment](#)

Could CANDLE achieve its objectives without exascale?

No. All of these problems are really aimed at big, overarching challenges that require exascale, and we're climbing up the exascale mountain, so to speak. The first machine that will get us substantially closer to that will be Summit at Oak Ridge. It will have thousands of GPUs and be extremely well-suited to deep learning. But we're also using the intel processors at Argonne and Berkeley to advance this as well, so the system is not specific to any given architecture. It's designed to run the problems across multiple architectures, but it's definitely forward-looking toward exascale. Many of the problems we have in our imagination that we want to do over the next few years will absolutely require exascale.

<https://www.hpcwire.com/2018/01/fighting-cancer-with-deep-learning-at-scale-candle-project/>



Exascale Computing to Help Accelerate Drive for Clean Fusion Energy

By Jon Bashor, Lawrence Berkeley National Laboratory Computing Sciences

October 2, 2017

Editor's note: One of the U.S. Exascale Computing Project's mandates is to explain how exascale computing power will enhance scientific discovery and society broadly. This article from ECP not only examines the need for exascale computing power to advance research on fusion reactor design but it also highlights the potential for collaboration with industry partners who will require this kind of power.

Экзаскейльные компьютеры ускорить моделирование термоядерного синтеза и тем самым приблизится к получению чистой энергии. Утверждается, на текущих мощностях потребуются 30 лет, чтобы завершить работу. "Doing this will certainly require exascale computing," Tajima said. "Without it we will take up to 30 years to finish – and our investment cannot wait that long.

Источники:

<https://www.hpcwire.com/2017/10/02/e-computing-help-accelerate-drive-clean-fusion-energy/>



Проблемно-ориентированный подход: от задач к железу и обратно

Задача 1
Исморазведка

Задача 2
Гидродинамика

Задача 3
Биофизика

Задача 4
Обработ. видео

Задача 5
Ваша задача

Сверхидея

1.2. Предметные области

1.3. Задачи

1.4. Вычислительные модели

Пакеты:

Профессиональные пакеты для различных предметных областей

3. Алгоритмы:

- Методики управления вычислениями
- Методики управления данными

4. Языки:

- Моделирования, Программирования, Библиотек, Ранее написанной функциональности, Оптимизации, Распараллеливания, ...

5. Инструменты:

- Среды разработки,
- Среды исполнения,
- Оптимизации,
- Распараллеливания,
- Системное ПО
- ...

Вычислительные архитектуры

Аппаратные архитектуры, интерконнект, СХД, инфраструктура)

ядра-процессоры, память-СХД, коммуникации-компьютерные шины, узлы-кластера, ...

7. Решение:

- производительность
- энергоэффективность
- СТОИМОСТЬ

пар.арх. 1
Intel Xeon Phi

Аппар.арх. 2
Intel Xeon Phi

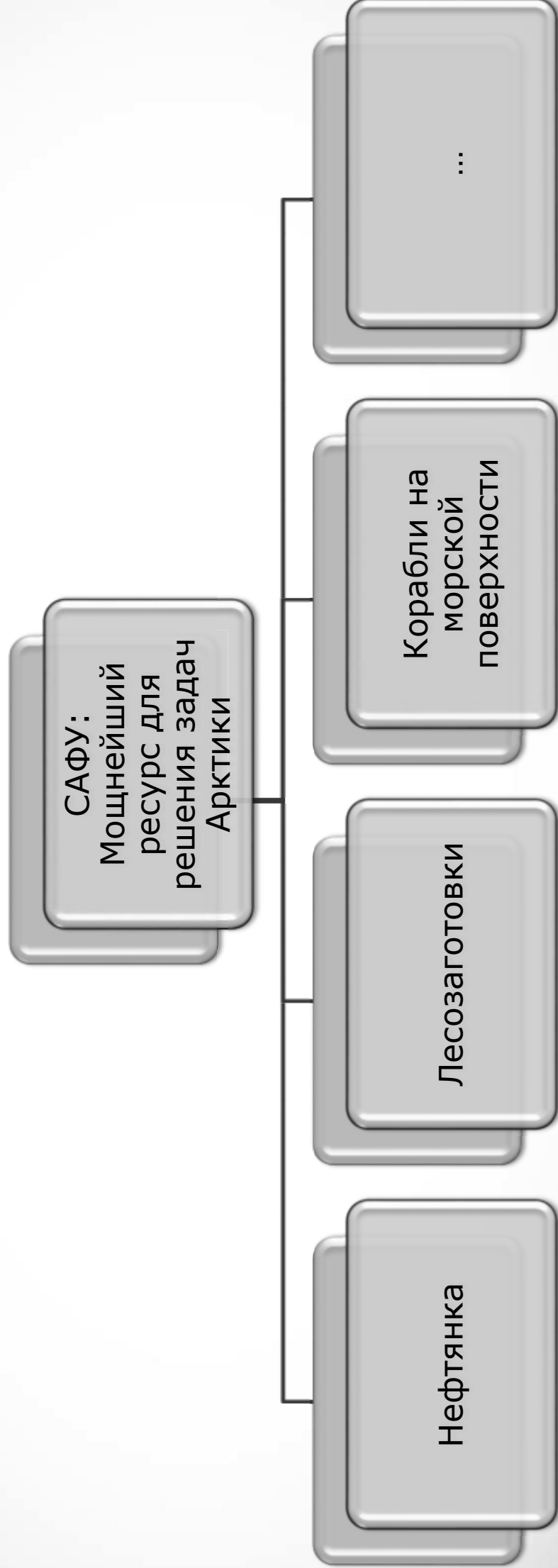
Аппар.арх. 3
Nvidia DGX-1

Аппар.арх. 4
Эльбрус

Аппар.арх. 5
FPGA

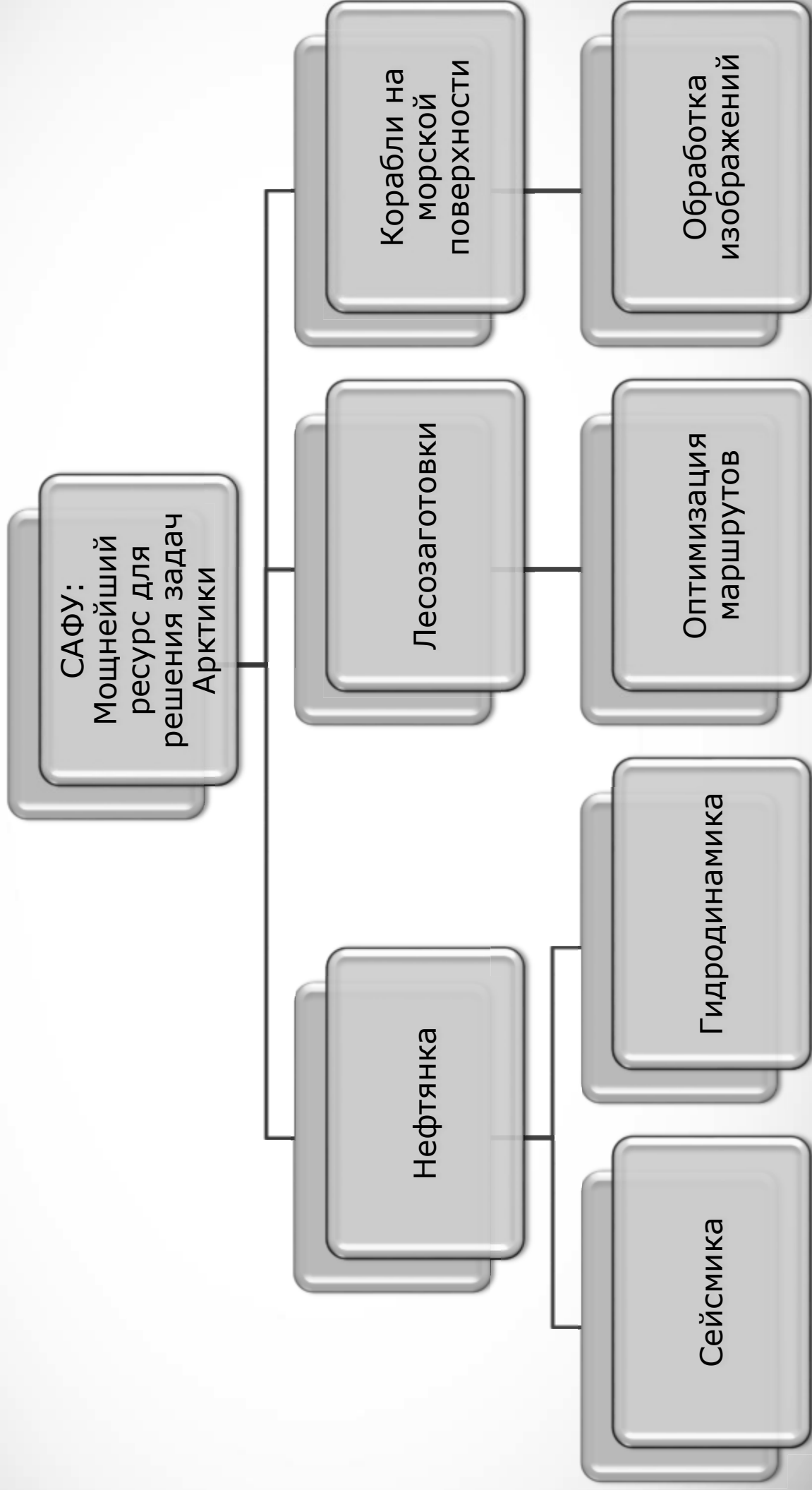


Идентификация прикладных областей для Вашей организации (пример)



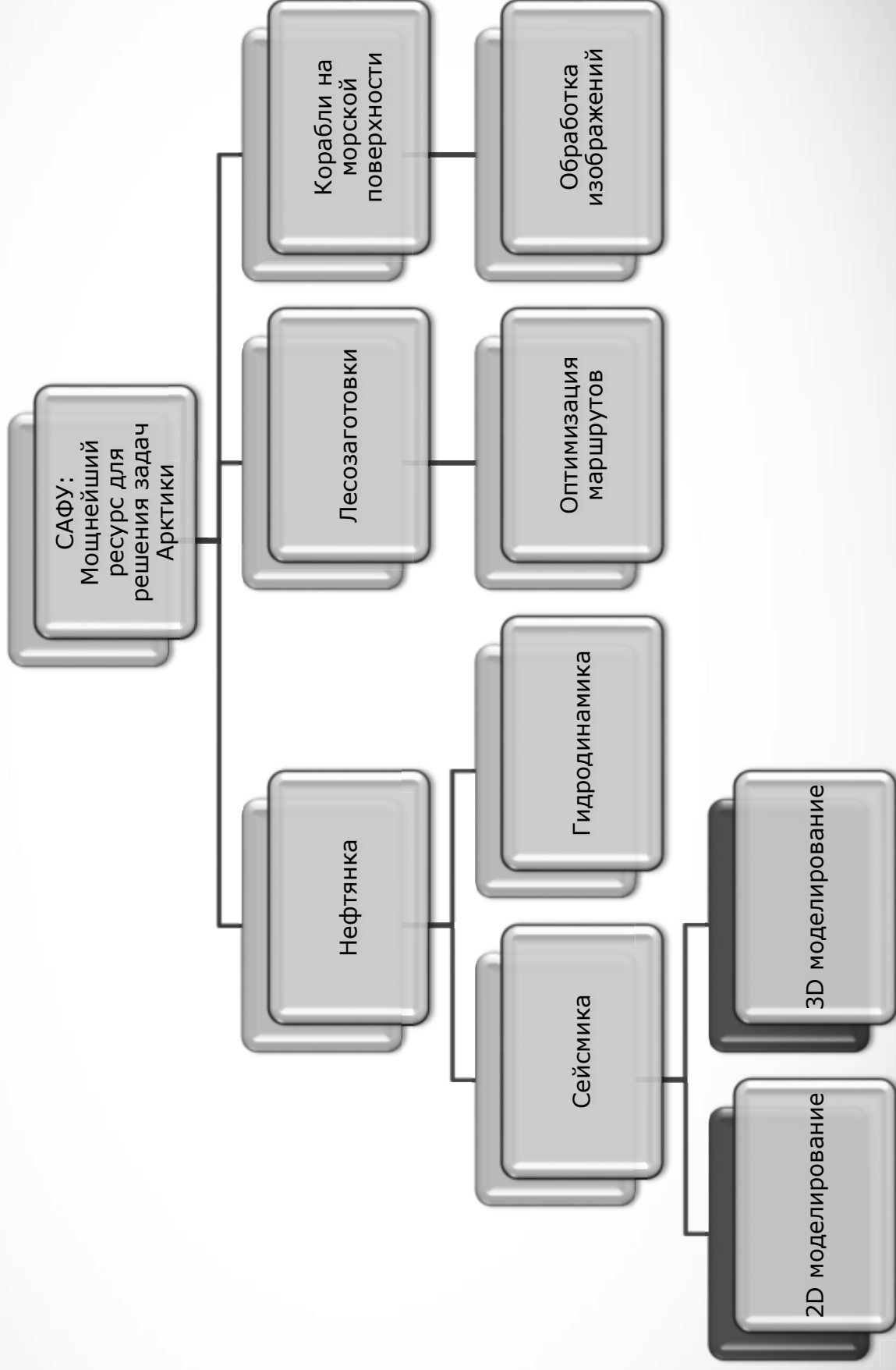


Идентификация прикладных областей для Вашей организации (пример)



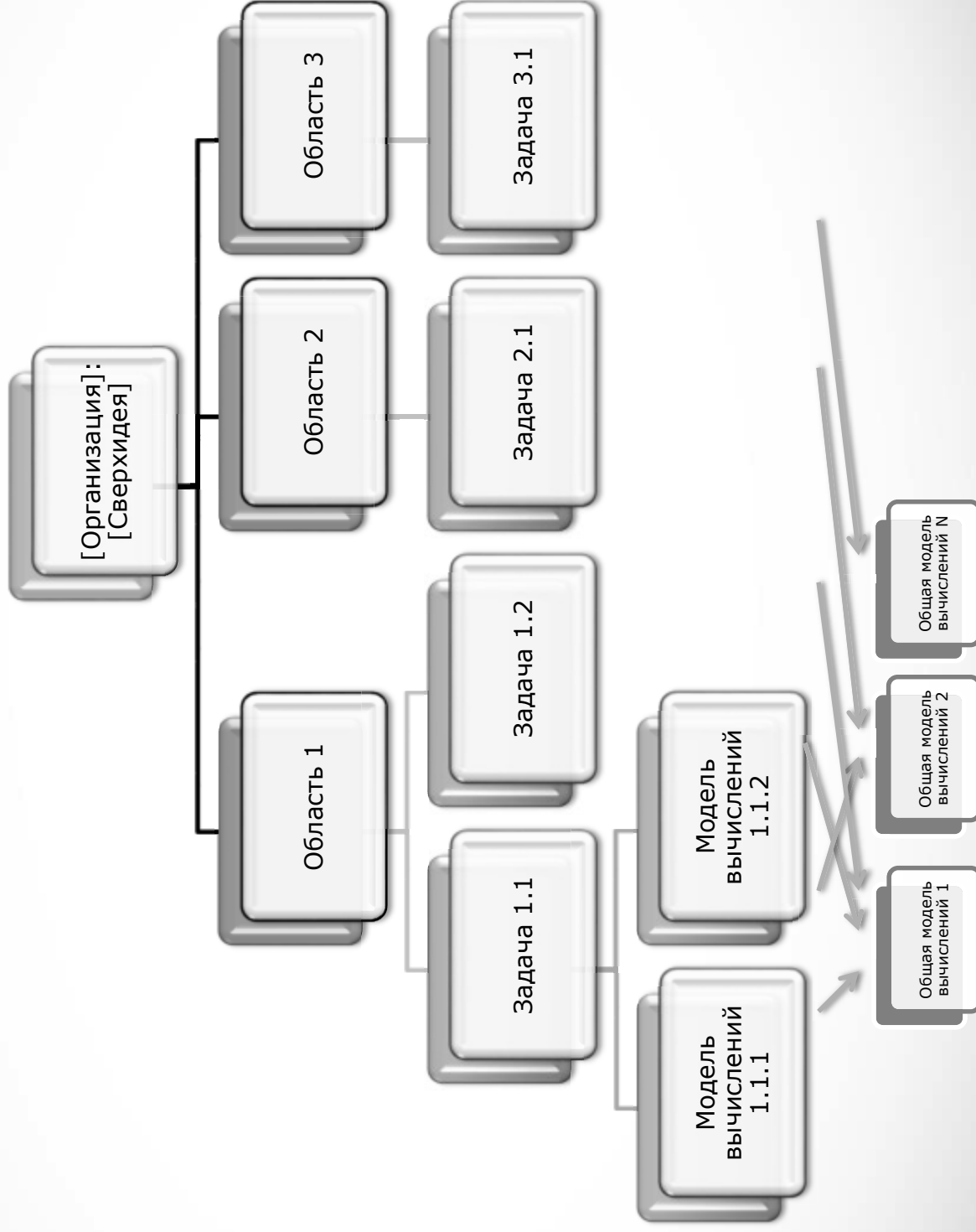


Идентификация прикладных областей для Вашей организации (пример)





Идентификация прикладных областей для Вашей организации (пример)





Поиск программного обеспечения для идентифицированных задач

Вид ПО	Прикладная область 1 Задача 1 Модель вычислений 1		
существуют бесплатное ПО доступно с открытым программным кодом) для решения типичных задач из предметных областей			
существуют коммерческое ПО для решения типичных задач из предметных областей			
требуется перенос существующего ПО (сложность переноса и ожидаемое ускорение)			
отсутствует , оно будет разработано в организации с нуля сложность разработки и ожидаемое ускорение)			
рекомендуемый узел аппаратная архитектура)			



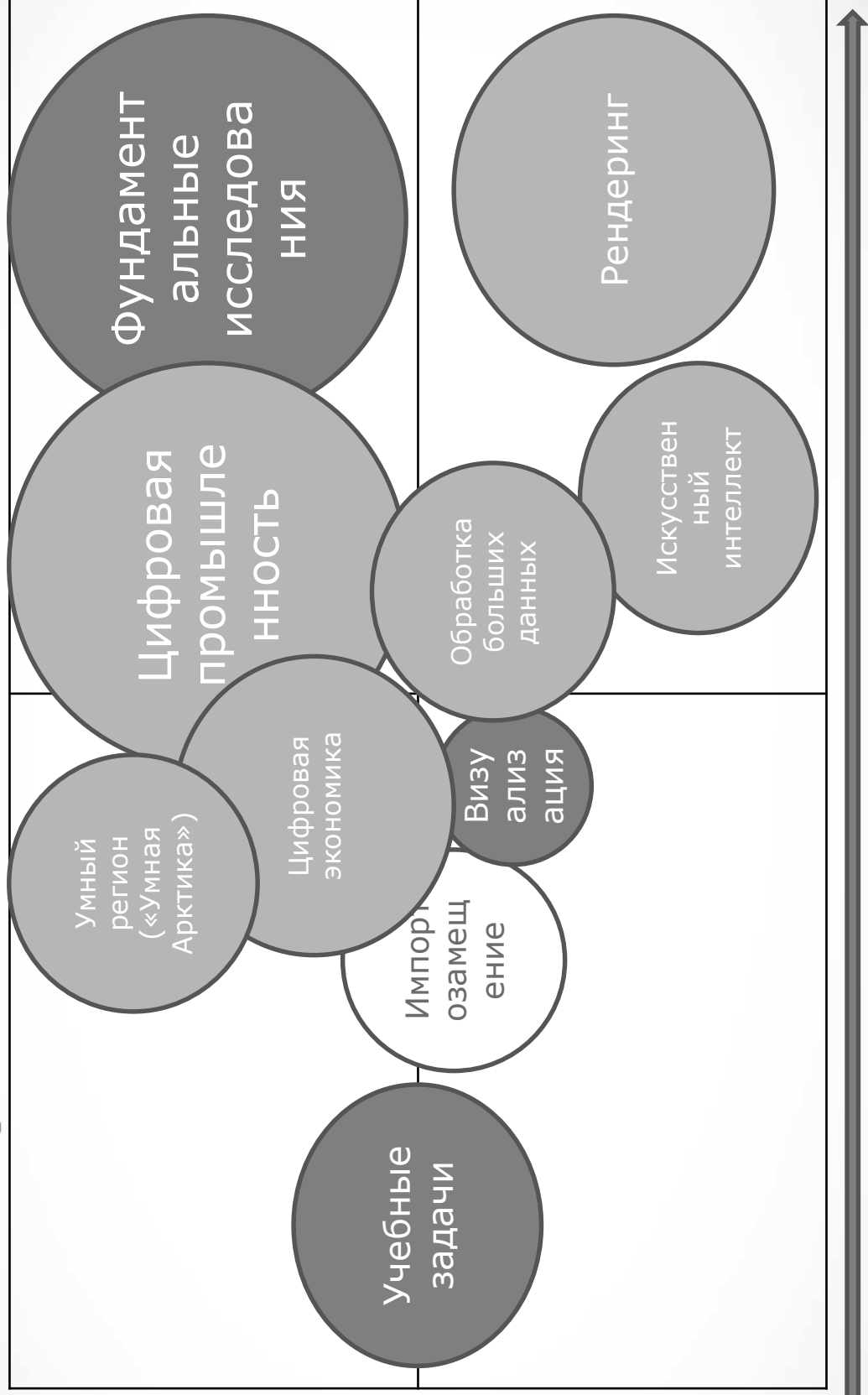
Примеры ПО на суперкомпьютерах

Часть, задачи	Код (модели вычислений)	Пользователь / Разработчик
Молекулярная динамика	GROMACS	СПбПУ Петра Великого (Санкт-Петербург)
Астрофизика	AstroPhi	ИВМиМГ СО РАН (Новосибирск)
Атомная химия	GAMESS	Химический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва)
Гидродинамика	FlowModellium	МФТИ (Долгопрудный), University of Manchester (Великобритания)
Моделирование плазмы	PICADOR	ННГУ им. Лобачевского (Нижний Новгород)
Модель для расчета погоды, прогнозирования состояния мирового океана и климата	SL-AV	Институт вычислительной математики (ИВМ) РАН, Росгидромет (Москва)
Численная алгебра	MAGMA MIC	ICL University of Tennessee (США)
Астрофизика	CACTUS	University of Louisiana (США)
Моделирование атмосферы, модель 2,5 км	WRF	NCAR (США)
Сейсмология	SeisSol, ALDER DG	TUM (Германия), ExaHUPЕ, Проект H2020



Предметные области для суперкомпьютера

vs ядра



Мощность
ядер

Количество
ядер



Идентификация алгоритмики задач прикладных областей для Вашей организации

особенности	Прикладная область 1 Задача 1 Модель вычислений 1		
степень параллелизма (сотни тысяч - тысячи нитей - миллионы нитей)			
количество узких мест в числительной части алгоритма (мало - много)			
зависимость вычислений от размера данных (например, $O(n)$)			
уровень доступа к памяти (регулярный и/или нерегулярный)			
статочность памяти узла для размещения данных (да - нет)			
рекомендуемый узел (сетевая архитектура)			



СУПЕРКОМПЬЮТЕРНЫЙ **КОНСОРЦИУМ УНИВЕРСИТЕТОВ РОССИИ**

Конкурс учебно-образовательных материалов по тематике «Высокопроизводительные вычисления и суперкомпьютерные технологии»

Т конкурса:

<http://edu-contest.hrc-russia.ru> – информация о конкурсе

адреса:

hrc-russia@hrc-russia.ru – для вопросов

materials-edu-contest@hrc-russia.ru – для подачи материалов на конкурс

ль конкурса

курс направлен на формирование Национальной коллекции учебно-методических материалов, которая позволит существенно снизить трудоемкость разработки высококачественных учебных программ для значительного расширения подготовки подготовки и повышения квалификации кадров в области высокопроизводительных исследований и суперкомпьютерных технологий (СКТ).

Конкурс могут быть представлены учебные материалы, которые уже используются в учебном процессе или находящиеся на финальной стадии разработки. Желательным является включение учебно-методических материалов для их использования в разных учебных программах подготовки, переподготовки и переподготовки кадров в области СКТ.

Направления конкурса

Направления, по которым проводится конкурс учебно-методических материалов:

1. Учебно-методические материалы для начальной подготовки в области СКТ (введение в область СКТ, технологии MRI и OpenMP и др.).
2. Учебно-методические материалы для углубленной подготовки в области СКТ.
3. Учебно-методические материалы в области компьютерных наук, в которых имеются разделы по тематике СКТ (Операционные системы, Архитектуры вычислительных систем, Компьютерные сети и др.).
4. Учебно-методические материалы в области компьютерных наук по направлениям, в которых широко используются возможности СКТ (Машинное обучение, Большие данные и др.).
5. Учебно-методические материалы для подготовки кадров в различных областях приложений, в которых имеются разделы по тематике СКТ (например, «Вычислительная физика и нанотехнологии», «Современный инженерный анализ с использованием CAD/CAE-систем», «Суперкомпьютерные технологии в физико-химических исследованиях», «Суперкомпьютерное моделирование гидро- и газодинамических процессов» и др.).
6. Учебно-методические материалы по системному обеспечению СКТ (обеспечение надежного функционирования суперкомпьютерных вычислительных систем, системные средства управления вычислениями и др.).
7. Учебные планы подготовки, переподготовки и переподготовки кадров в области СКТ (учебные планы бакалавриата и магистратуры, учебные планы краткосрочных программ, тренингов, учебных школ и др.).
8. Отдельные учебно-методические модули, направленные на изучение конкретных разделов СКТ по всем перечисленным направлениям проведения конкурса.

Лидирующая роль ИТ-индустрии

1. Огромная скорость накопления современных знаний в ИТ-индустрии
2. Максимальная потребность в практических знаниях от ИТ-индустрии
3. Ведущая роль ИТ-индустрии, ставящей задачи университетской экосистеме



International Technology Roadmap for Semiconductors

[About the ITRS](#)

[ITRS News](#)

[Public Events](#)

[Sponsors](#)

[ITRS Edition Reports and Ordering](#)

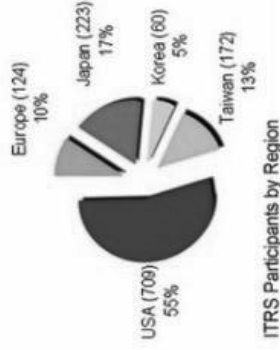
[Models](#)

[Speakers and Presentations](#)

[Industry Links](#)

About the ITRS

The International Technology Roadmap for Semiconductors is sponsored by the five leading chip manufacturing regions in the world: Europe, Japan, Korea, Taiwan, and the United States. The sponsoring organizations are the European Semiconductor Industry Association (ESIA), the Japan Electronics and Information Technology Industries Association (JEITA), the Korean Semiconductor Industry Association (KSIA), the Taiwan Semiconductor Industry Association (TSIA), and the United States Semiconductor Industry Association (SIA).



The objective of the ITRS is to ensure cost-effective advancements in the performance of the integrated circuit and the advanced products and applications that employ such devices, thereby continuing the health and success of this industry.



56Gb/s

56GB .2 CAT

C03S3U11

C03S3U12

C03S3U13

C03S3U14

Спасибо

www.rscgroup.ru