



Суперкомпьютерные технологии России: объективные потребности и реальные возможности

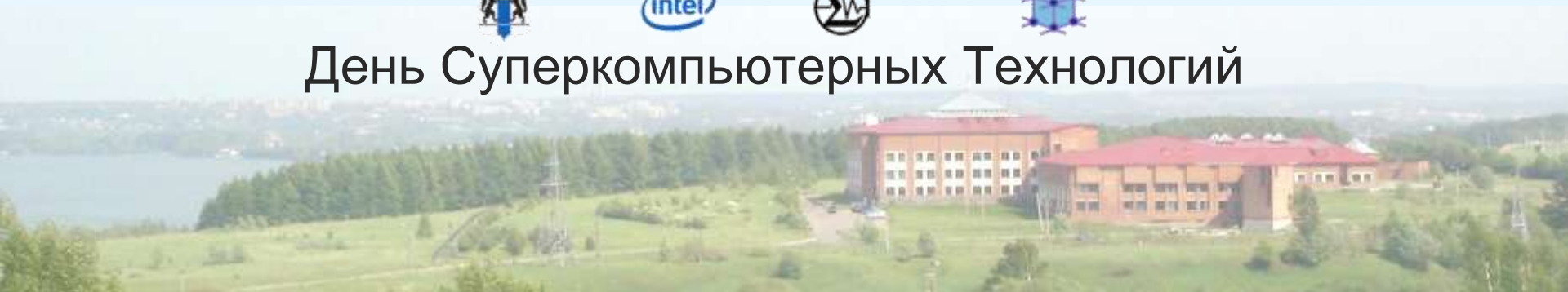
Абрамов С.М.

ИПС имени А.К.Айламазяна РАН

22.06.2010, Новосибирск



День Суперкомпьютерных Технологий





Суперкомпьютерные технологии



Роль и место суперкомпьютерных технологий

- ★ «Технологии, таланты и деньги доступны многим странам. Поэтому США стоит перед лицом непредсказуемых зарубежных экономических конкурентов. **Страна, желающая победить в конкуренции, должна победить в вычислениях».**
Дебора Винс-Смит, Президент Совета по конкурентоспособности США.
- ★ “With technology, talent and capital now available globally, the U.S is facing unprecedented economic competition from abroad.
The country that wants to out compete must out-compute,” —
Deborah Wince-Smith, President of the Council on Competitiveness.

Киберинфраструктура страны — забота государства

- ★ Новая инфраструктура государства — государственная система из мощных национальных суперкомпьютерных центров (СКЦ), объединенных сверхбыстрыми каналами связи в грид-систему
- ★ «Общественное благо» — создается либо исключительно за счет бюджета страны, либо при значительной доле участия государства
- ★ В 2005–2009 годы: США тратили на эти цели от 2 до 6 млрд. долларов в год
- ★ Бюджетная эффективность vs. коммерческой эффективности
- ★ Региональные СКЦ:
 - Техас и Нью-Мексико, #8 и #17 в Top500 за июнь 2009 года. СуперЭВМ в каждом из этих региональных суперкомпьютерных центров мощнее, чем самая мощная суперЭВМ в России

Многогранные суперкомпьютерные технологии

Практически каждая упомянутая ниже разработка требует проведения фундаментальных поисковых исследований и только затем НИР, НИОКР и ОКР

- ★ Разработка, реализация и производство аппаратных средств суперЭВМ
- ★ Разработка, реализация и производство базового системного программного обеспечения (ПО) суперЭВМ
- ★ Разработка, реализация и производство программного обеспечения поддержки разработки параллельных приложений
- ★ Разработка, реализация и производство прикладного программного обеспечения
- ★ Создание и эксплуатация СКЦ, объединение их в грид-систему, формирование служб и сервисов на их основе
- ★ Подготовка и переподготовка кадров для суперкомпьютерной отрасли

Уровень суперкомпьютерных технологий — уровень конкурентоспособности

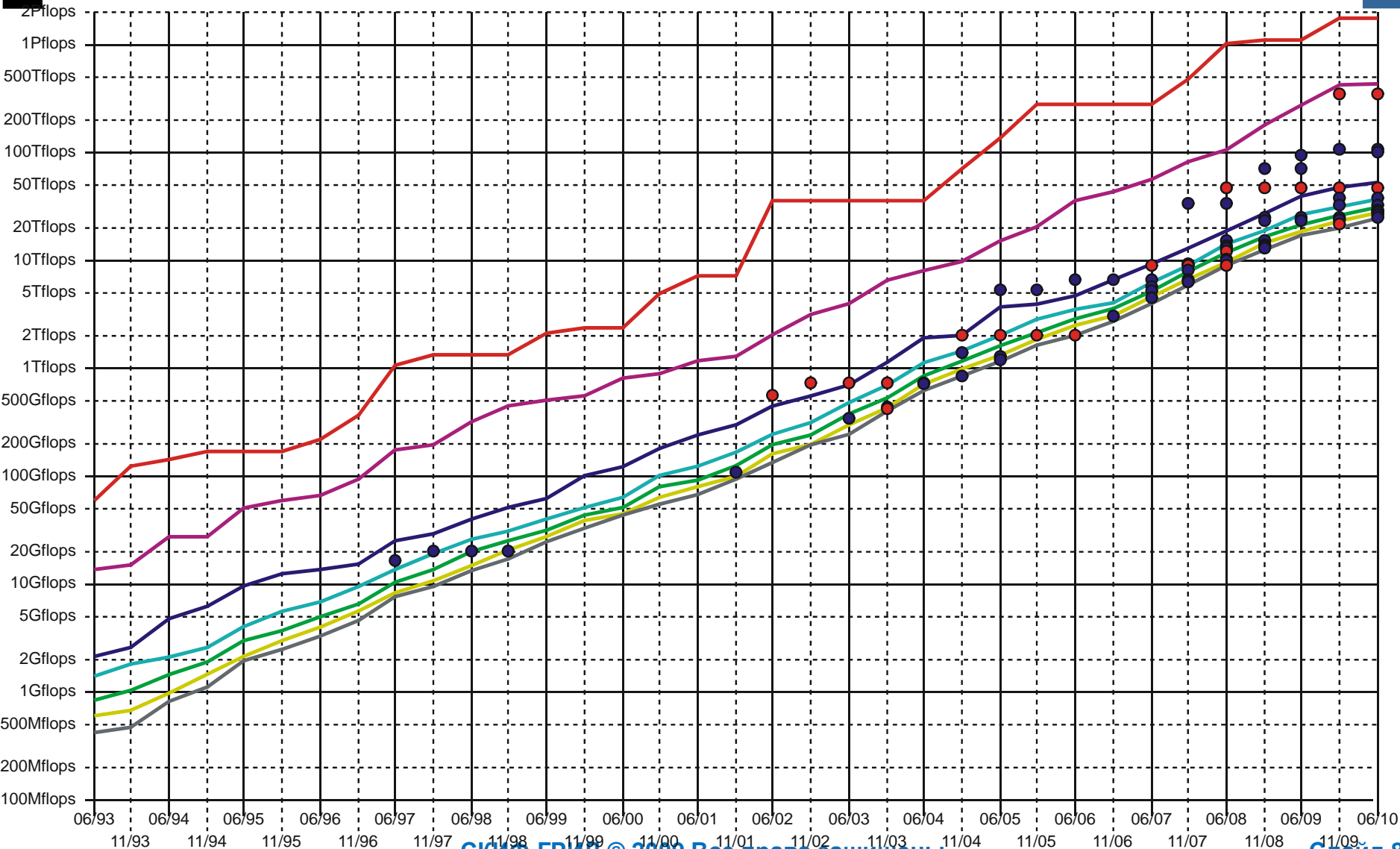




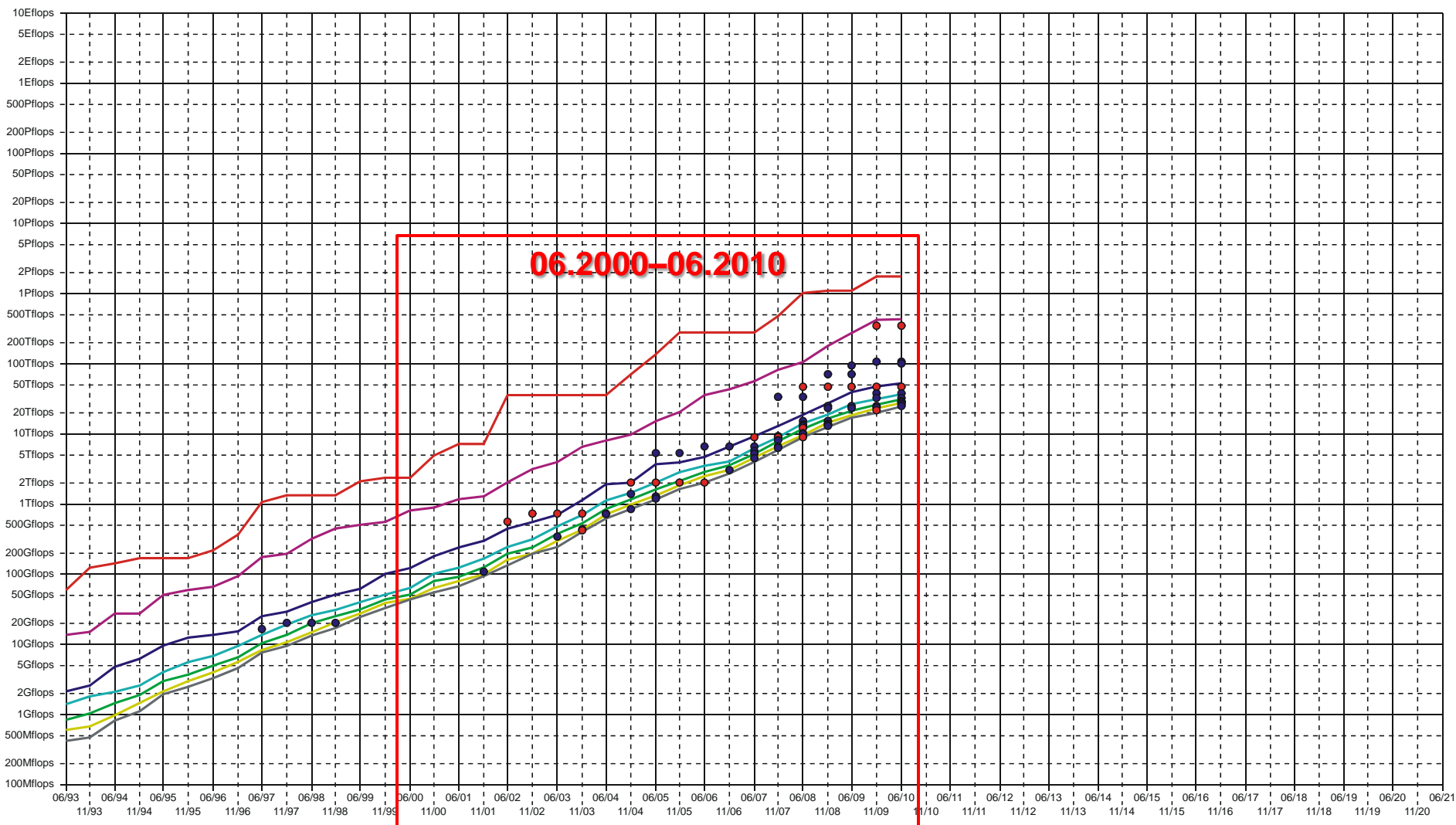
Развитие суперкомпьютерной отрасли в мире и в России



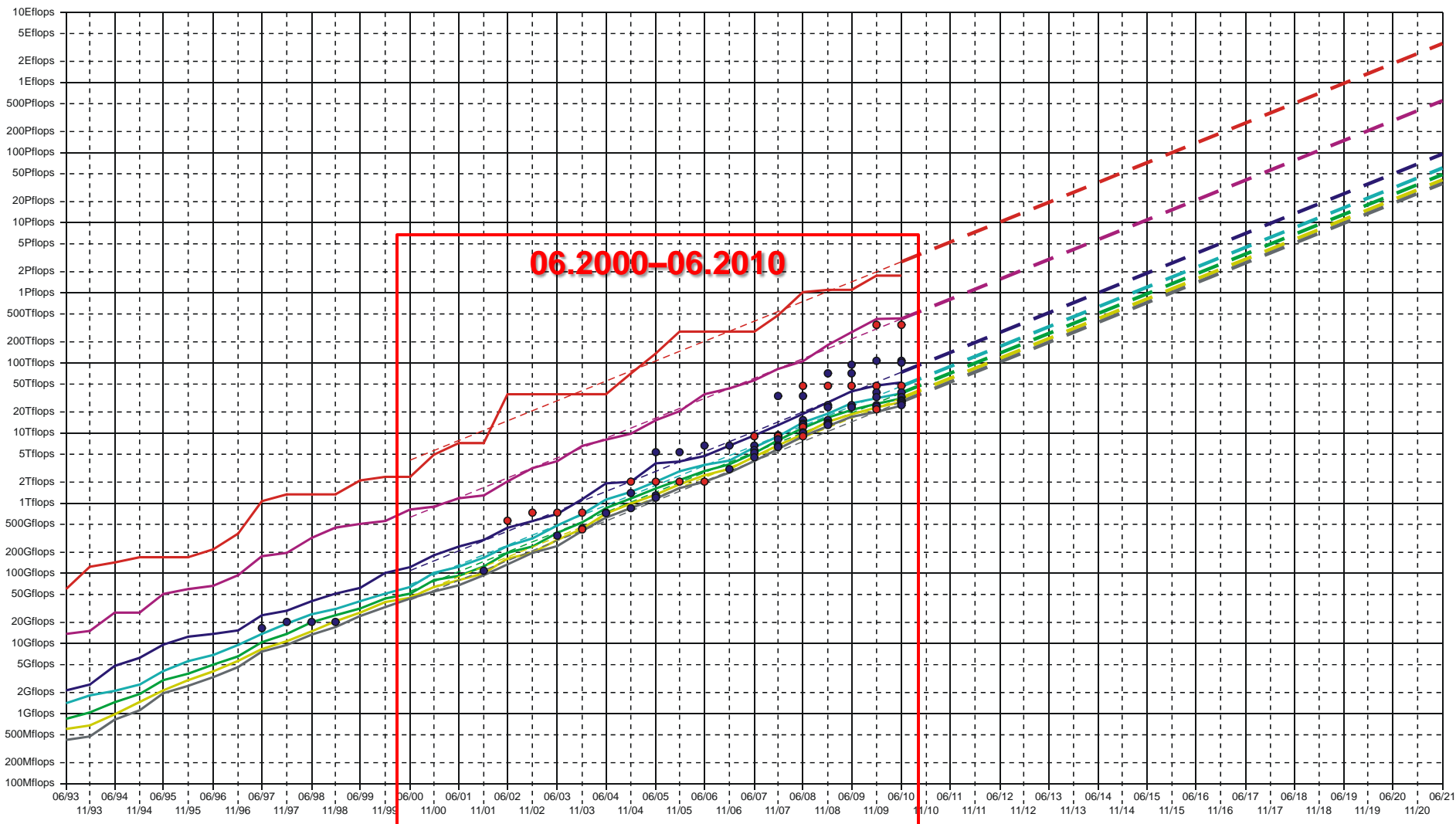
Развитие суперкомпьютерной отрасли в мире и в России



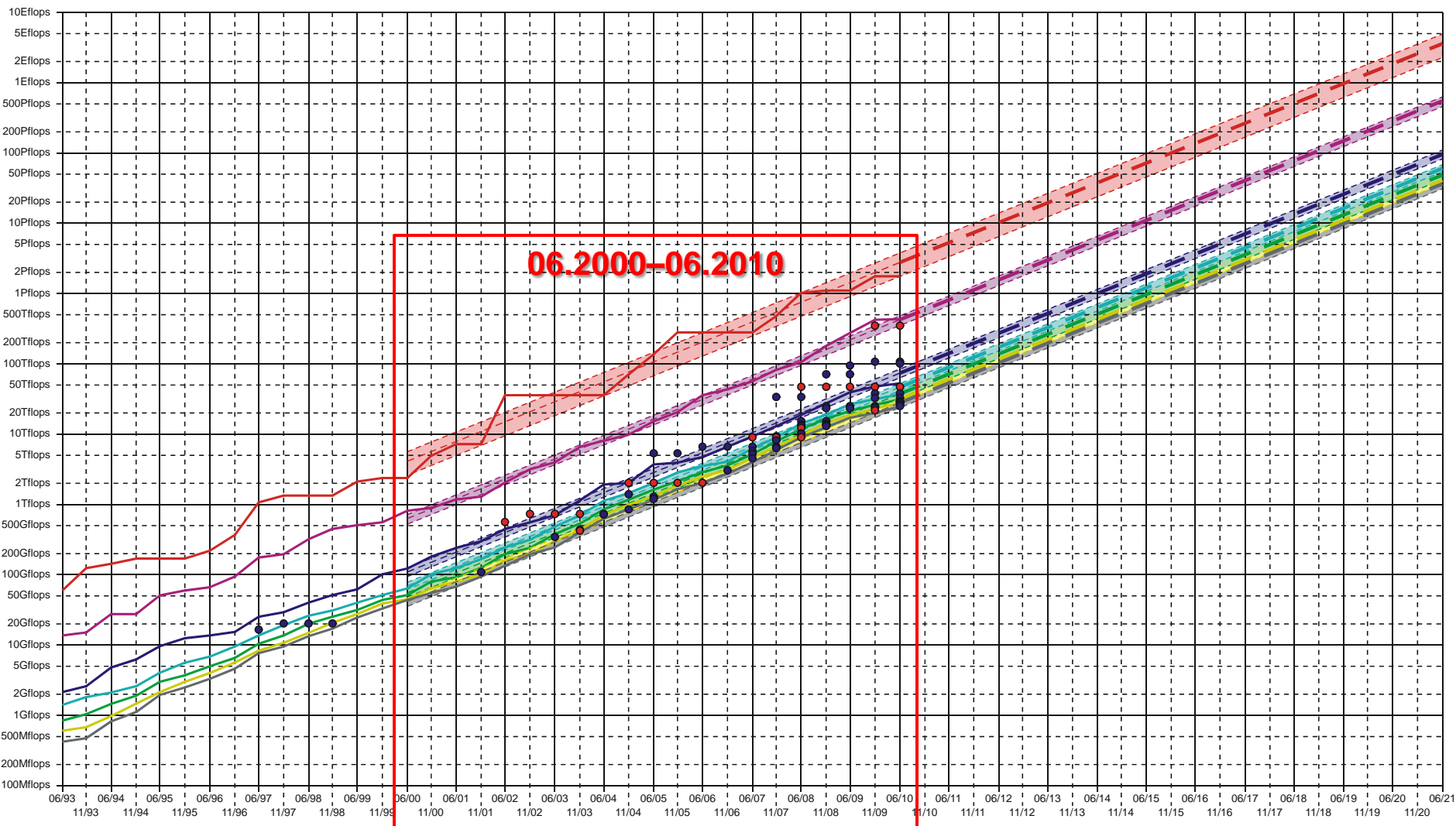
Развитие суперкомпьютерной отрасли в мире и в России



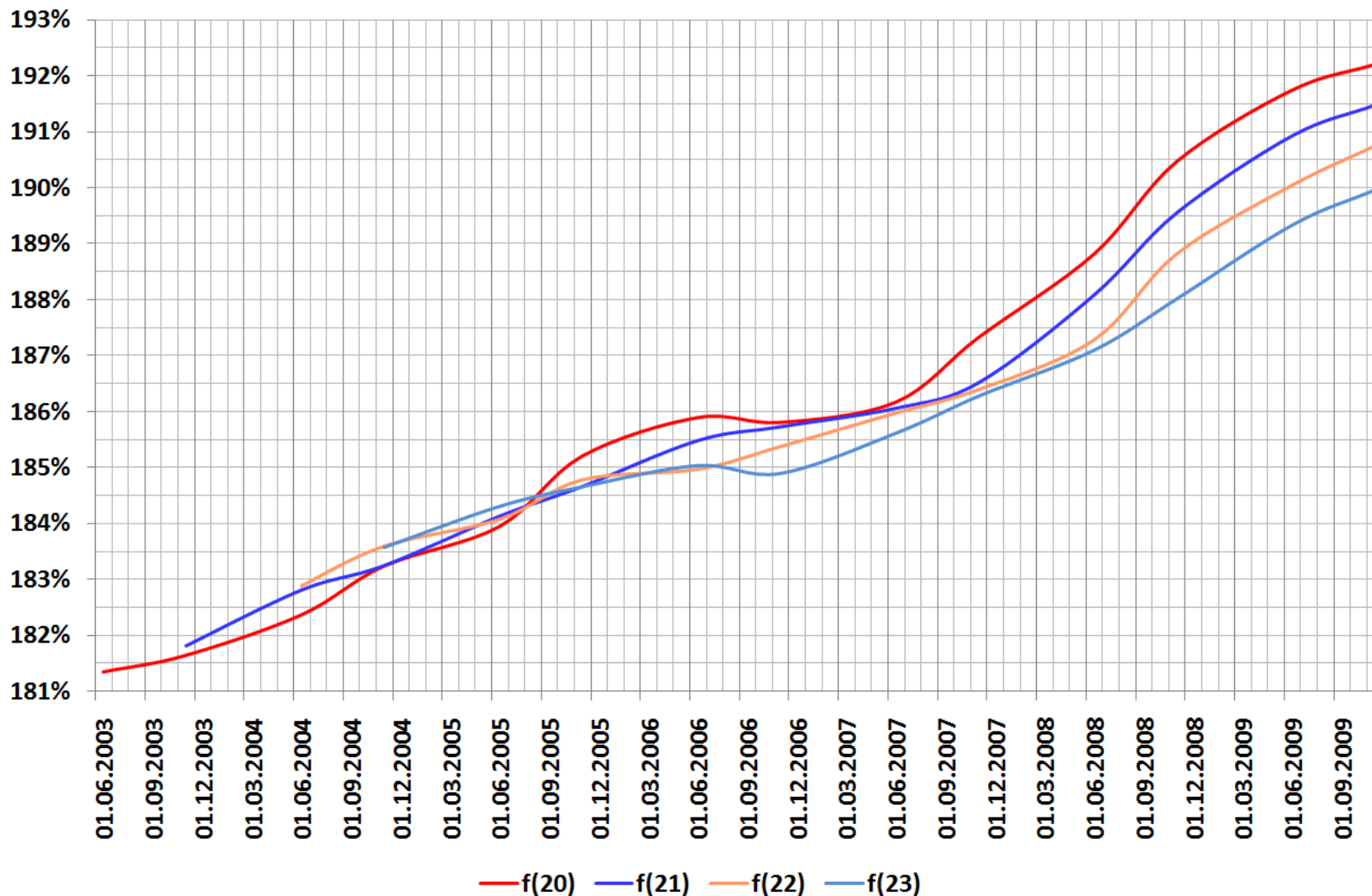
Развитие суперкомпьютерной отрасли в мире и в России



Развитие суперкомпьютерной отрасли в мире и в России



Увеличение скорости роста ускорения ☺



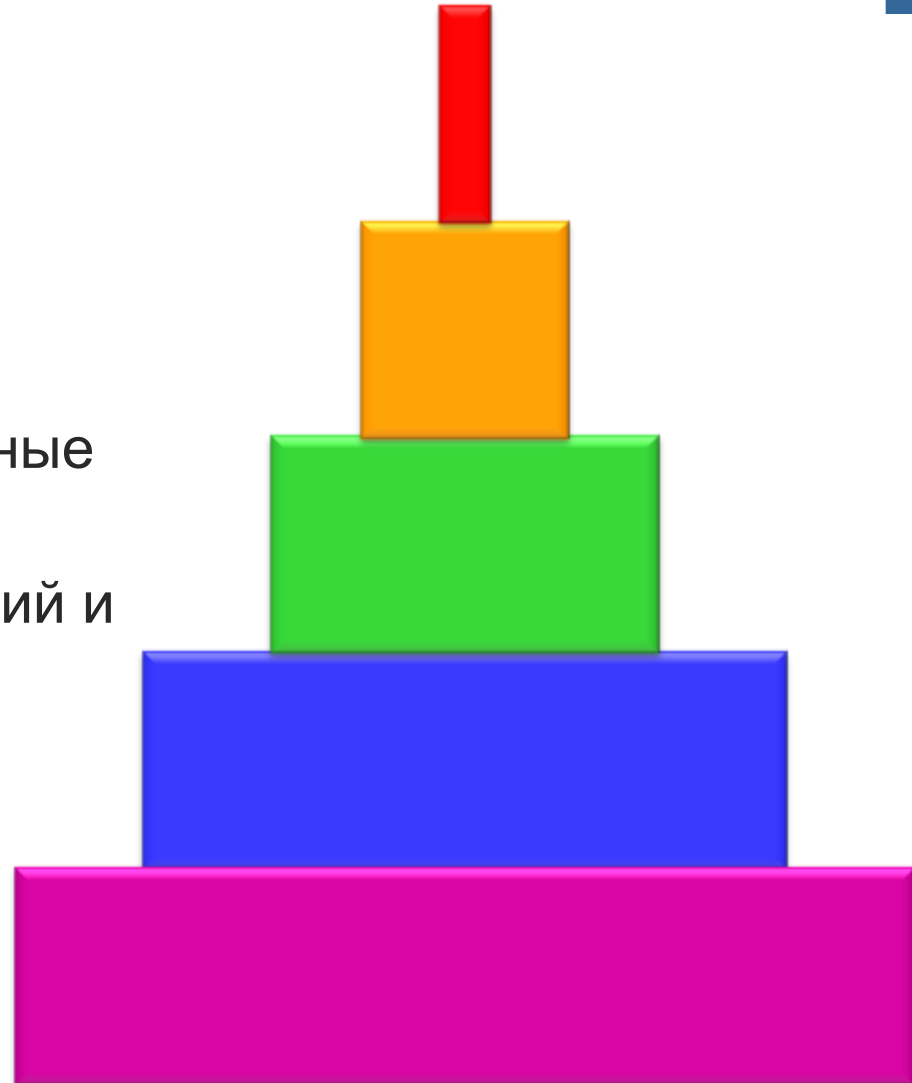


Киберинфраструктура лидеров. Объективные потребности России



Иерархия киберинфраструктуры

- ☆ **#1–#20** Крупнейшие национальные центры
- ☆ **#21–#100** Крупнейшие региональные и отраслевые центры
- ☆ **#101–250** Крупные региональные и корпоративные центры
- ☆ **#251–#500** Центры предприятий и научных учреждений
- ☆ СуперЭВМ небольших исследовательских компаний, лабораторий и научных подразделений



Иерархия киберинфраструктуры 2009.06

	США	Единая Европа	Китай
Топ 1–20	13 шт. 5,840 Tflops	3 шт. 1,229 Tflops	1 шт.. 181 Tflops
Топ 21–100	36 шт 2,285 Tflops	28 шт. 2,100 Tflops	1 шт.. 103 Tflops
Топ 101–250	90 шт. 2,652 Tflops	38 шт. 1,090 Tflops	11 шт.. 352 Tflops
Топ 251–500	152 шт. 2,943 Tflops	71 шт. 1,412 Tflops	8 шт.. 152 Tflops
Топ 1–500: ВСЕГО	291 шт 13,721 Tflops	140 шт. 5,830 Tflops	21 шт.. 788 Tflops

58–52 раза

28–22 раза

4.2–3.3 раза

Иерархия киберинфраструктуры 2009.11

	США	Единая Европа	Китай	Россия
Топ 1–20	12 шт. 7,062 Tflops	3 шт. 1,274 Tflops	2 шт.. 744 Tflops	1 шт. 350 Tflops
Топ 21–100	34 шт 2,912 Tflops	29 шт. 2,458 Tflops	1 шт.. 103 Tflops	1 шт.. 107 Tflops
Топ 101–250	83 шт. 2,856 Tflops	37 шт. 1,313 Tflops	11 шт.. 366 Tflops	3 шт.. 118 Tflops
Топ 251–500	148 шт. 3,586 Tflops	75 шт. 1,777 Tflops	7 шт.. 167 Tflops	3 шт.. 71 Tflops
Топ 1–500: ВСЕГО	277 шт 16,416 Tflops	144 шт. 6,822 Tflops	21 шт.. 1,380 Tflops	8 шт.. 646 Tflops

35–25 раз

18–11 раз

2.6–2.1 раза

Иерархия киберинфраструктуры 2010.06

	США	Единая Европа	Китай	Россия	Потребности России
Топ 1–20	11 шт. 7,096 Tflops	4 шт. 1,612 Tflops	3 шт.. 2,041 Tflops	1 шт. 350 Tflops	2–3 шт.
Топ 21–100	35 шт 3,207Tflops	26 шт. 2,626 Tflops	2 шт.. 283 Tflops	2 шт.. 209 Tflops	20–30 шт.
Топ 101–250	93 шт. 3,594 Tflops	32 шт. 1,372 Tflops	10 шт.. 395 Tflops	2 шт.. 85 Tflops	28-40 шт.
Топ 251–500	143 шт. 4,071Tflops	72 шт. 2,056 Tflops	9 шт.. 272 Tflops	6 шт.. 170 Tflops	50-75 шт.
Топ 1–500: ВСЕГО	277 шт 16,416 Tflops	134 шт. 7,667 Tflops	24 шт.. 2,993 Tflops	8 шт.. 646 Tflops	100–150 шт.

26–22 раз

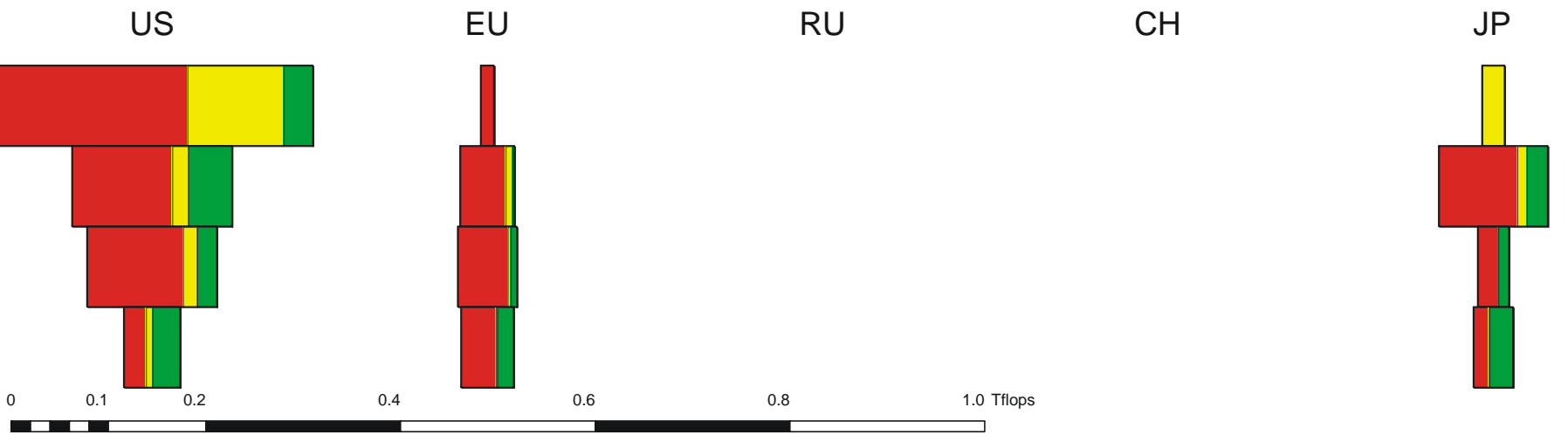
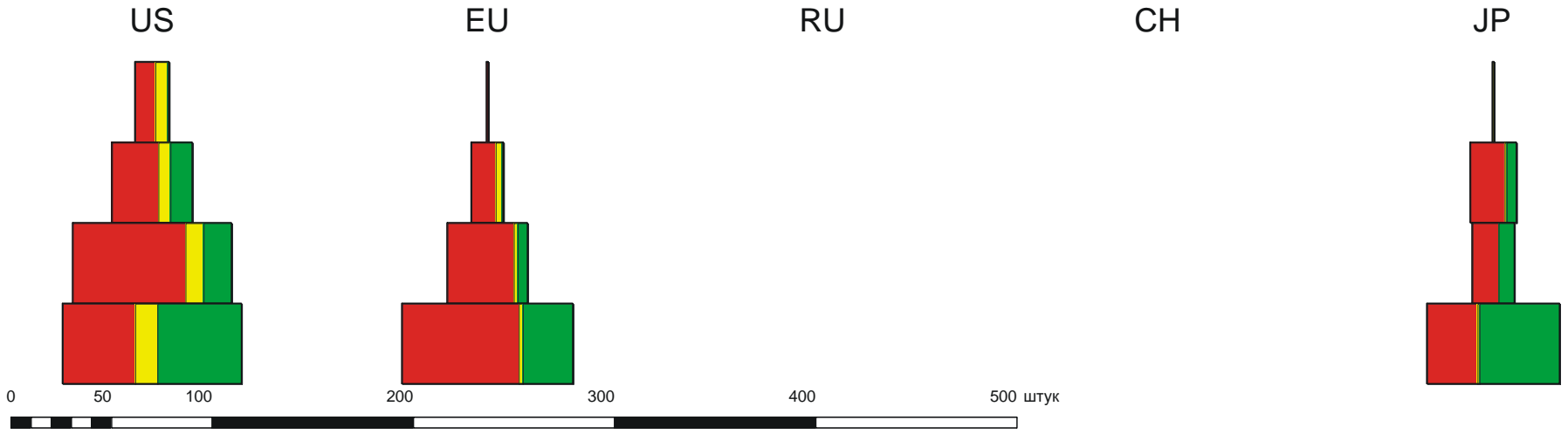
12–9 раз

3.7–2.2 раза



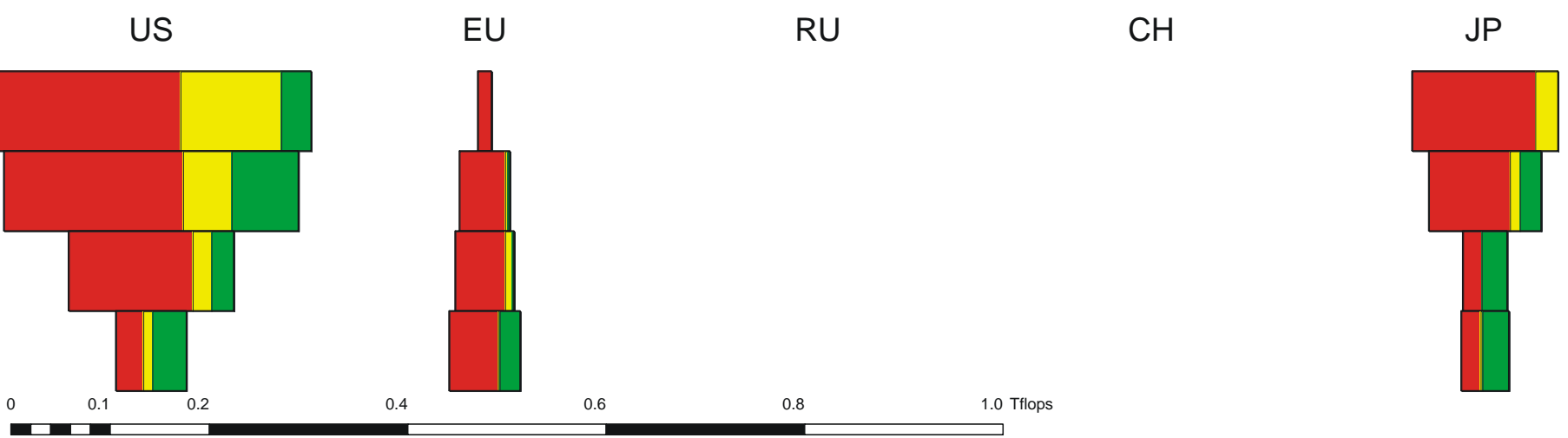
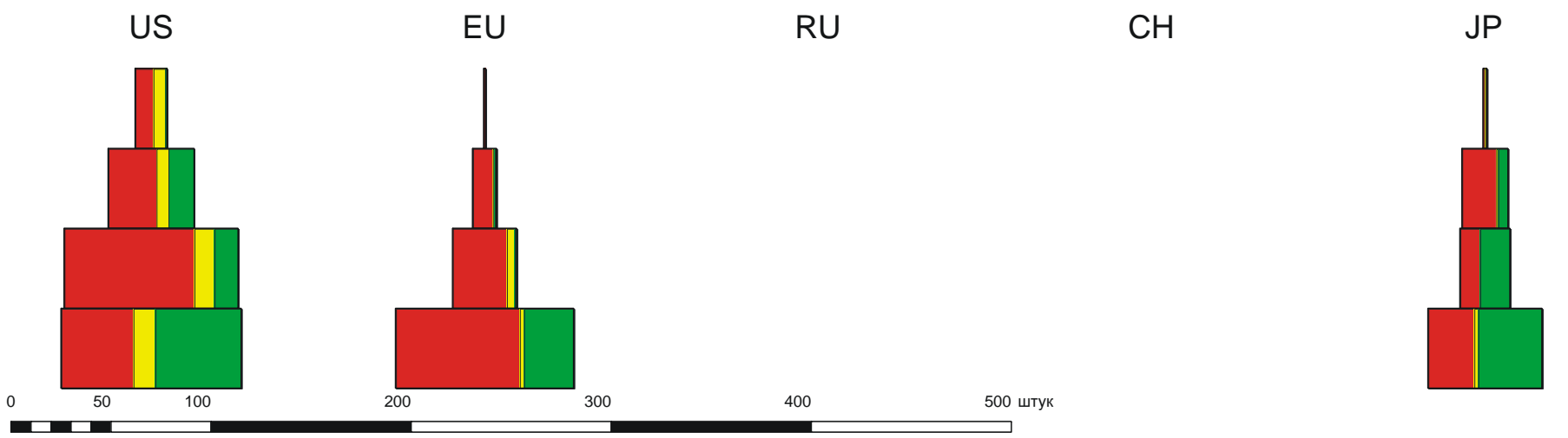
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.1993



Киберинфраструктура ведущих стран

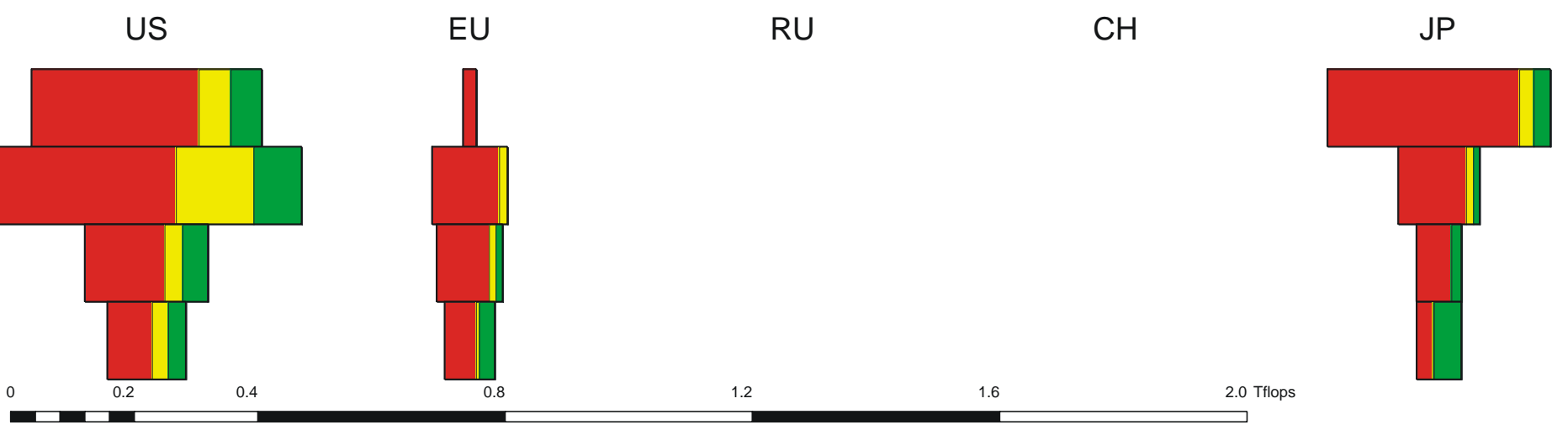
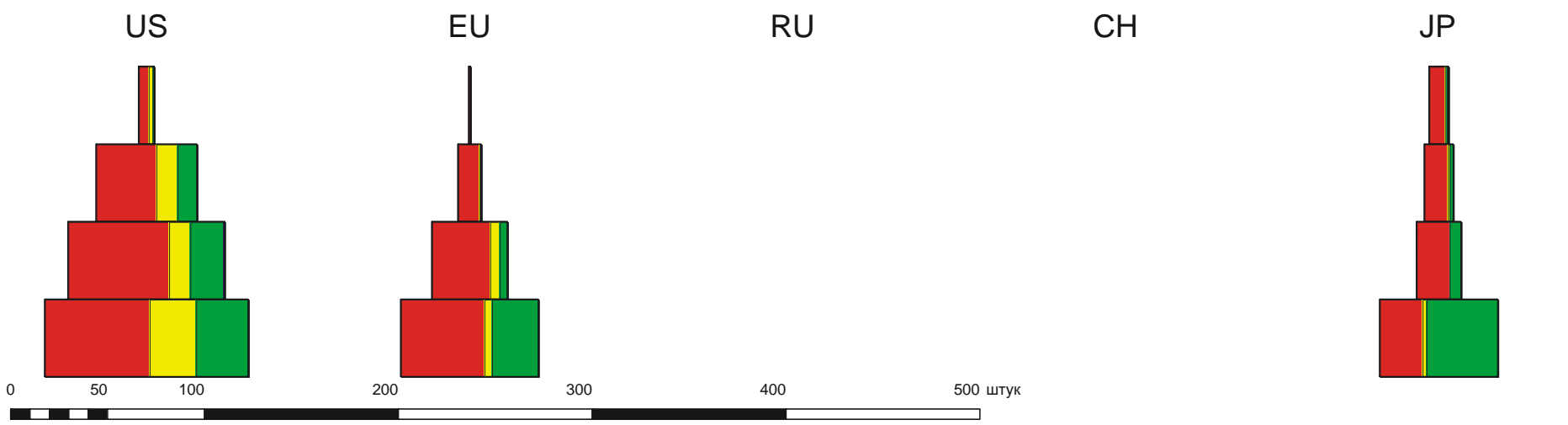
15.11.1993





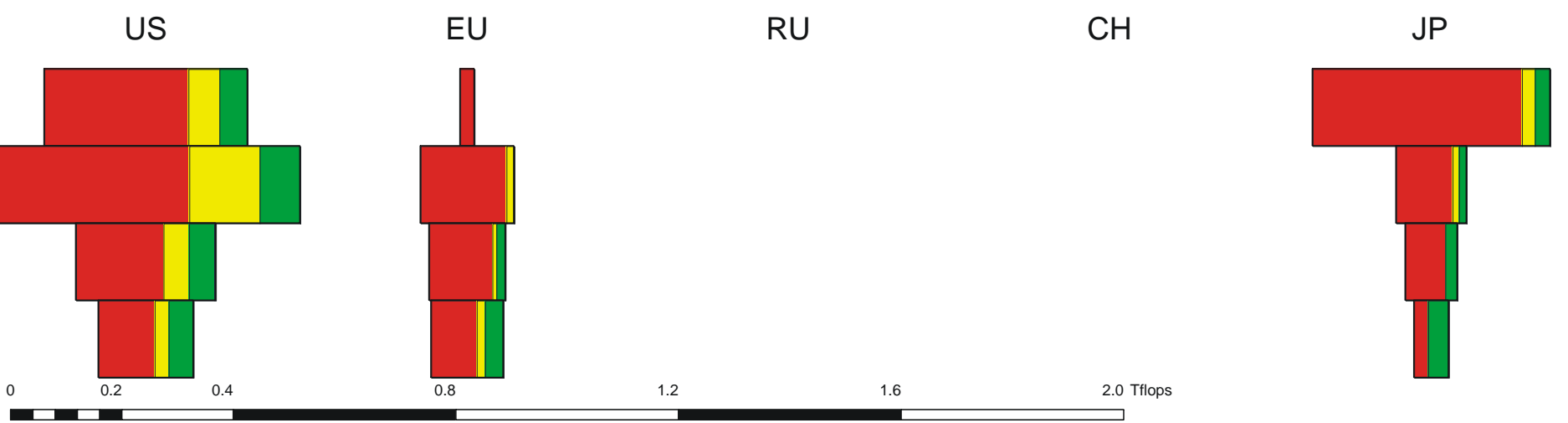
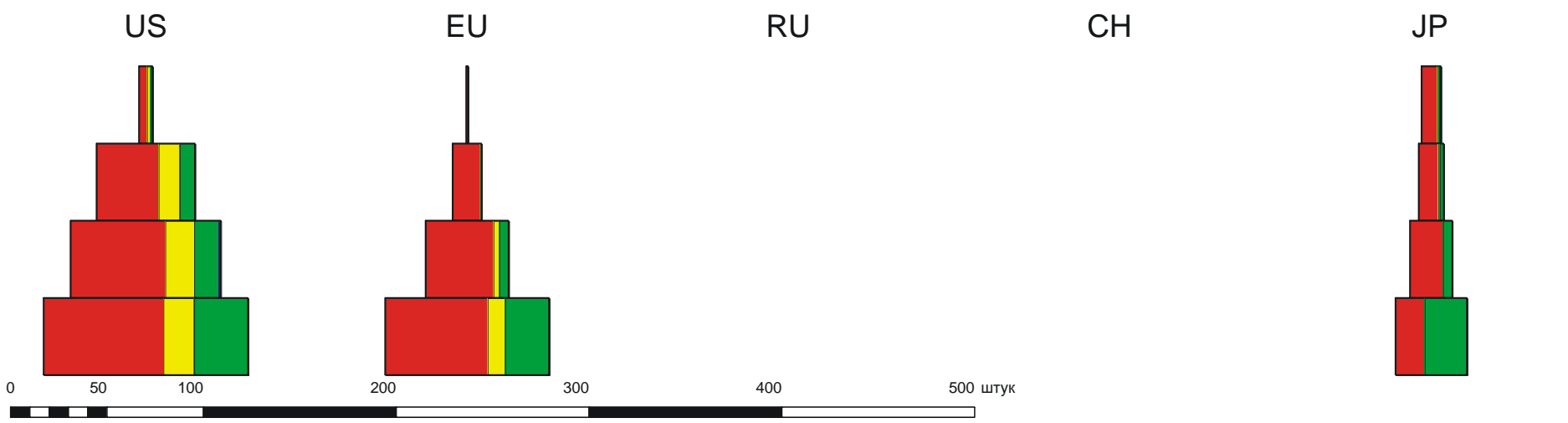
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.1994



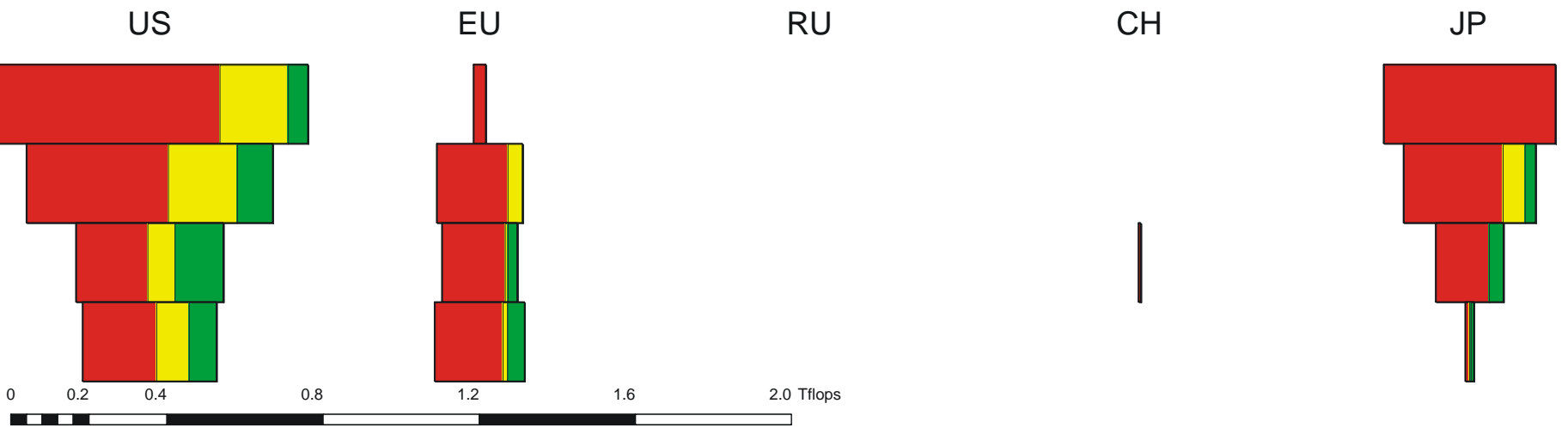
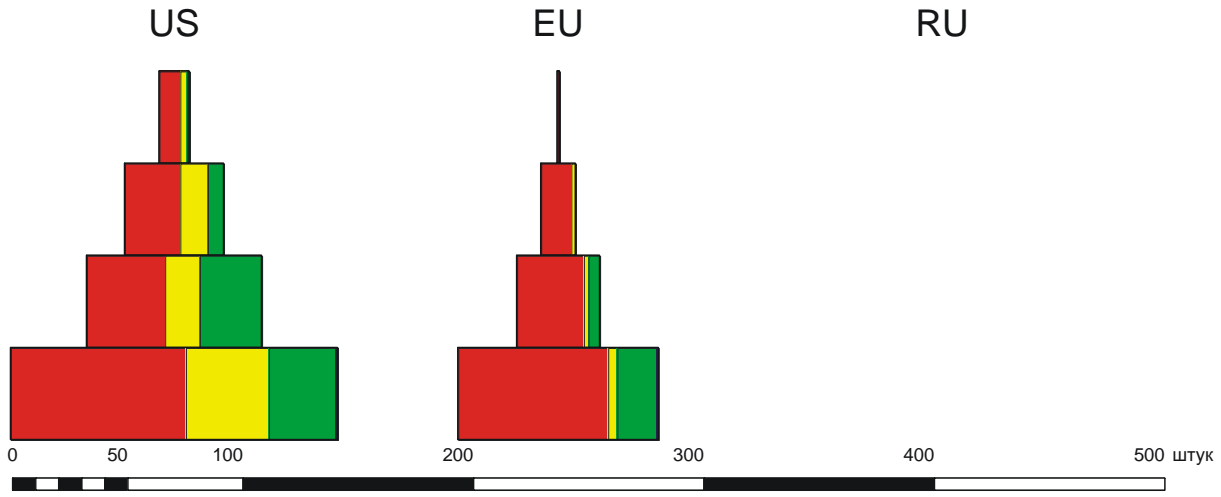
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.1994



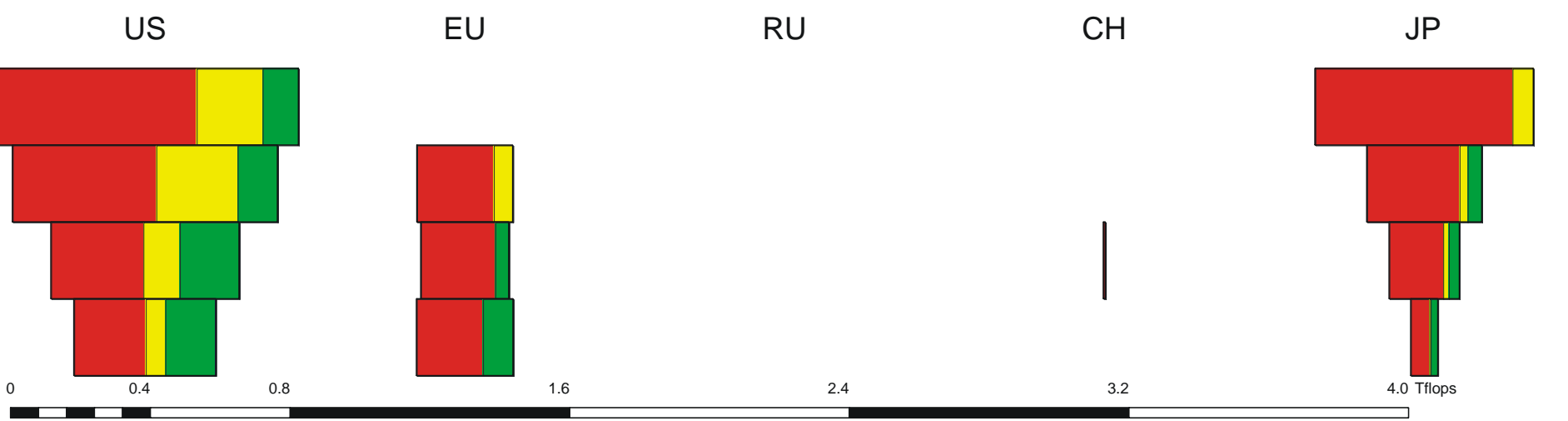
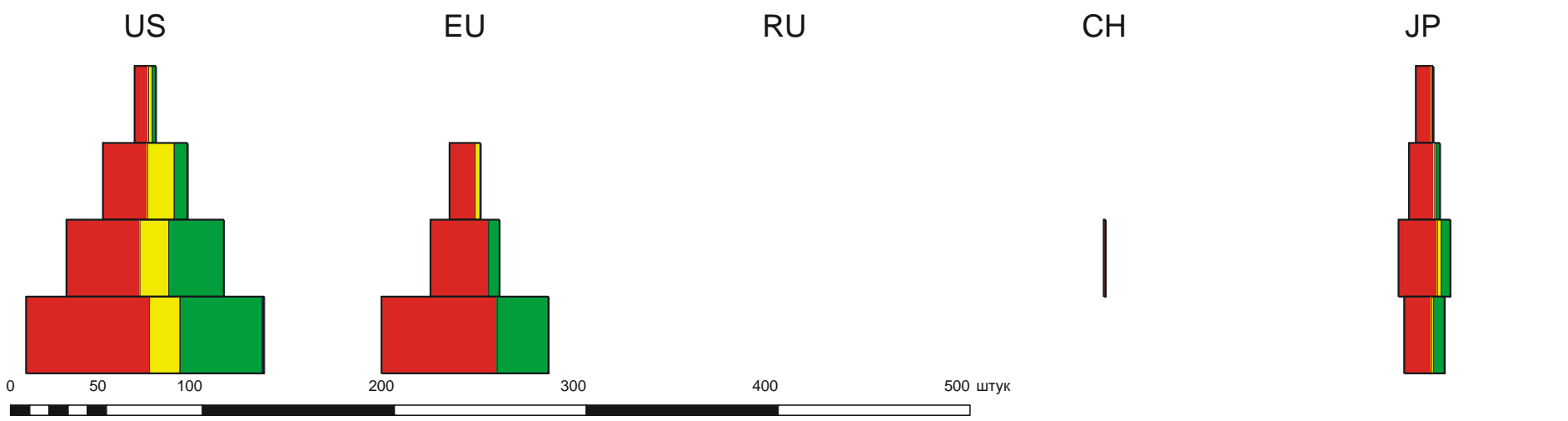
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.1995



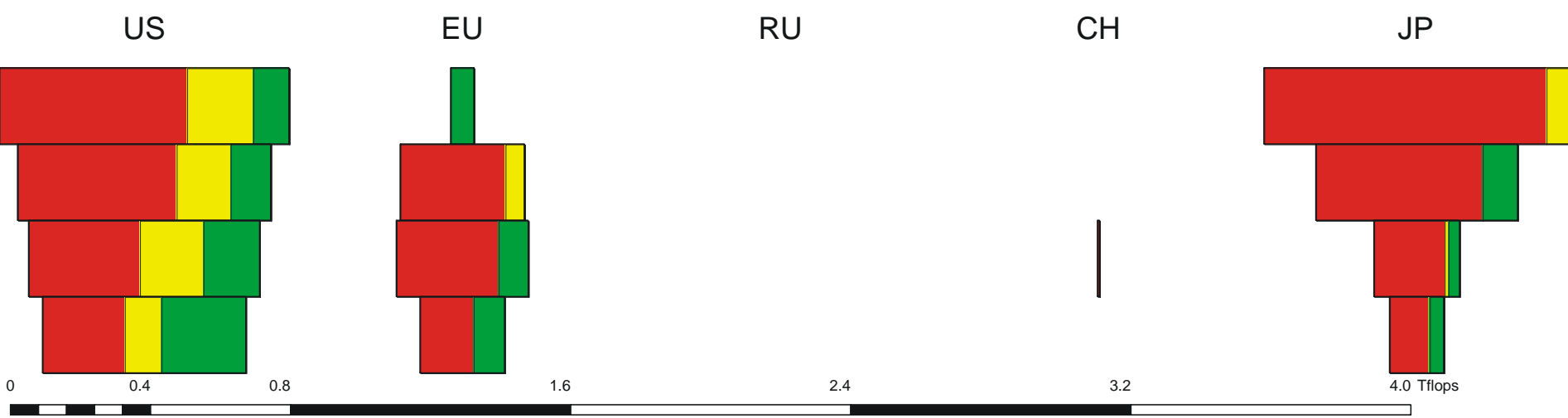
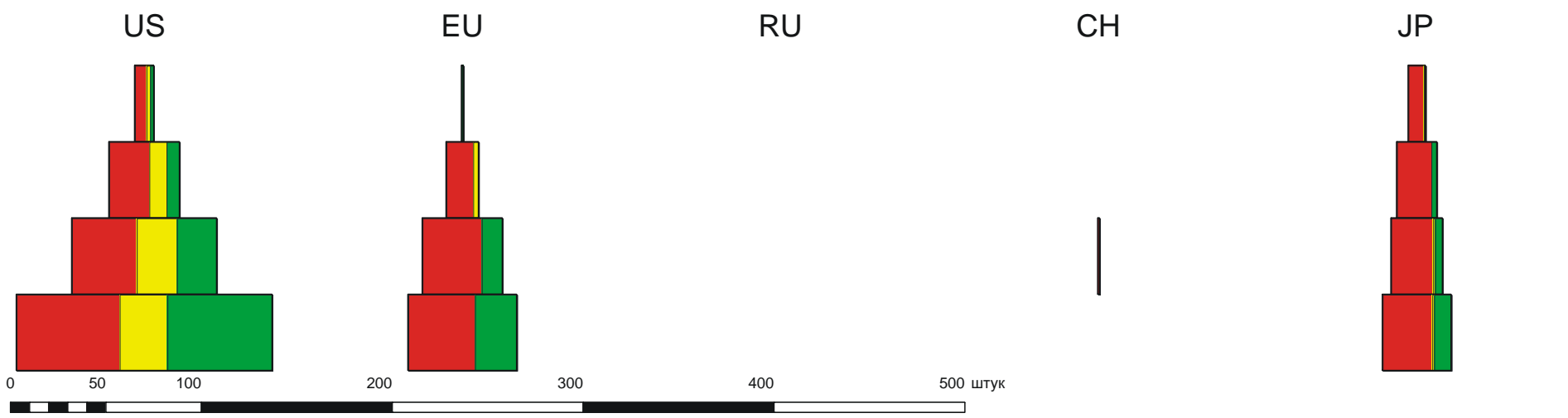
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.1995



Киберинфраструктура ведущих стран

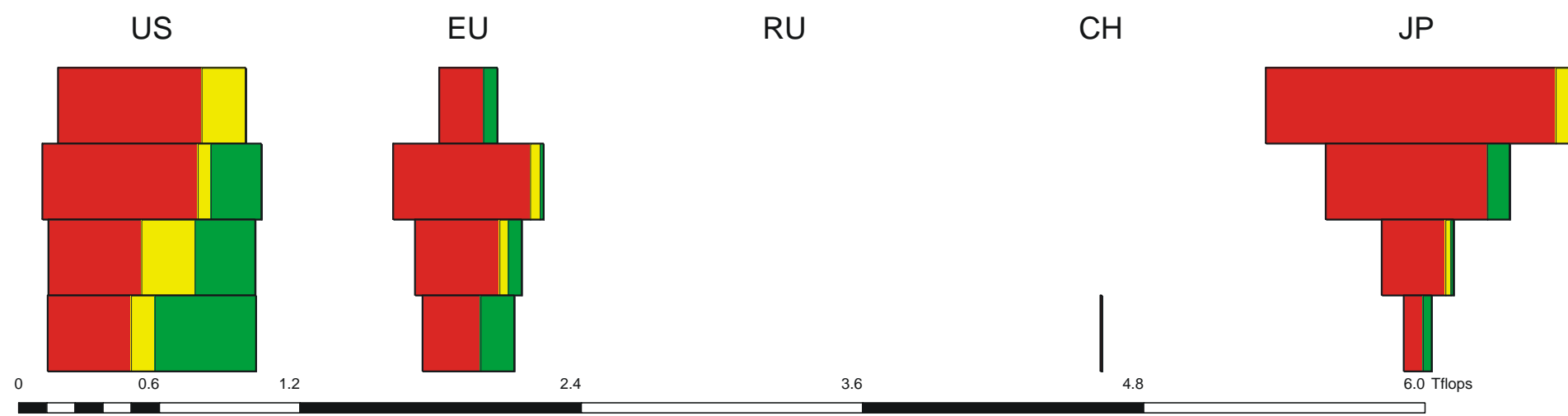
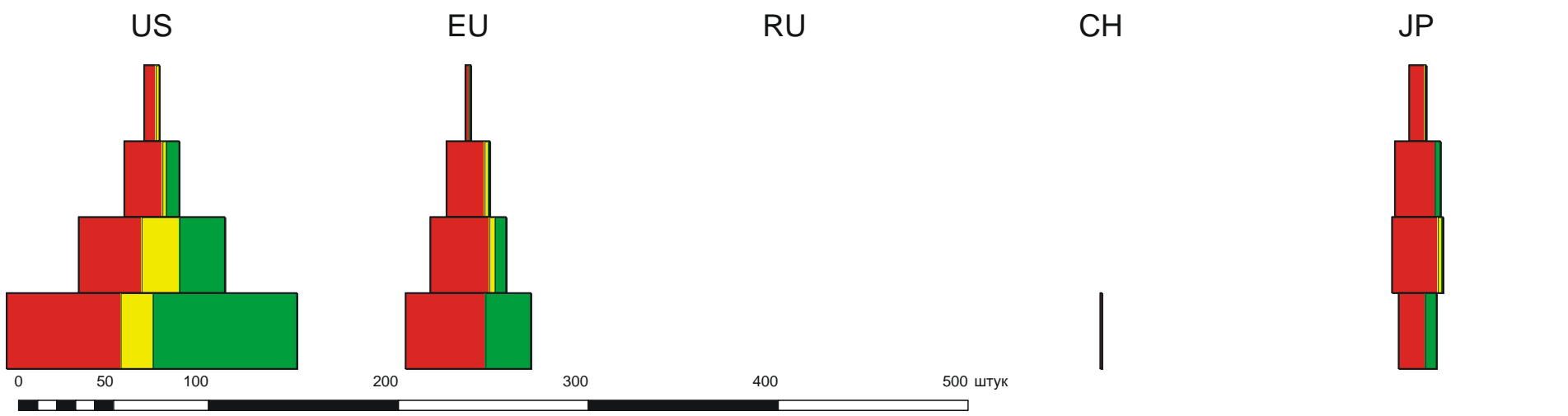
15.06.1996





Киберинфраструктура ведущих стран

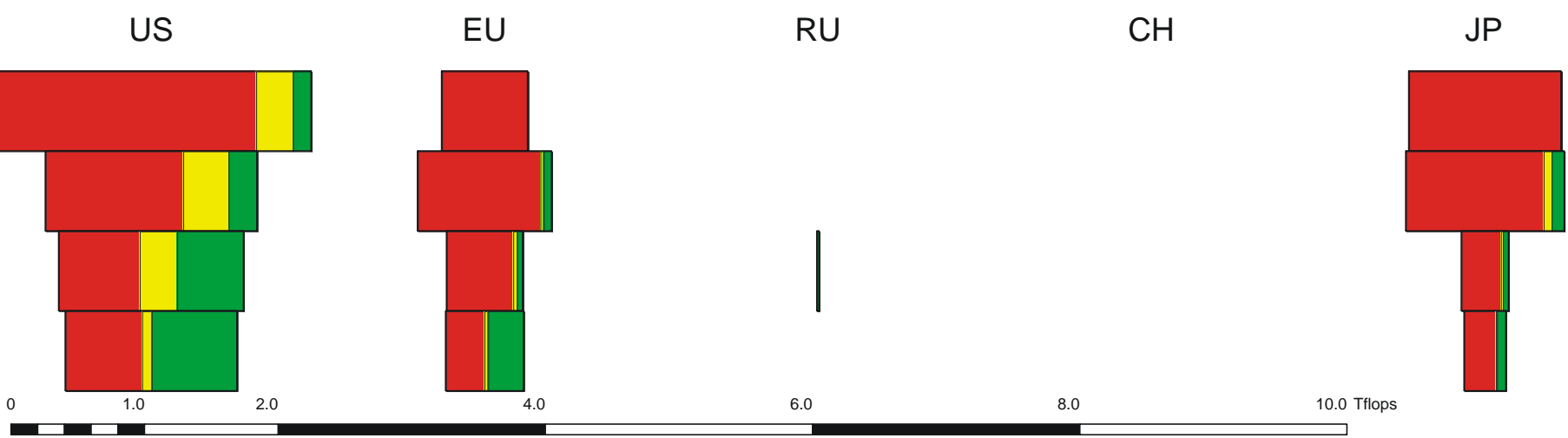
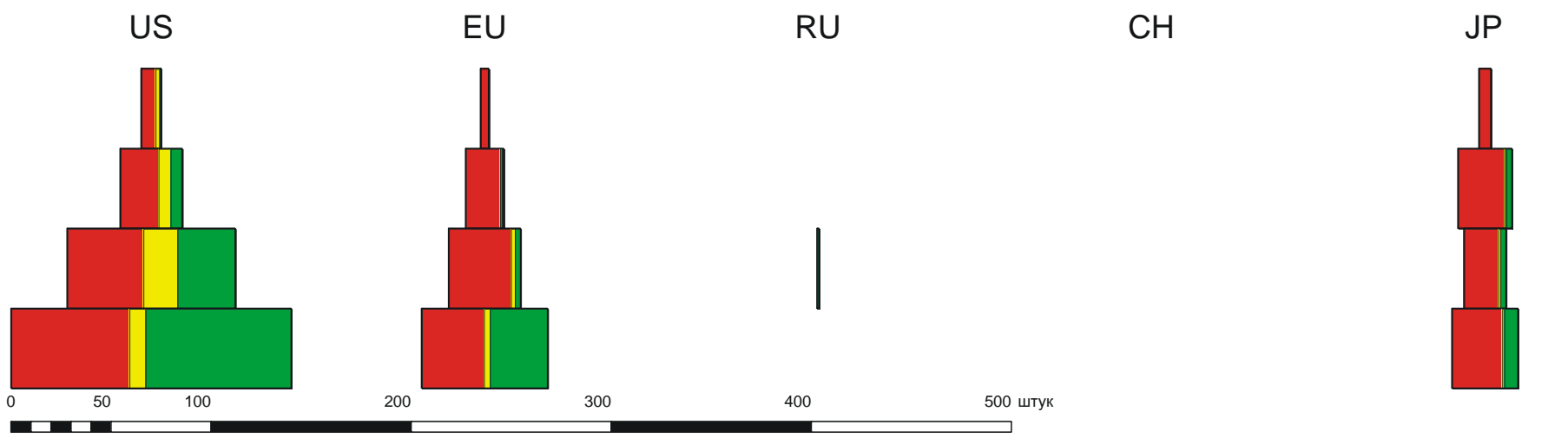
15.11.1996





Киберинфраструктура ведущих стран

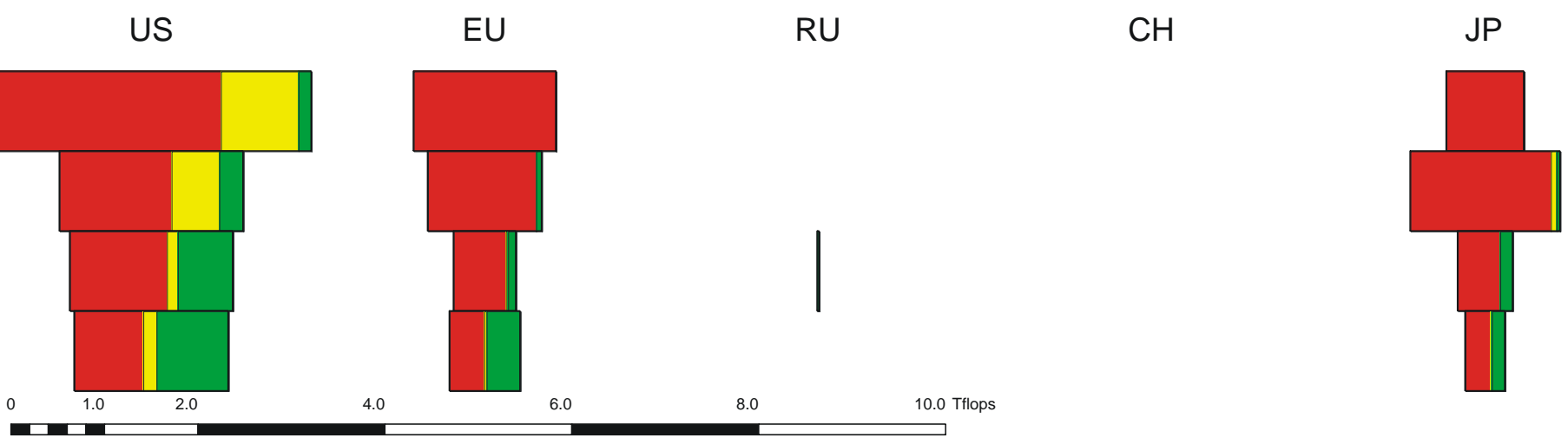
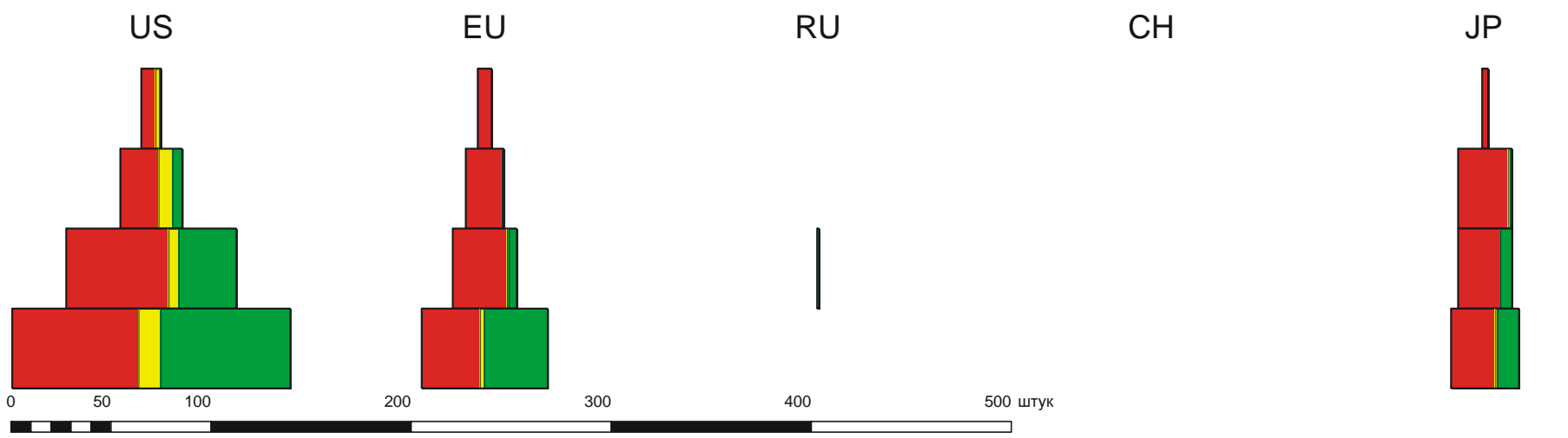
15.06.1997





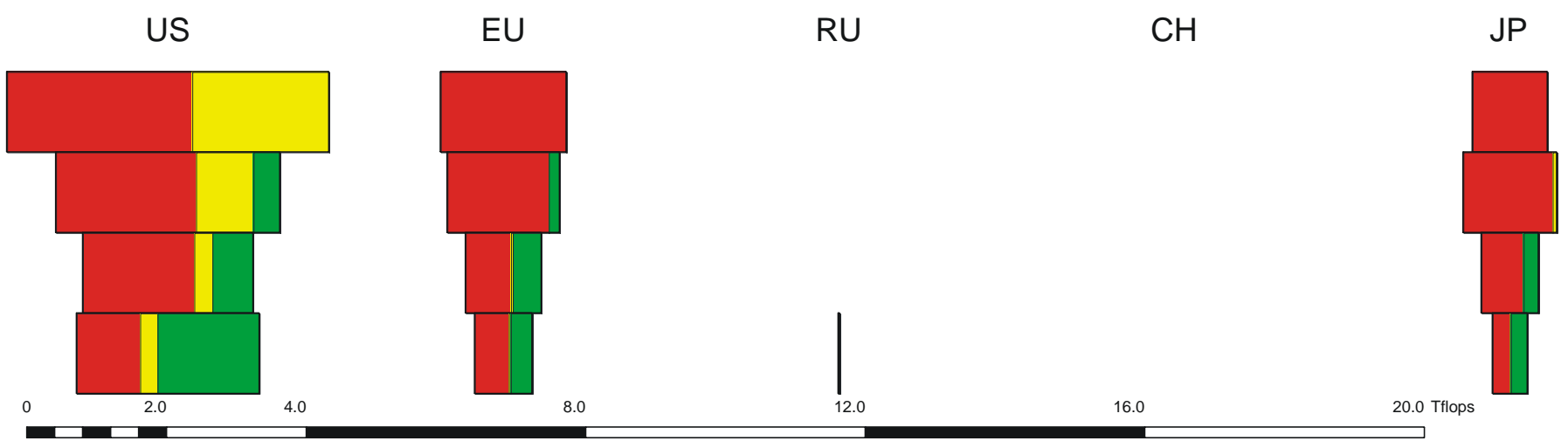
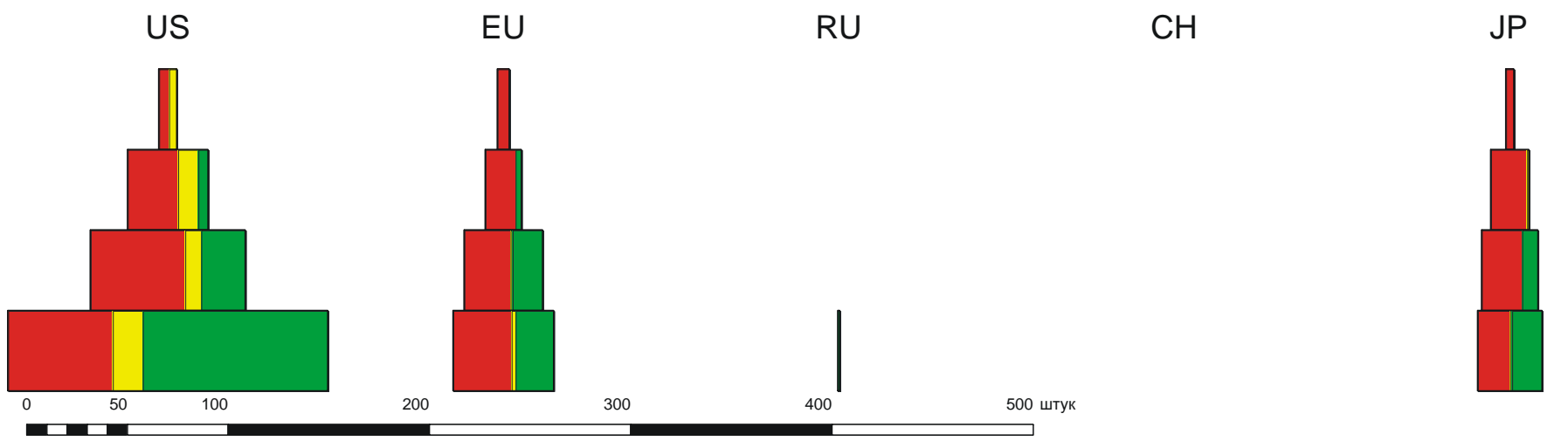
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.1997



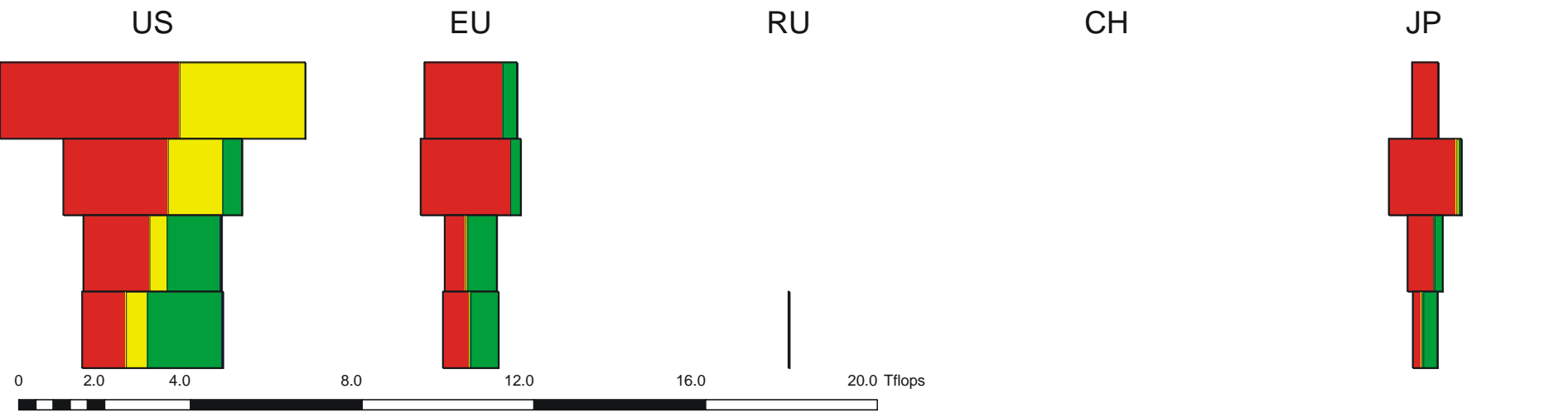
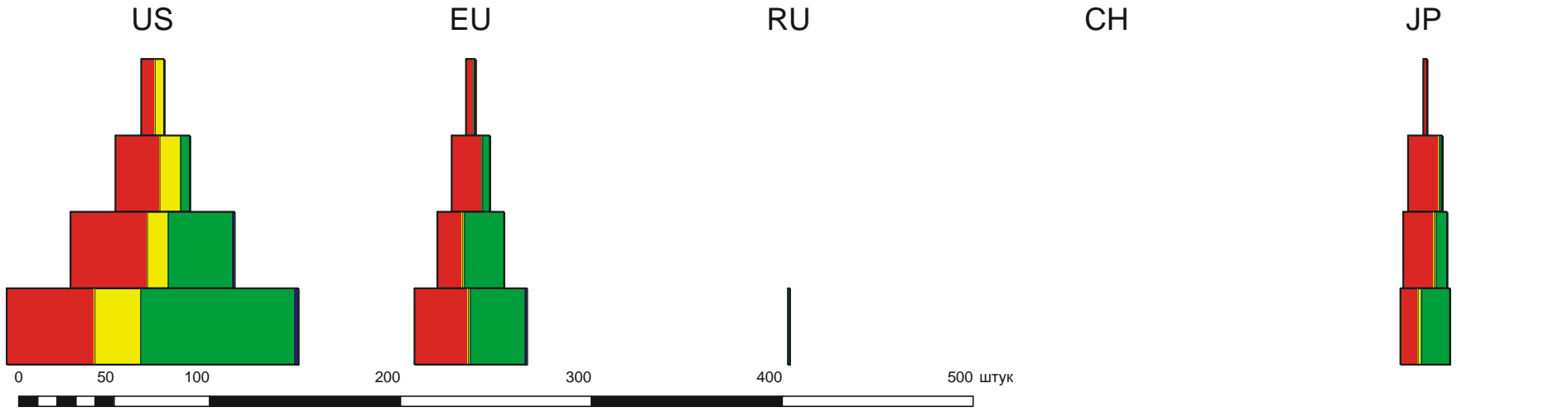
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.1998



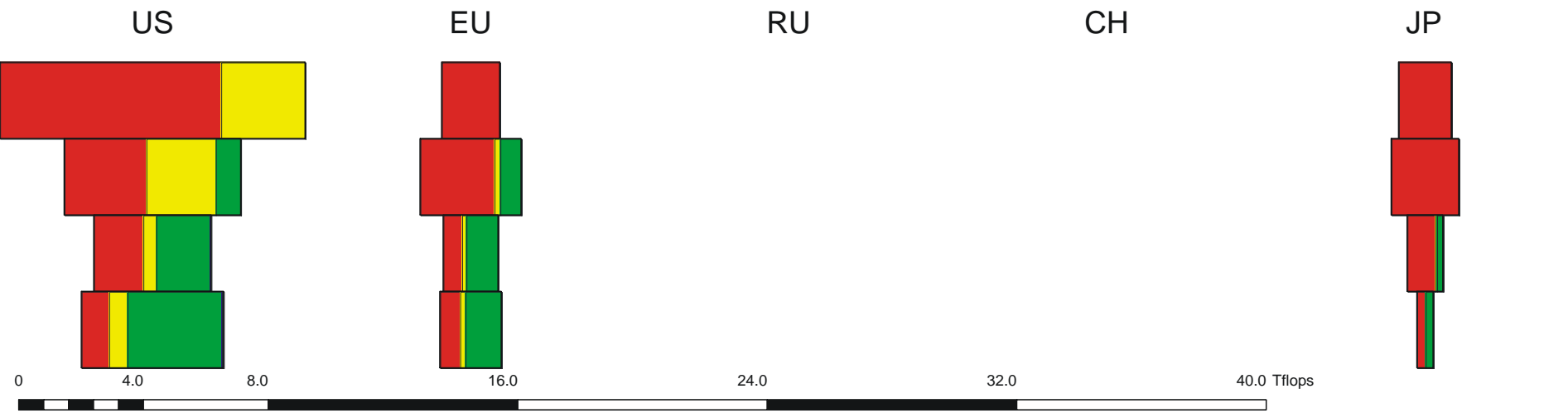
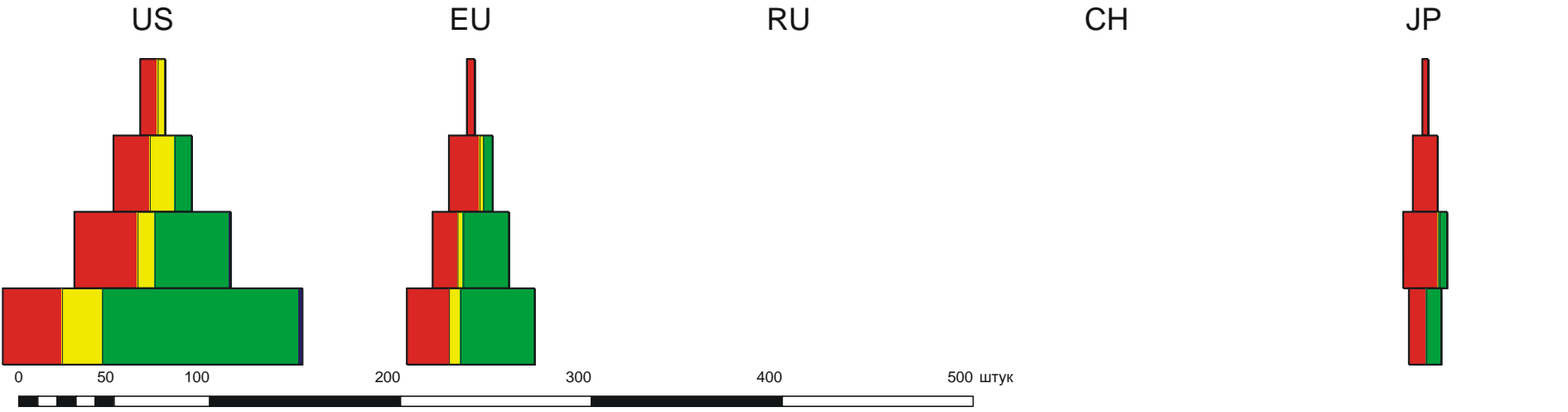
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.1998



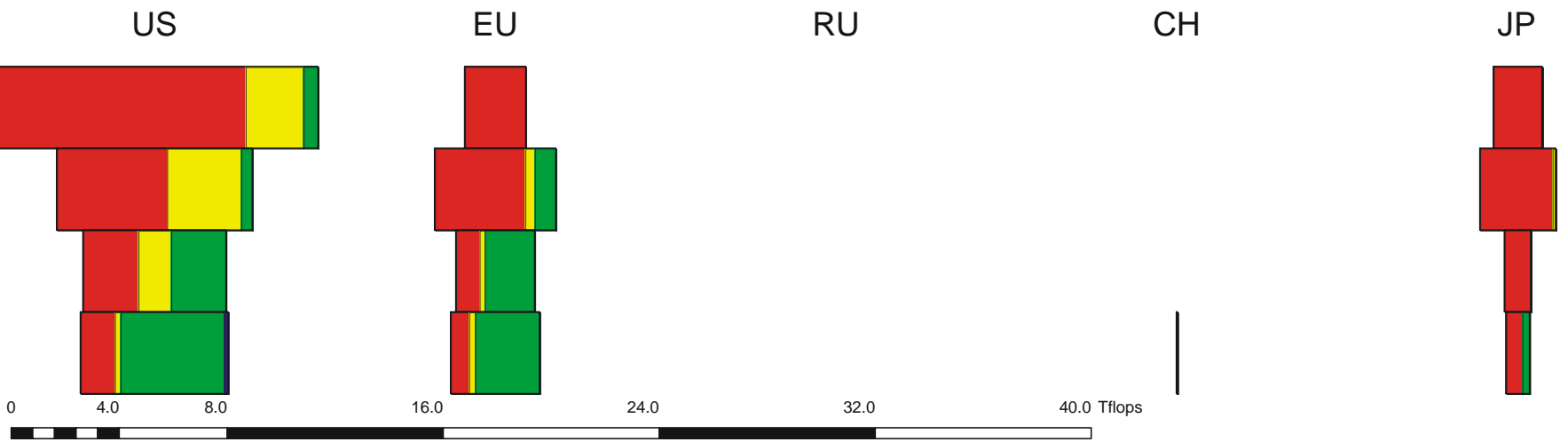
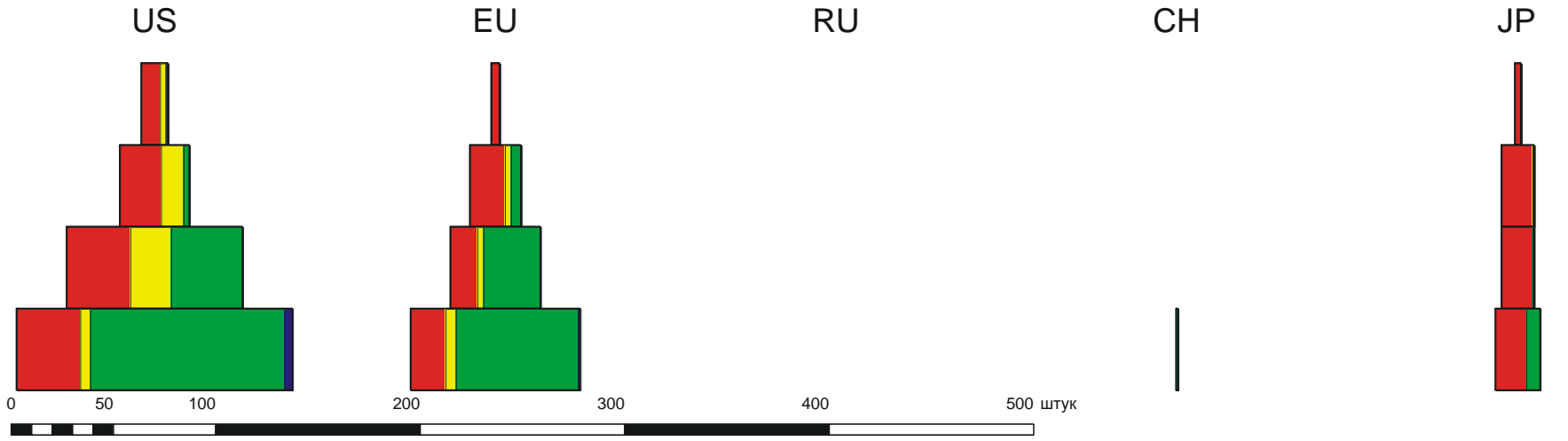
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.1999



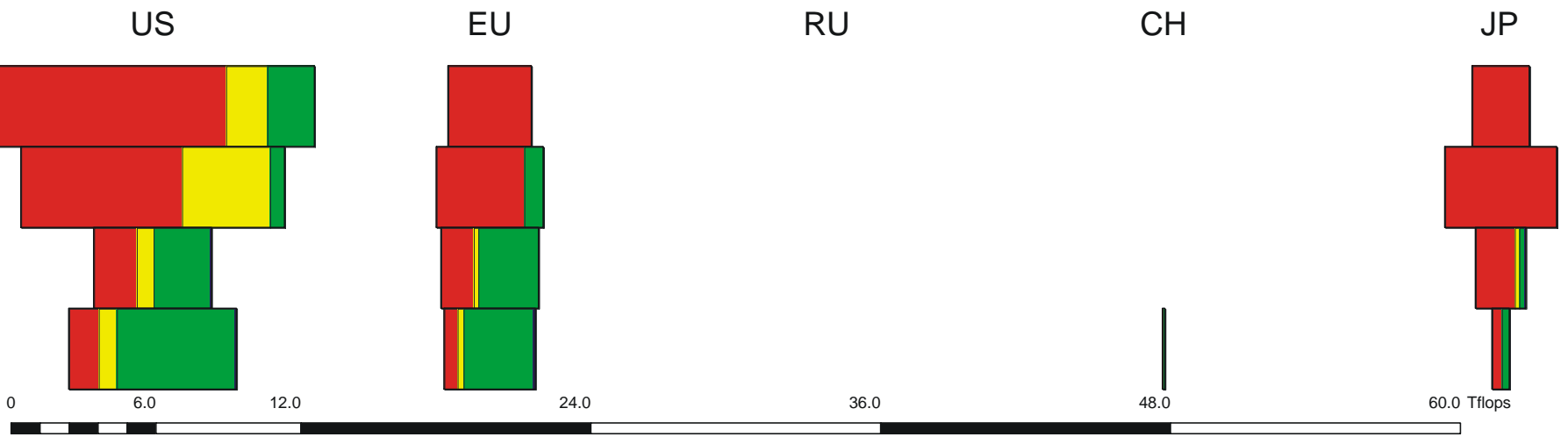
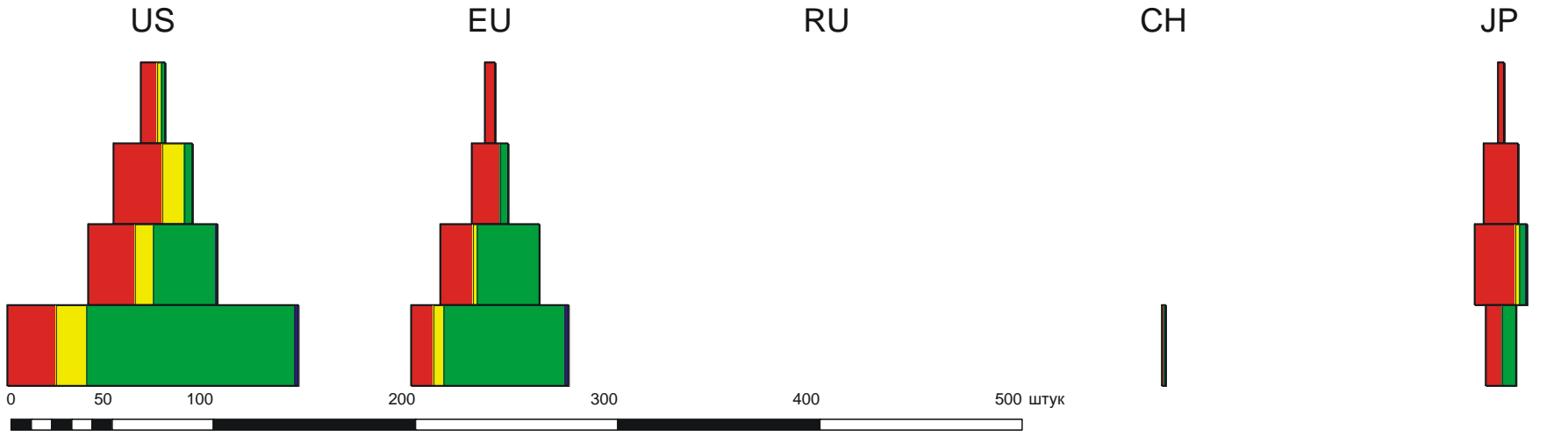
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.1999



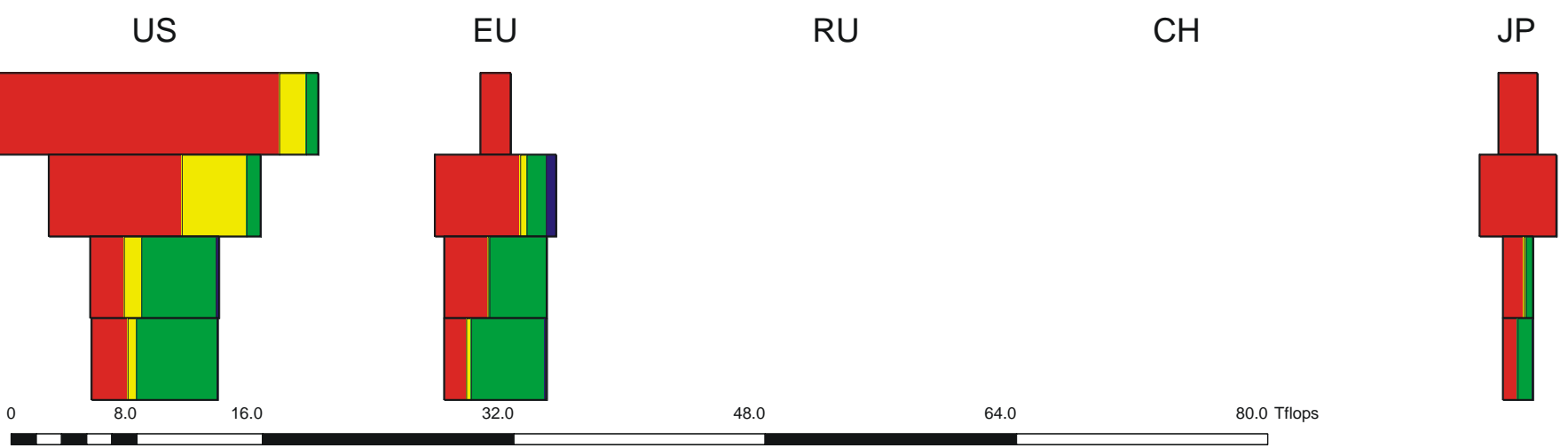
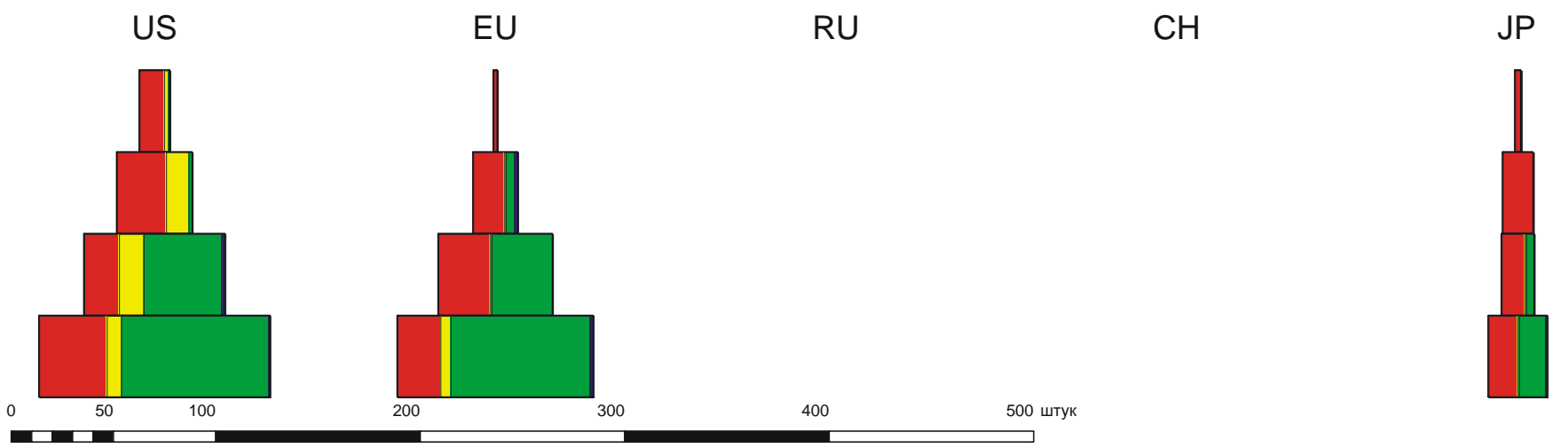
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.2000



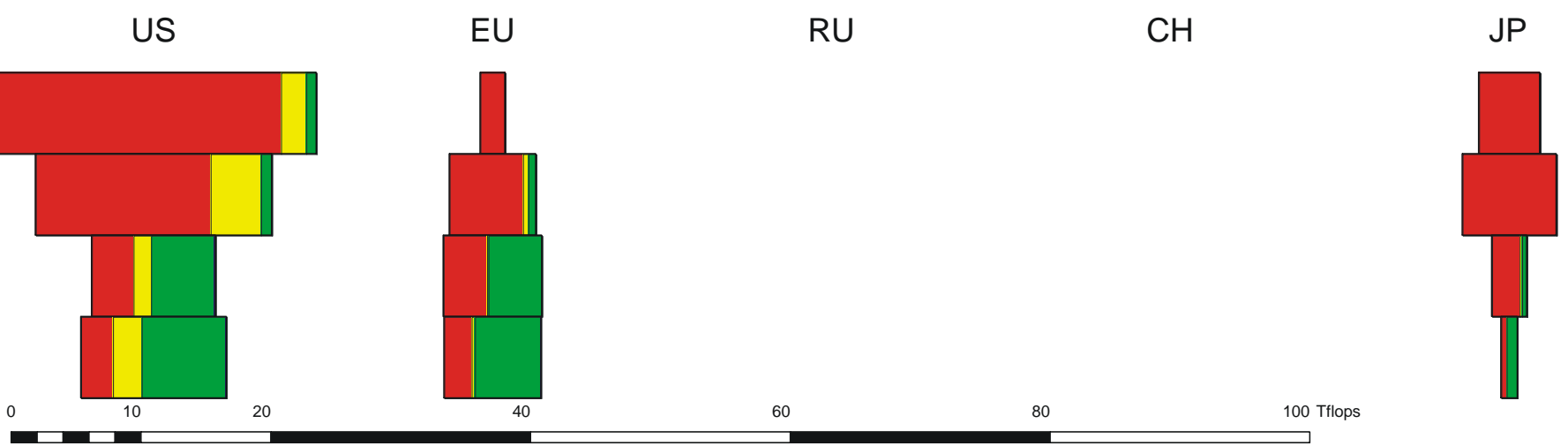
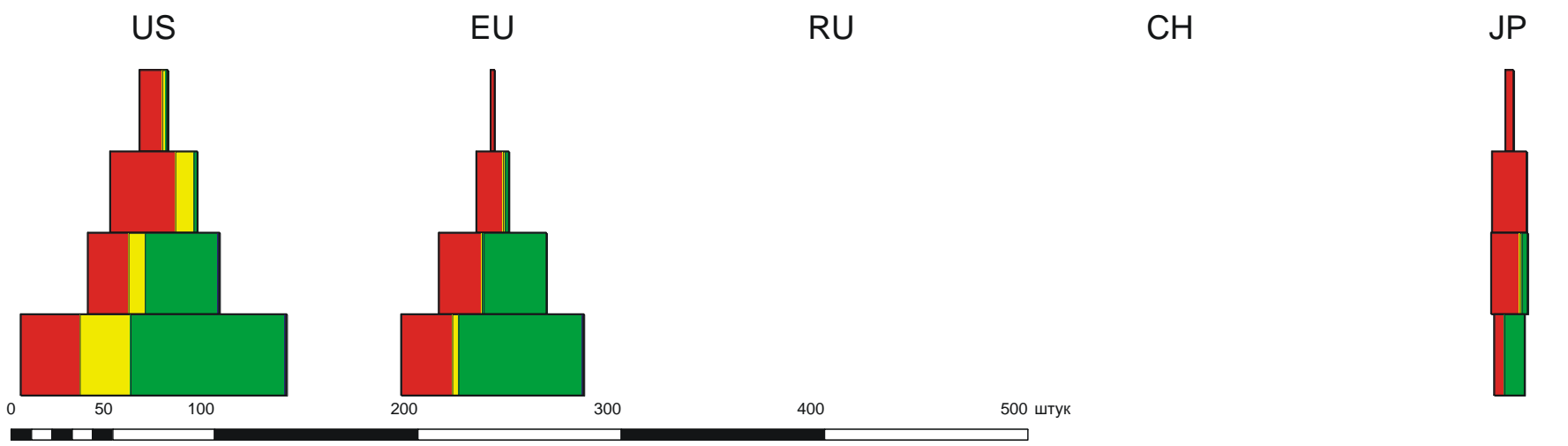
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.2000



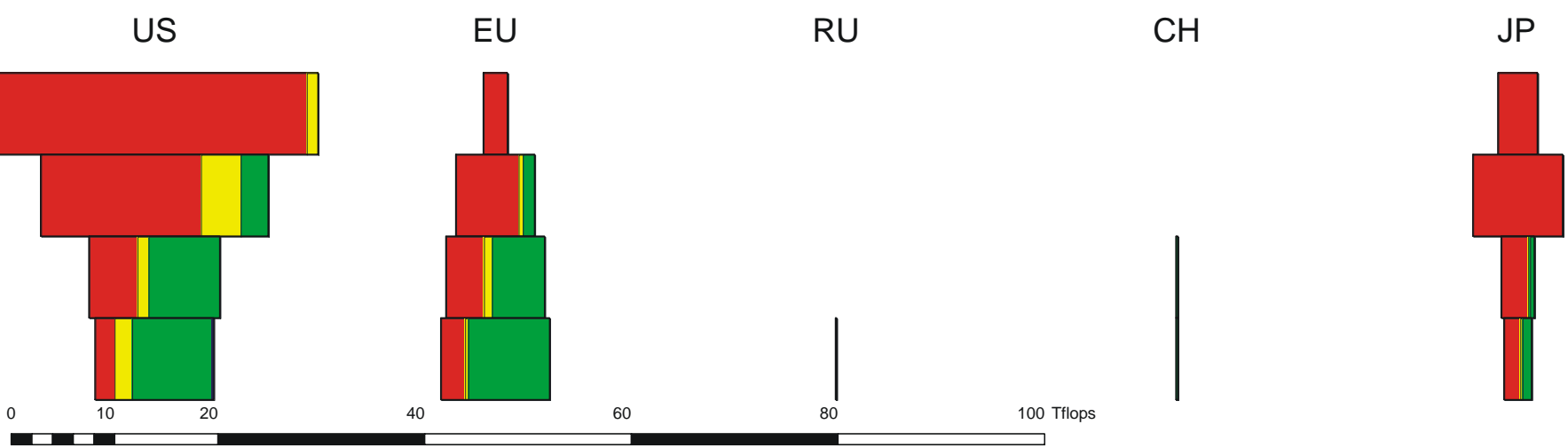
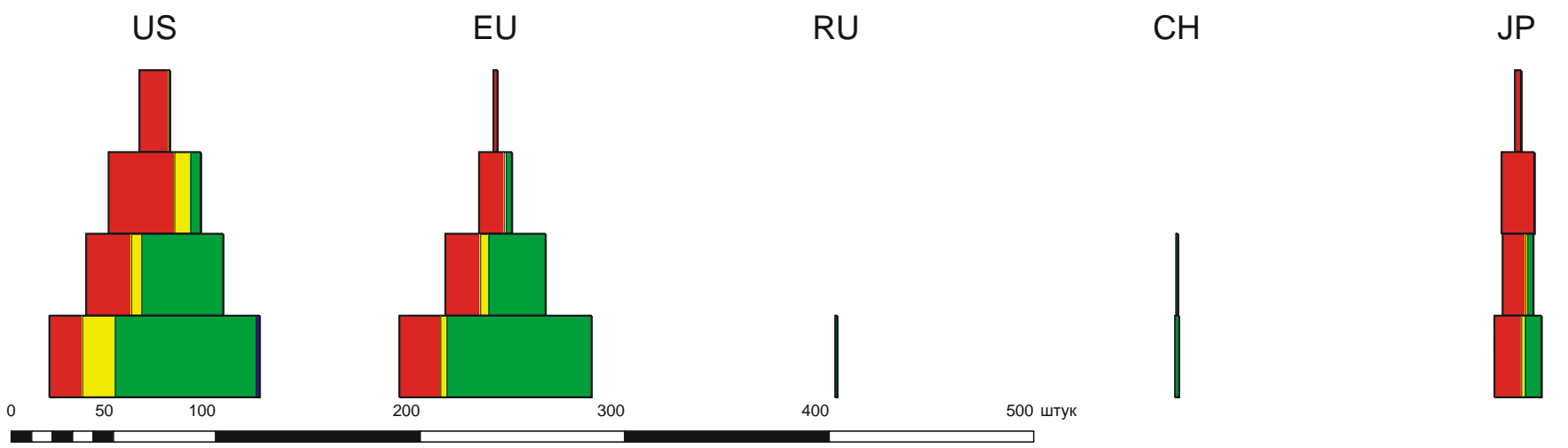
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.2001



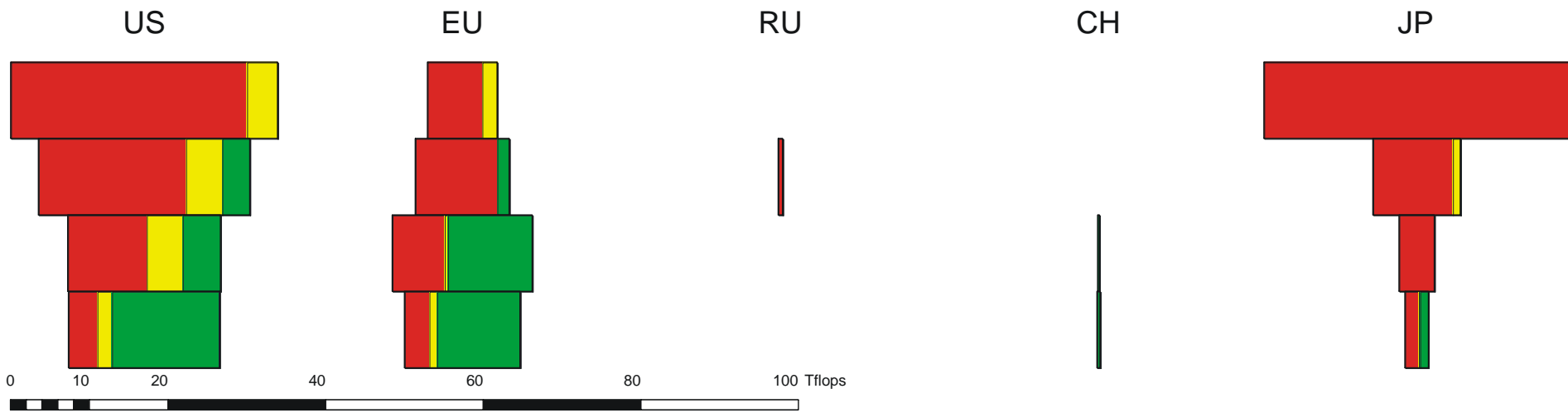
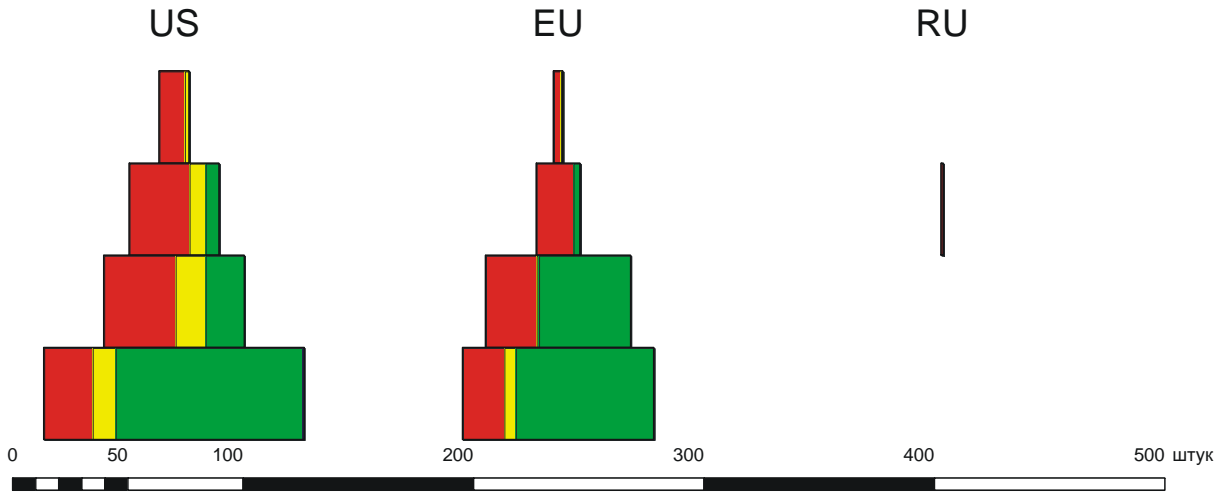
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.2001



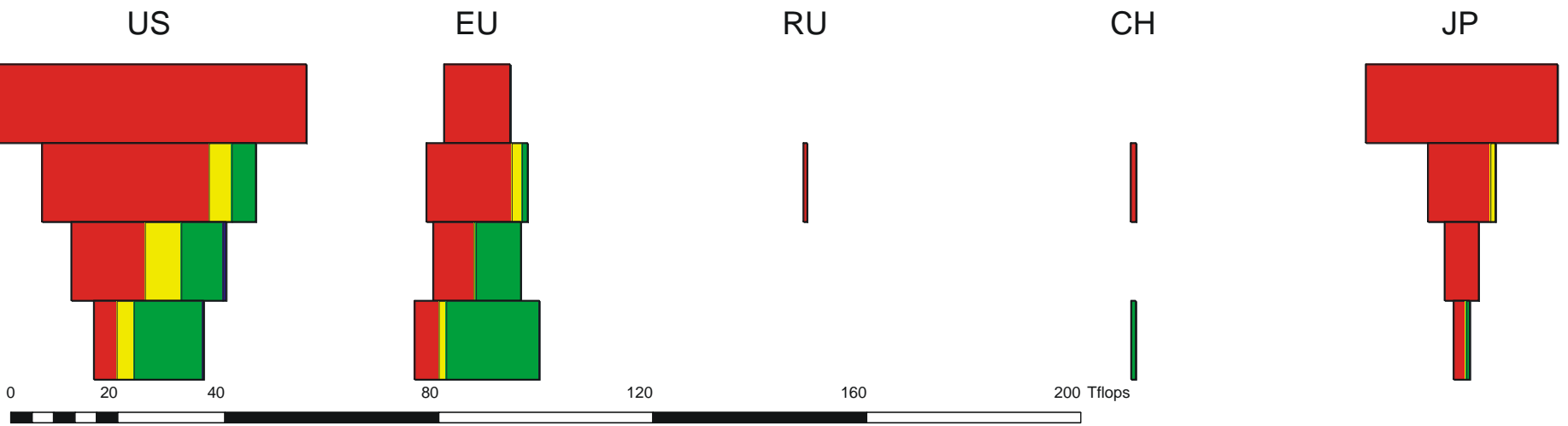
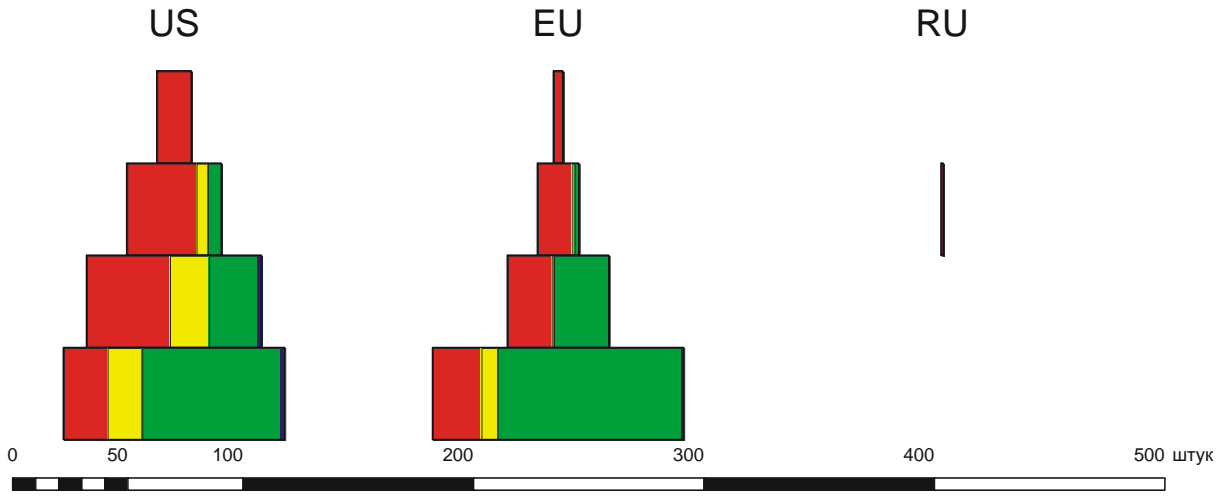
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.2002



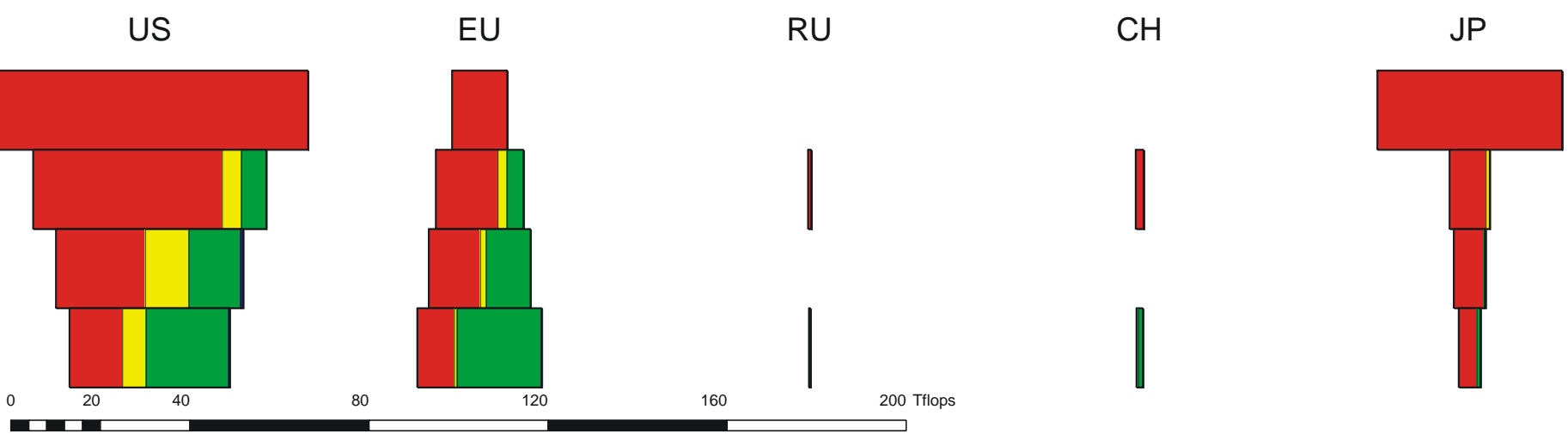
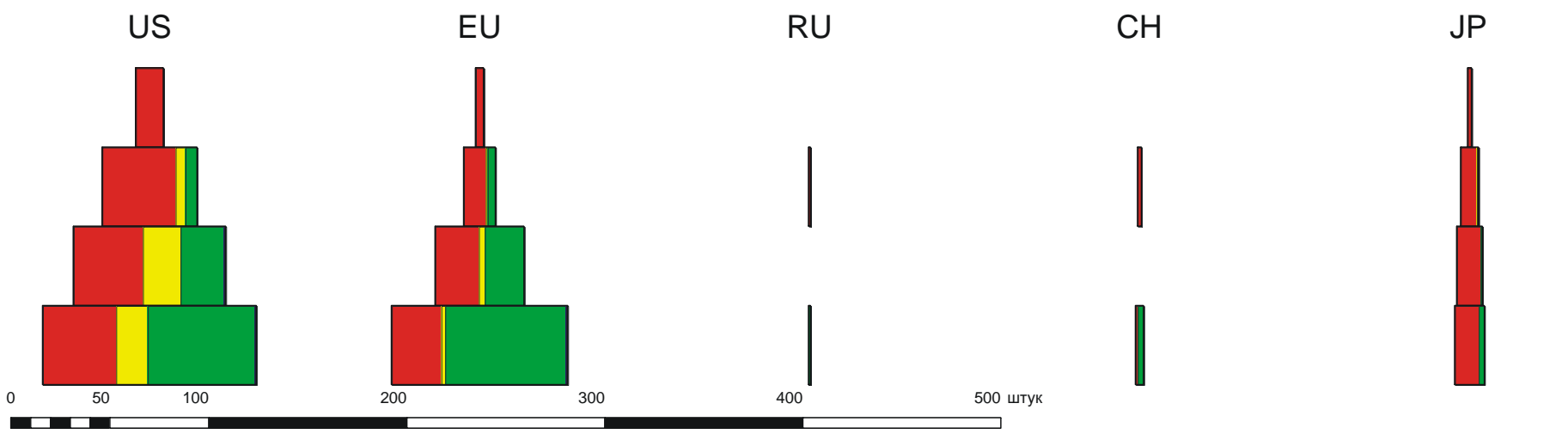
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.2002



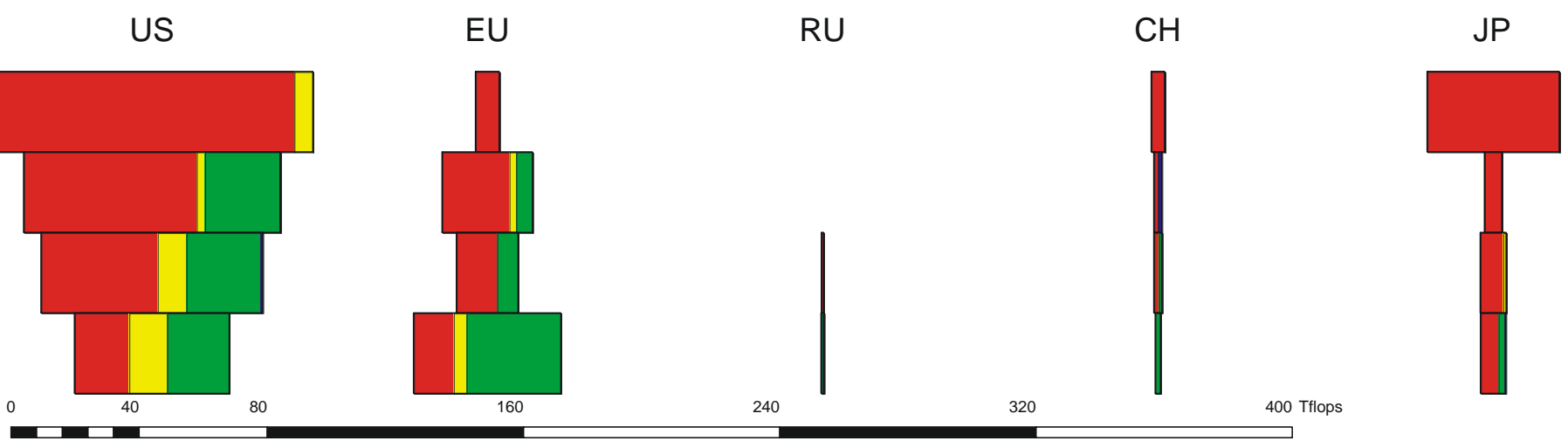
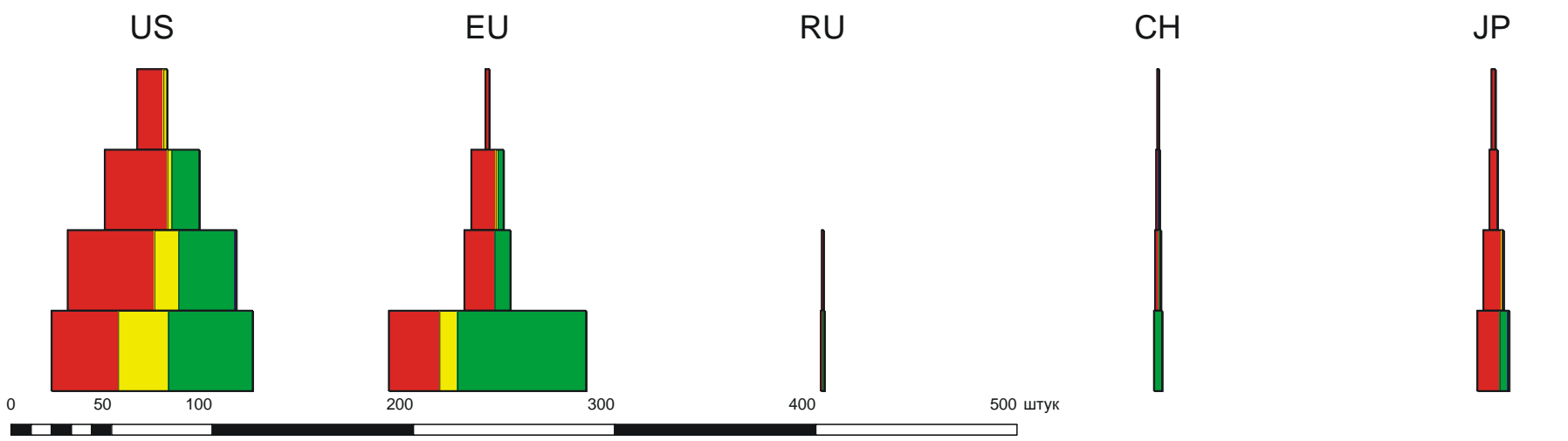
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.2003



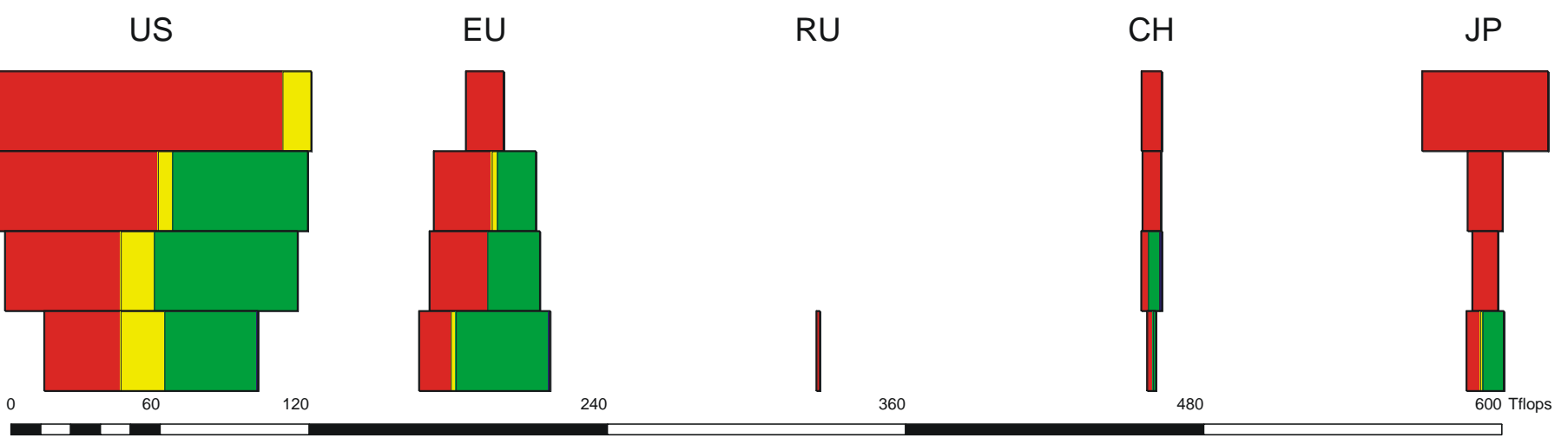
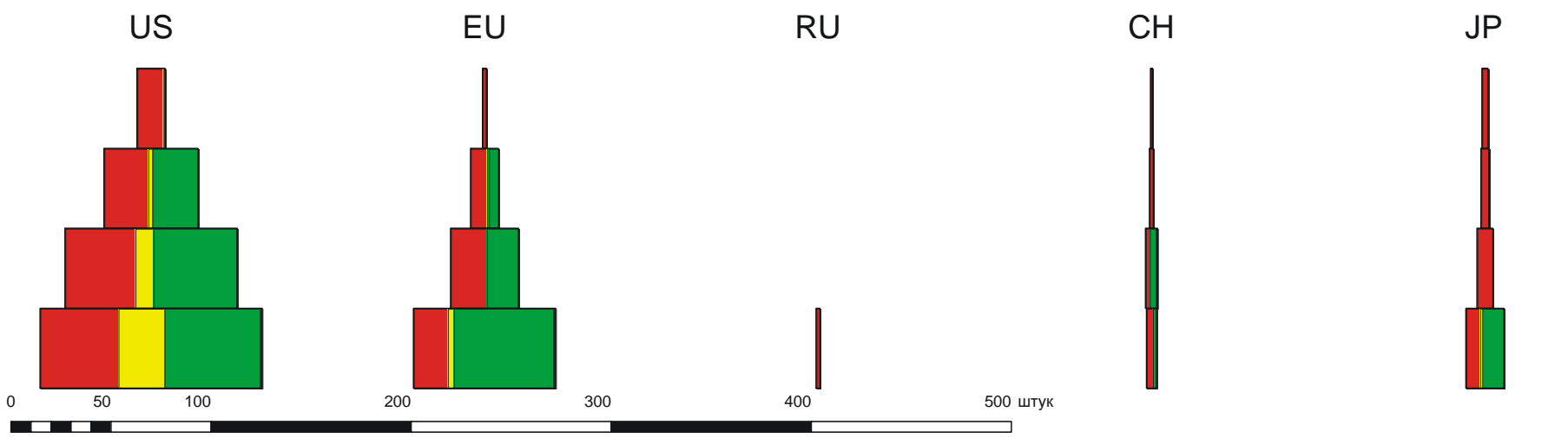
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.2003



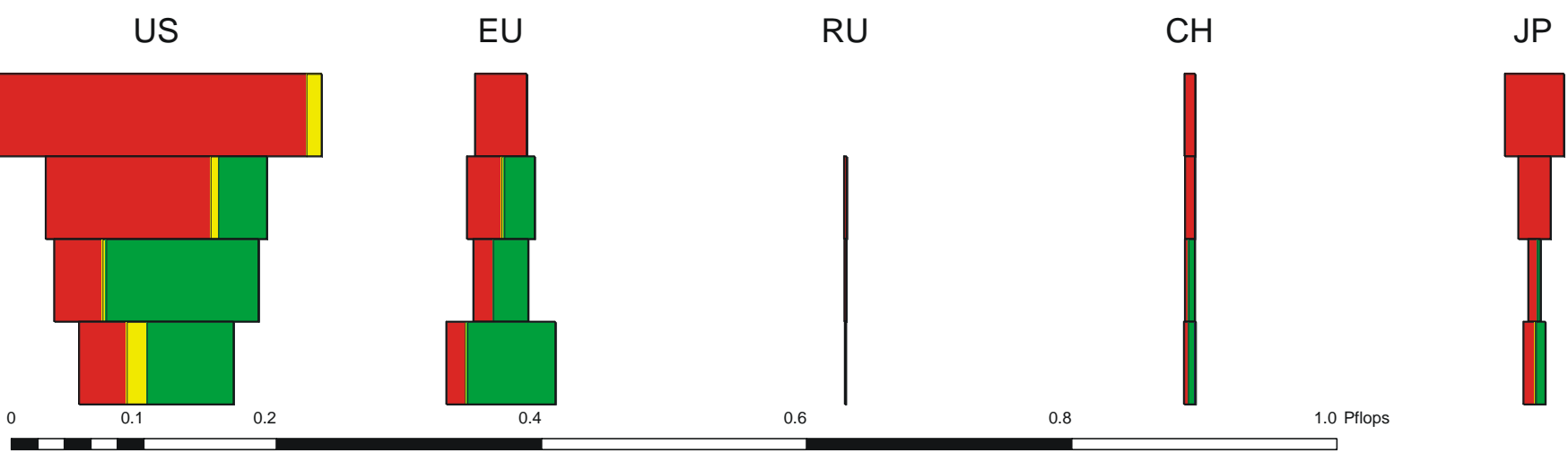
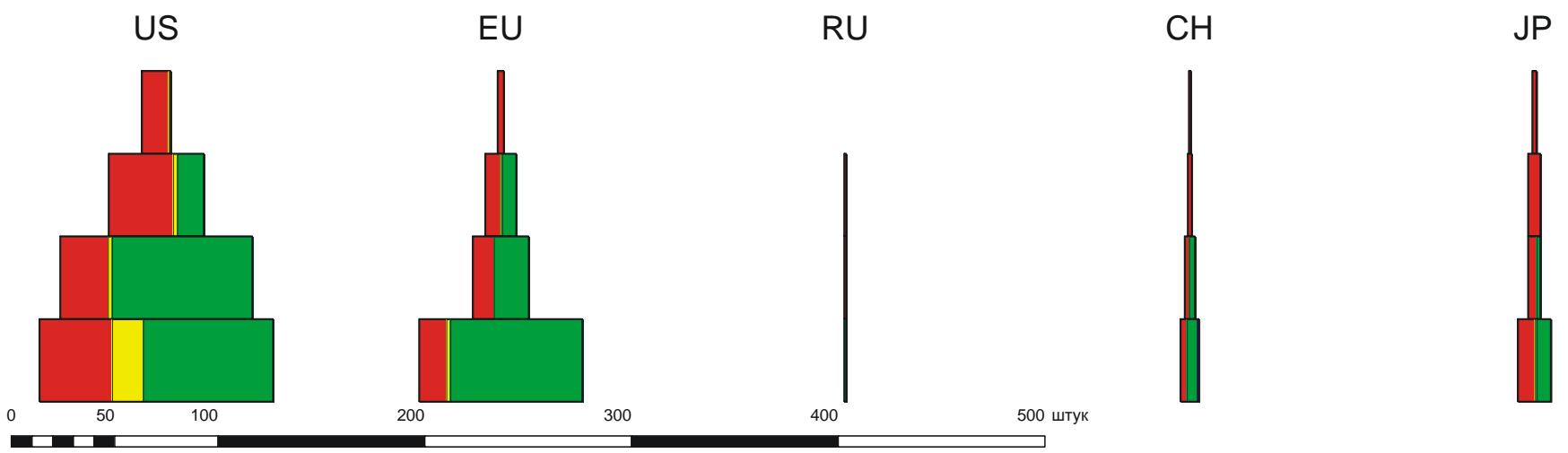
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.2004



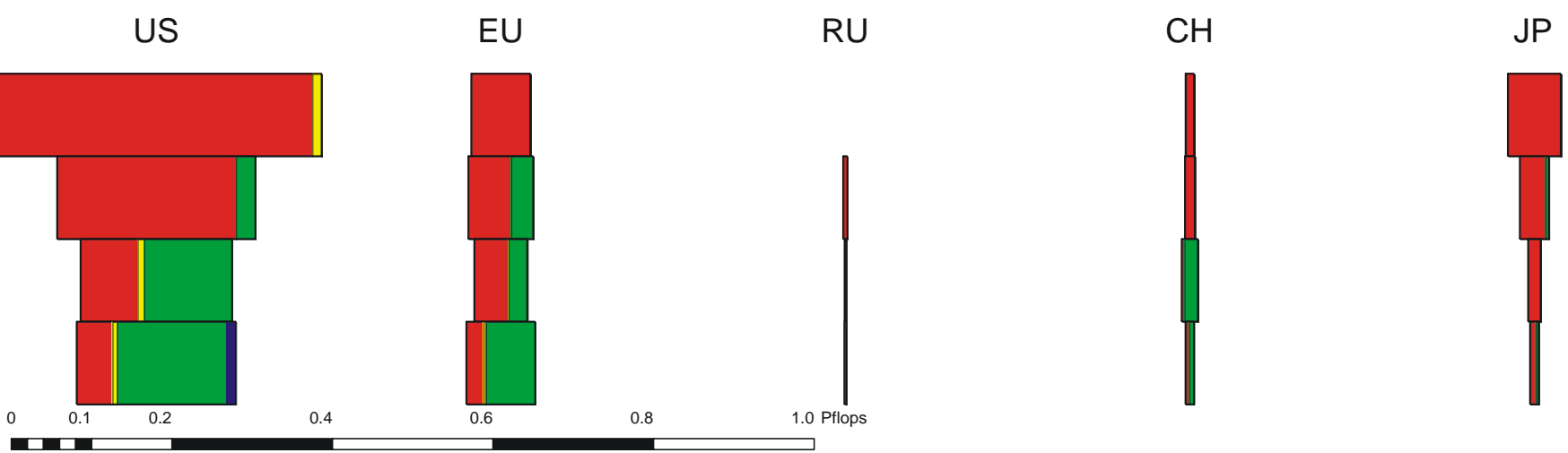
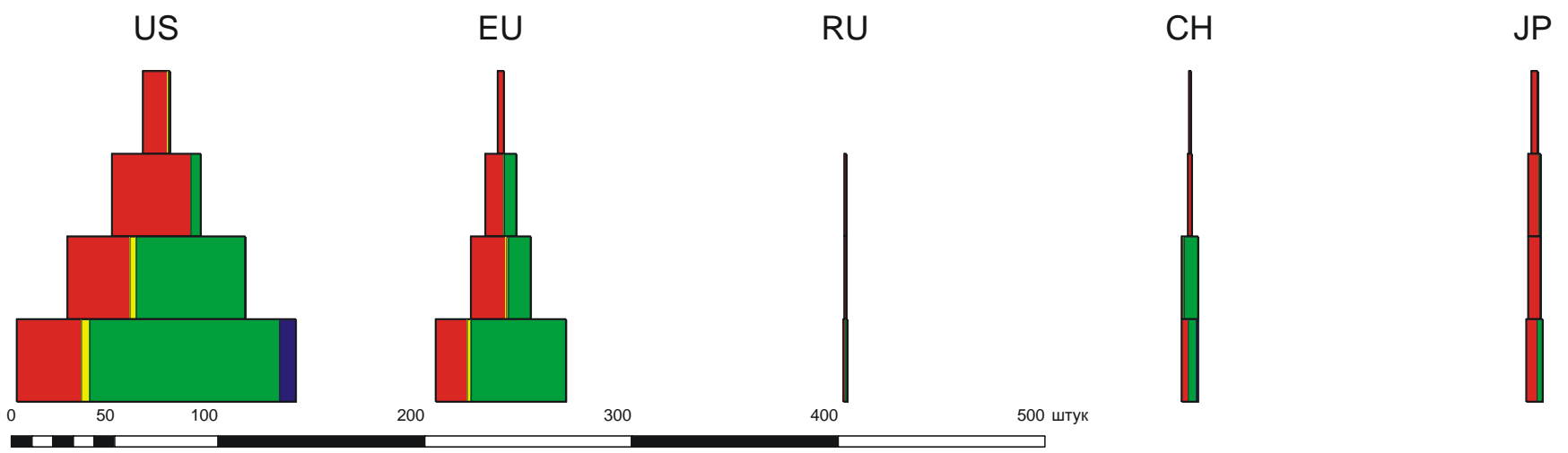
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.2004



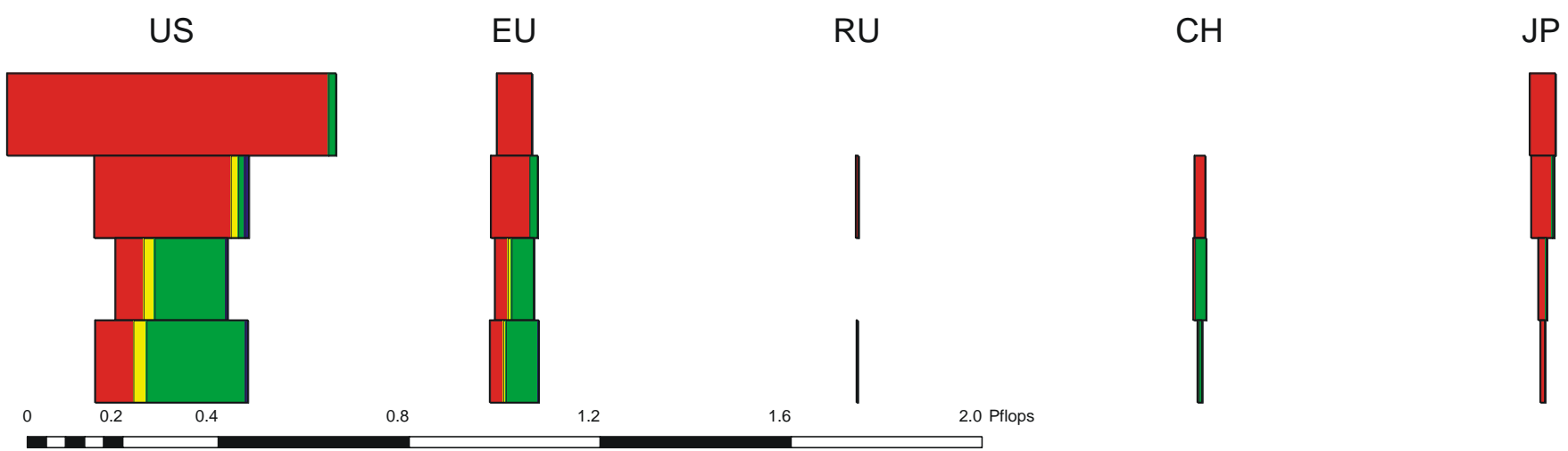
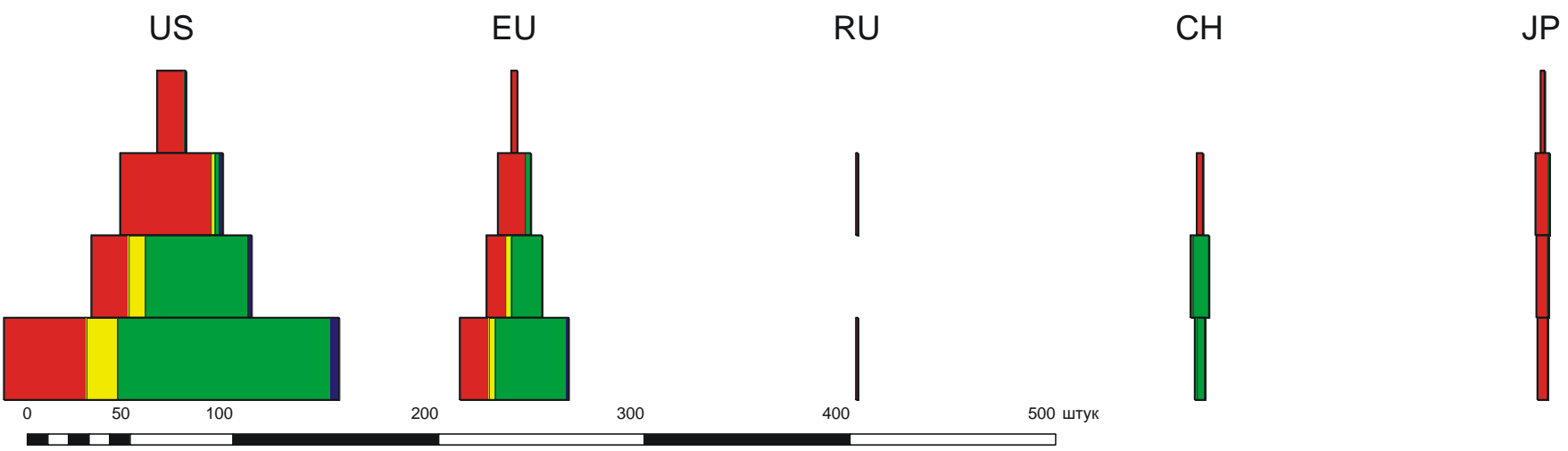
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.2005



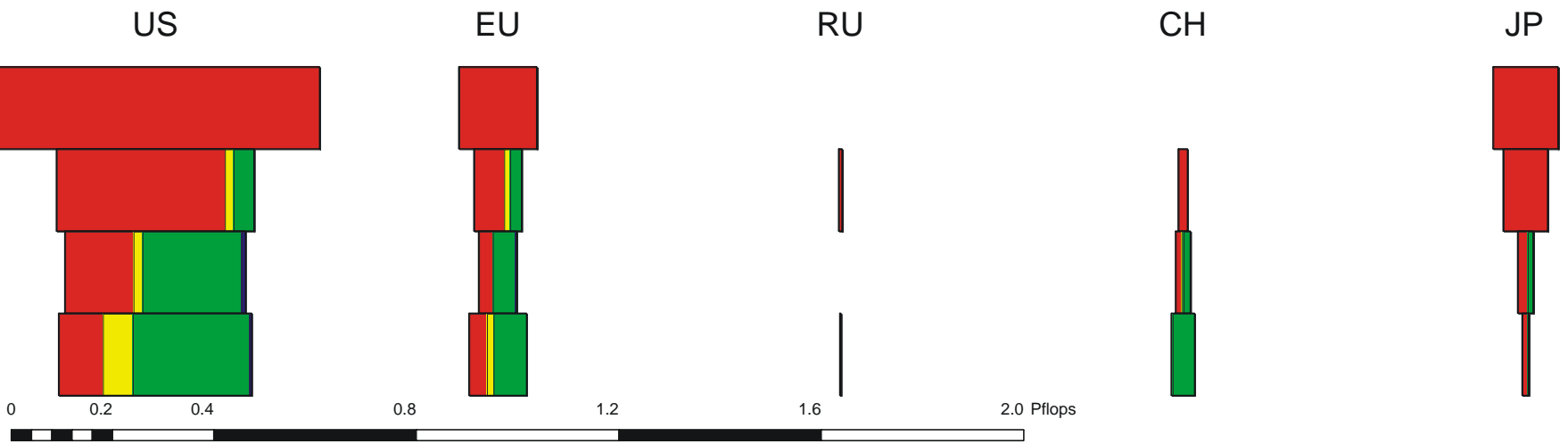
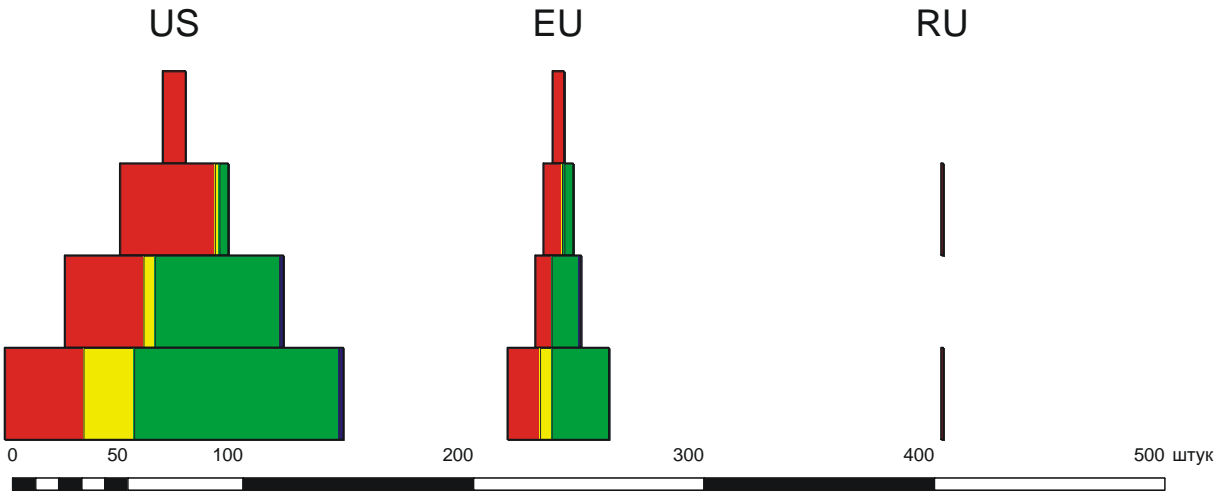
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.2005



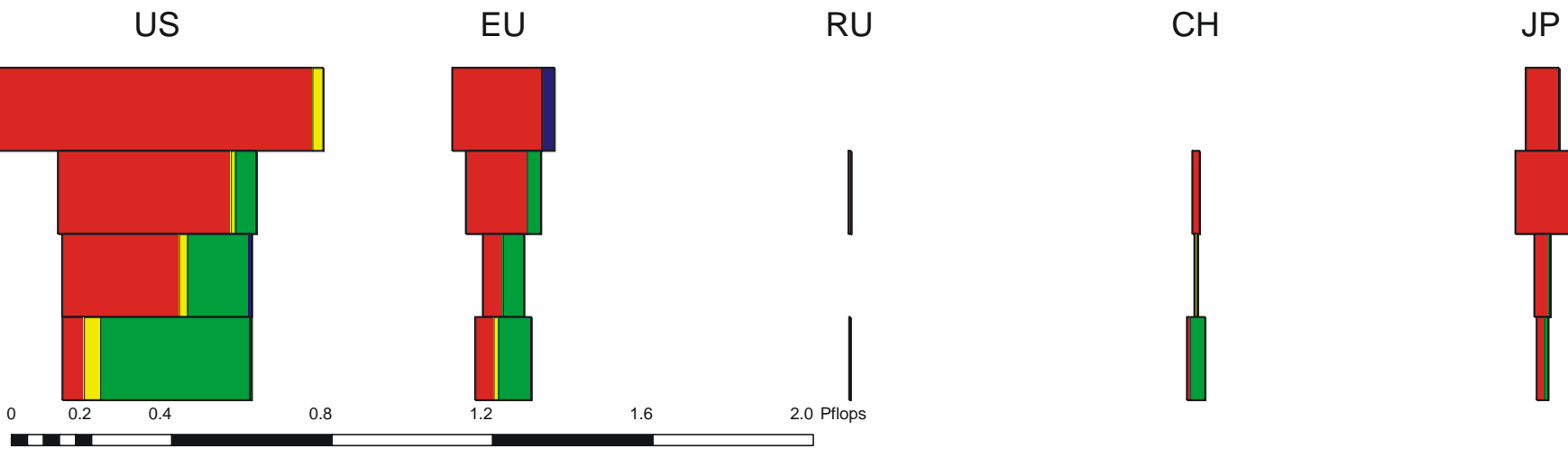
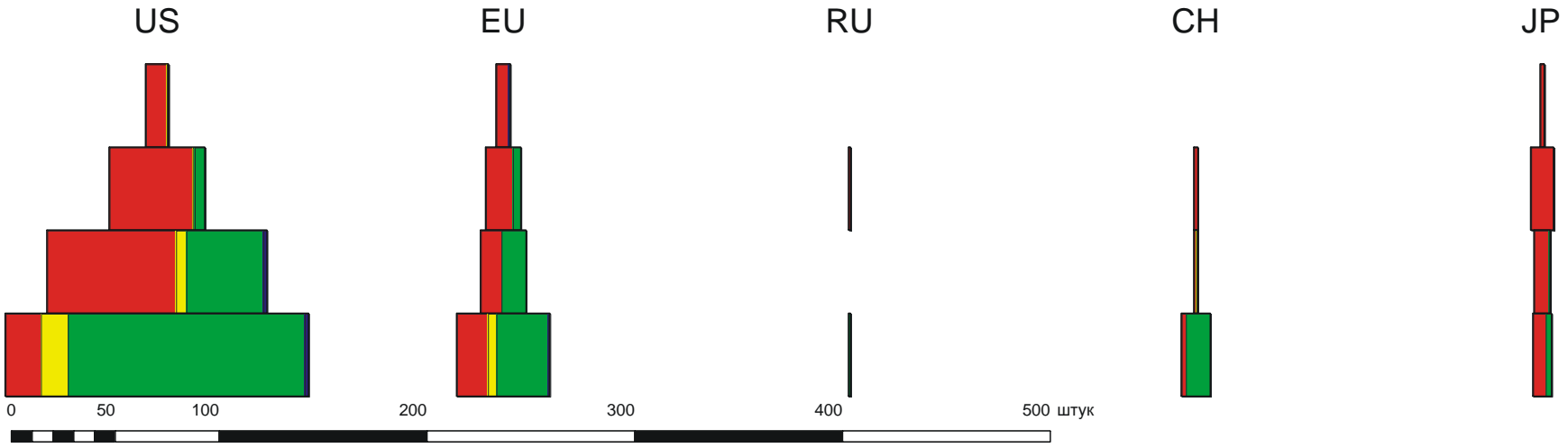
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.2006



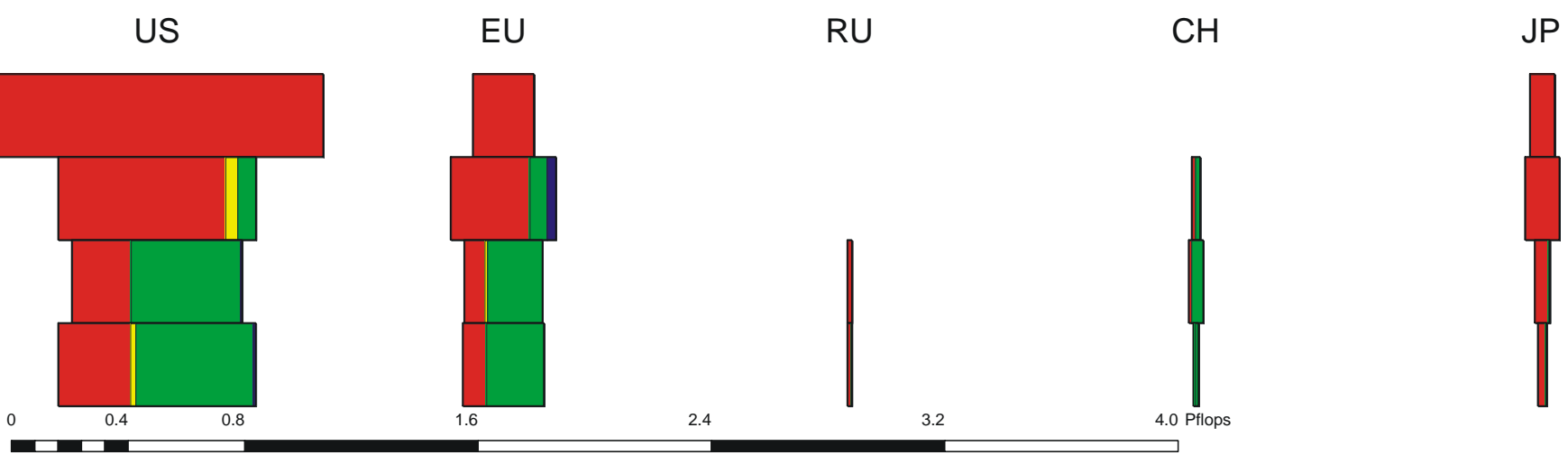
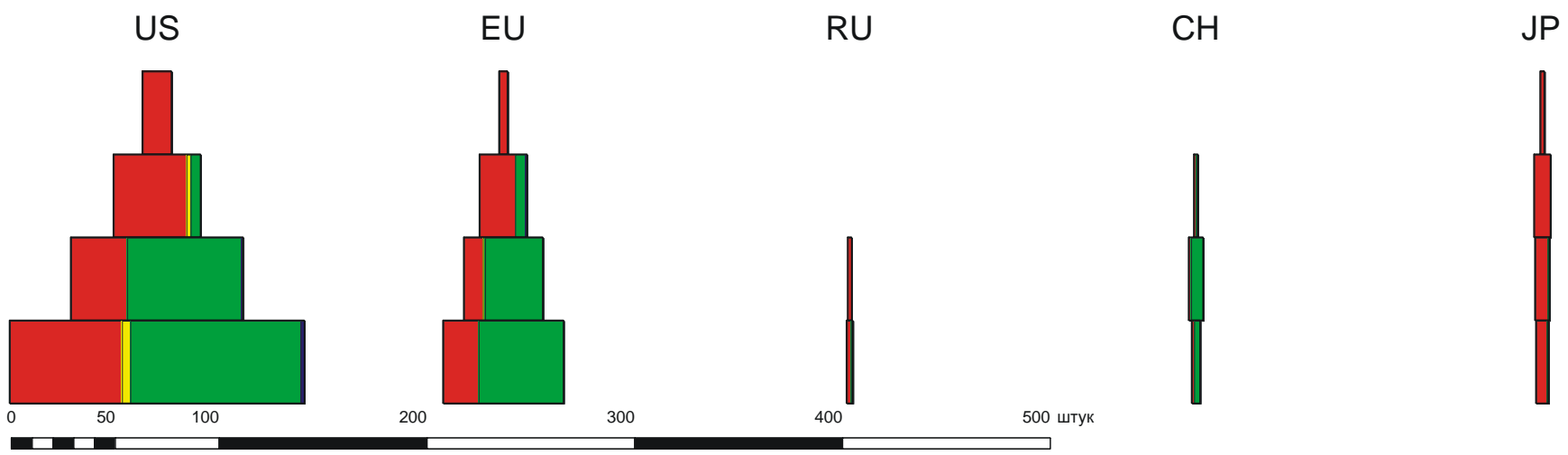
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.2006



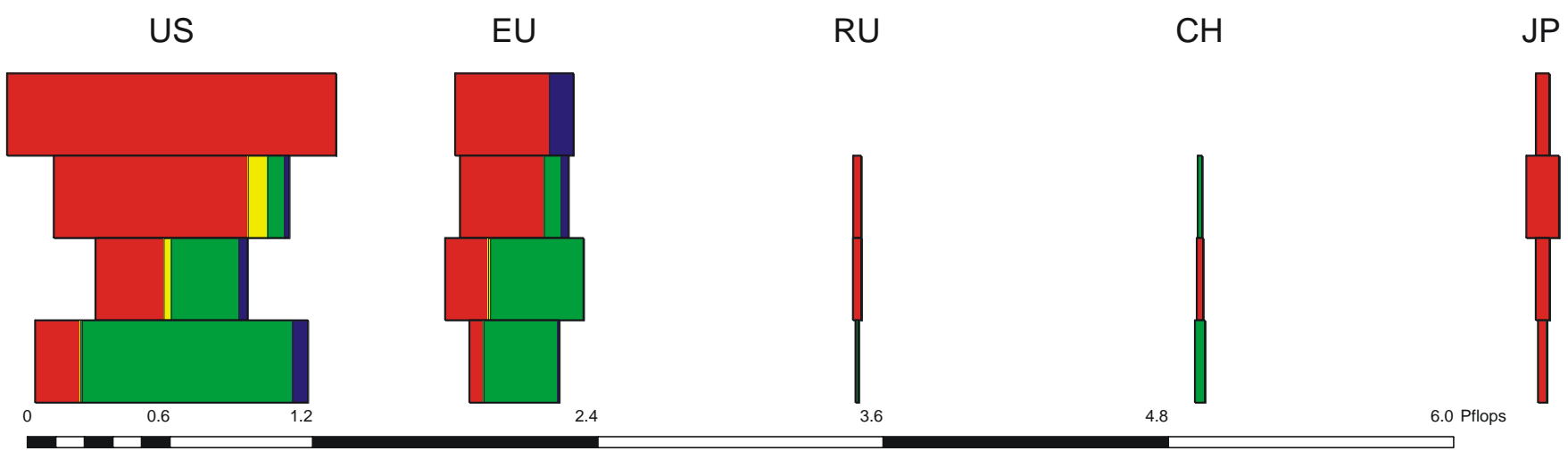
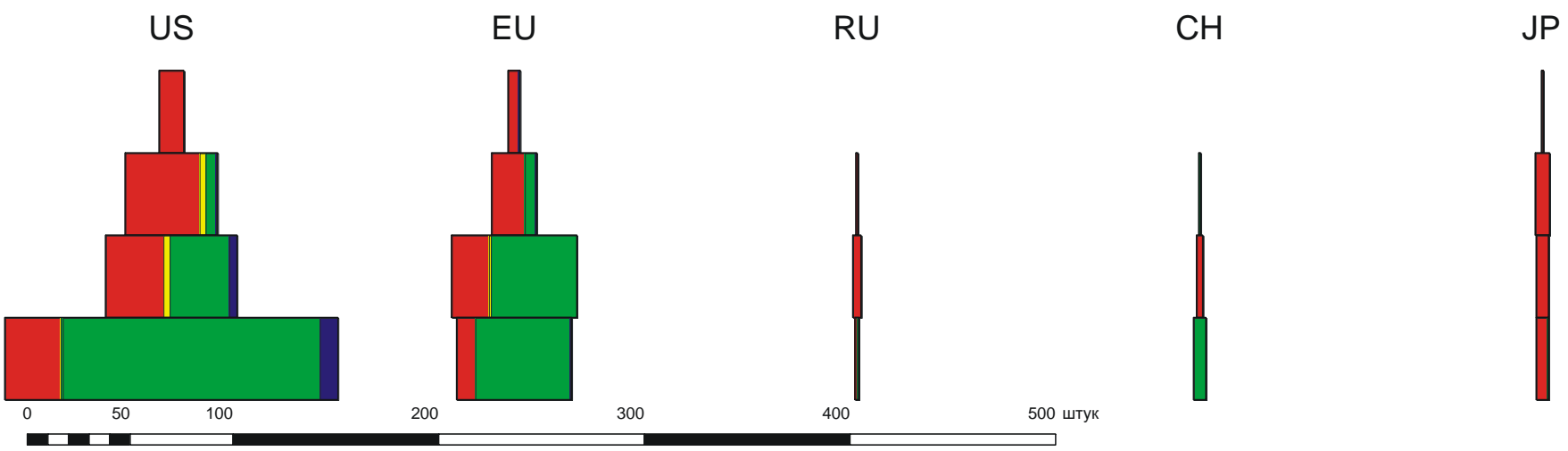
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.2007



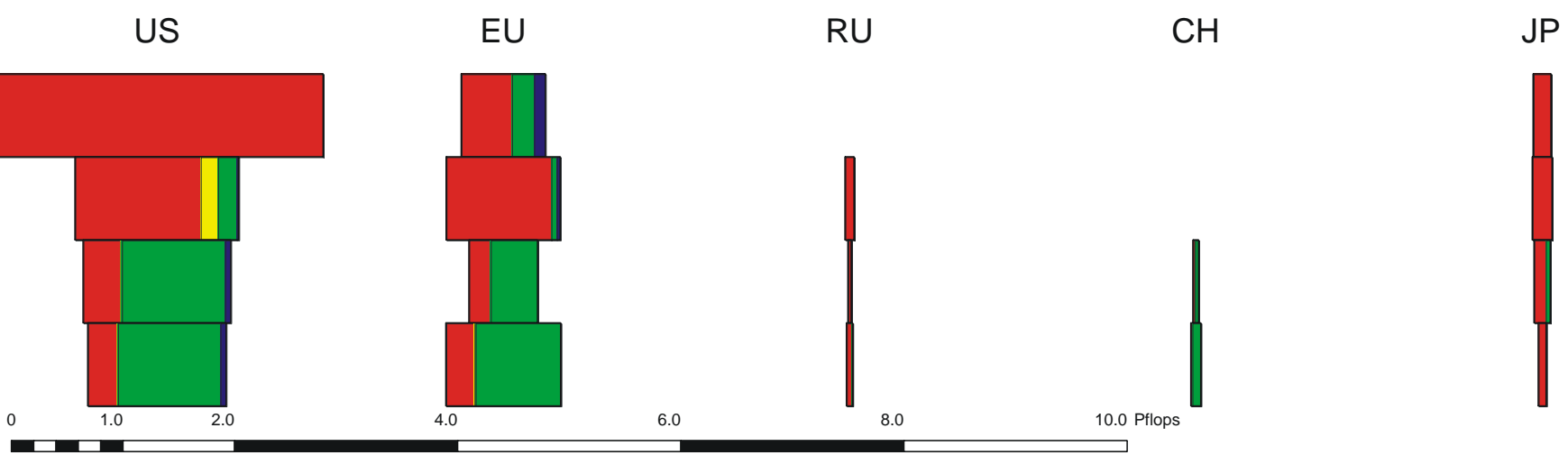
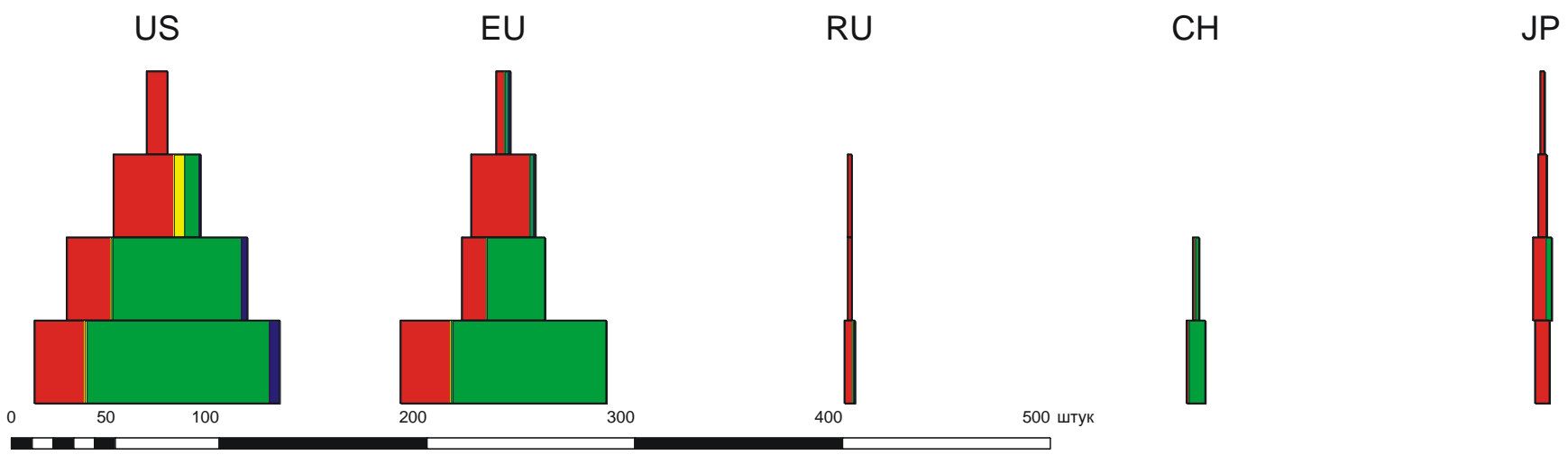
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.2007



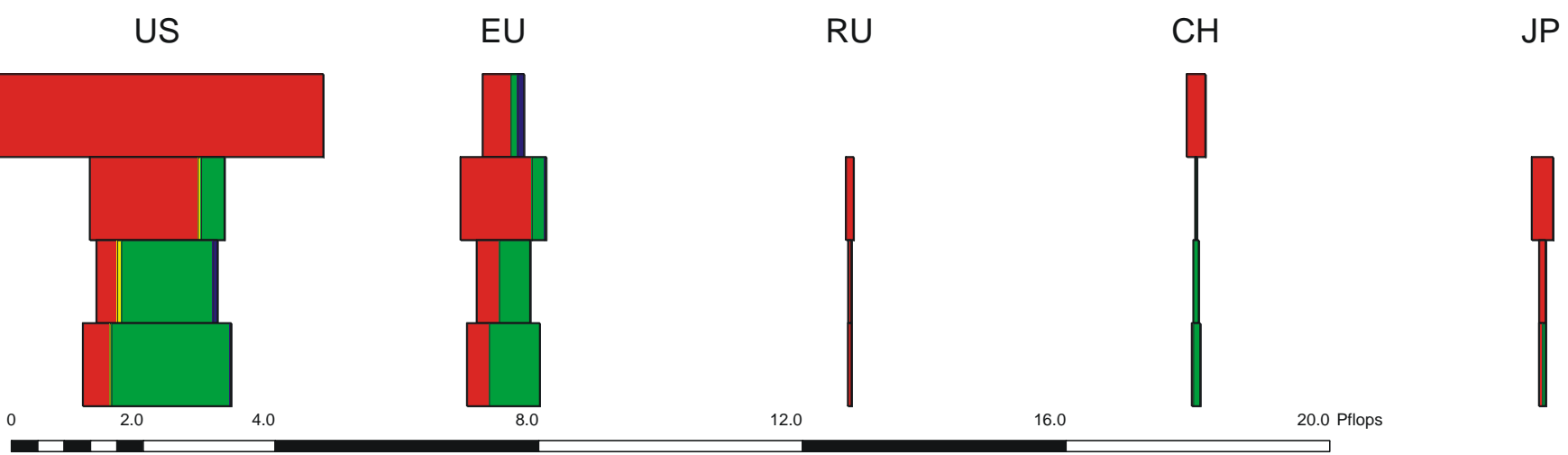
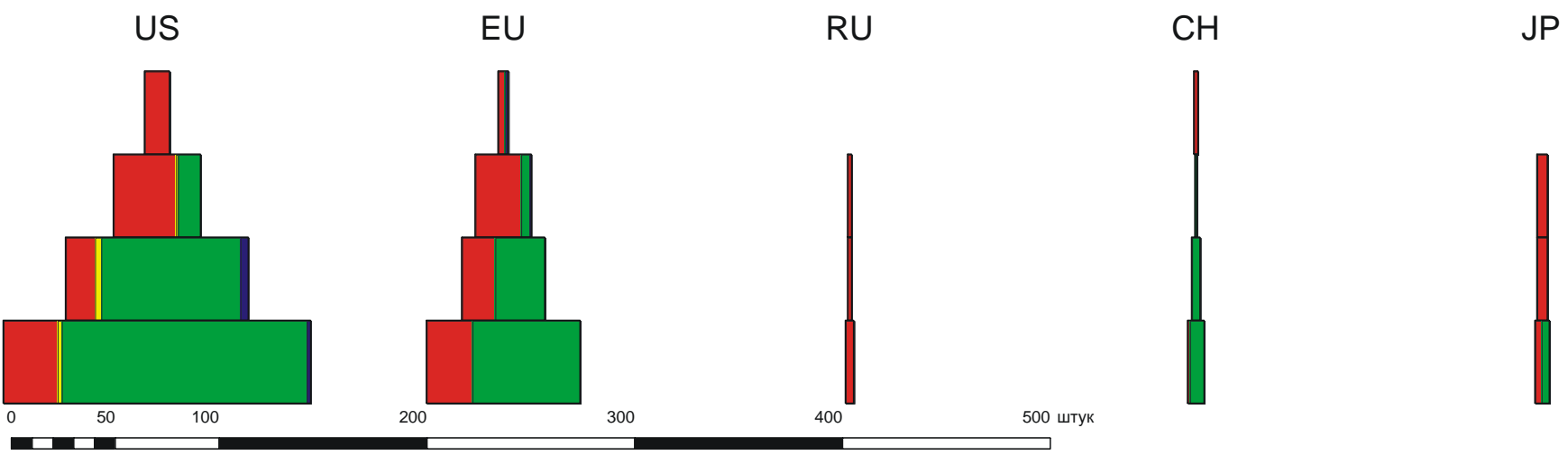
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.2008



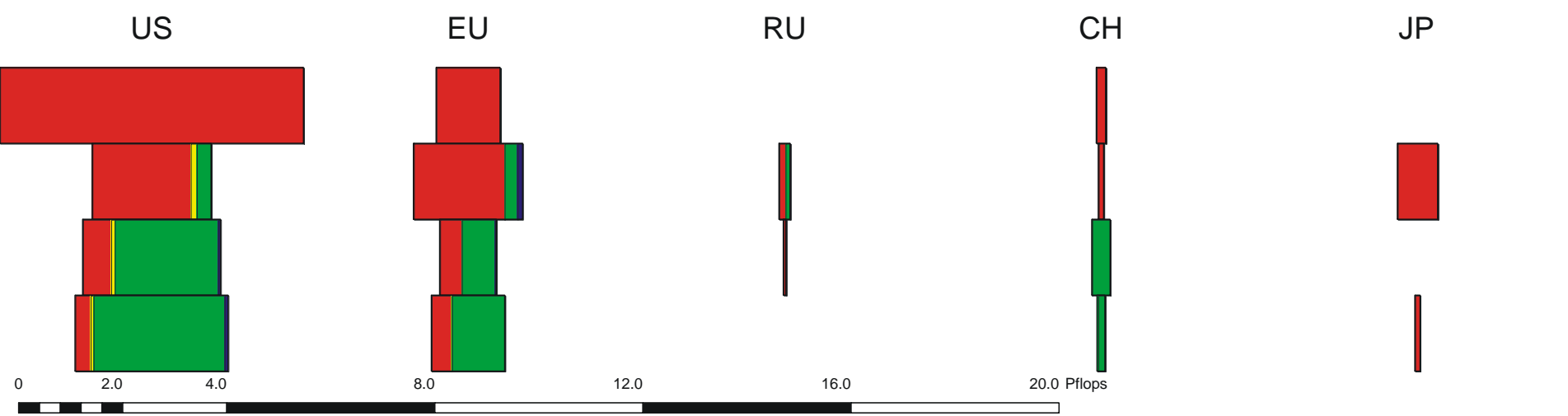
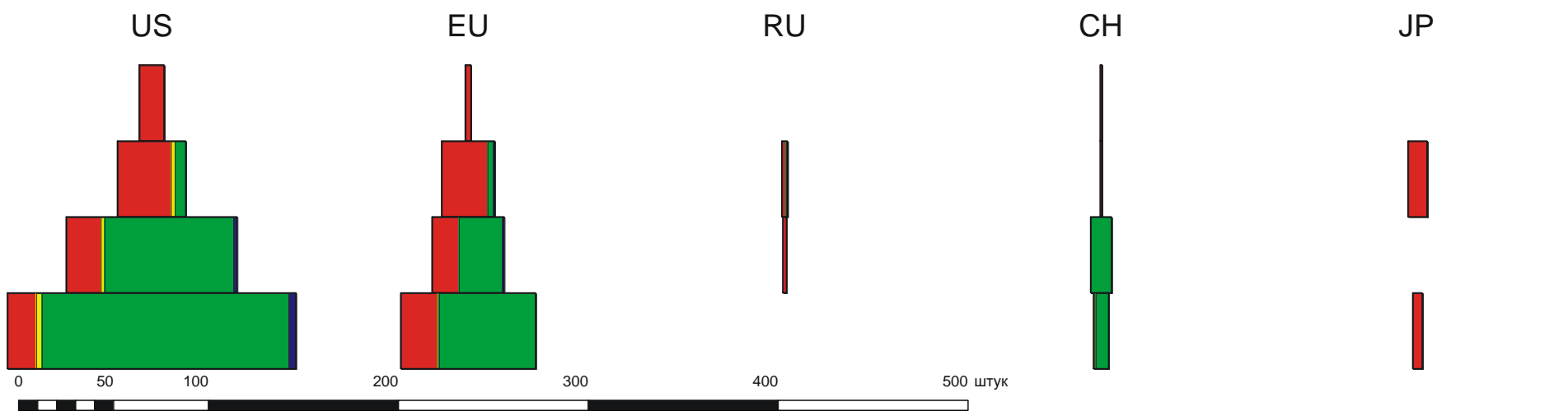
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.2008



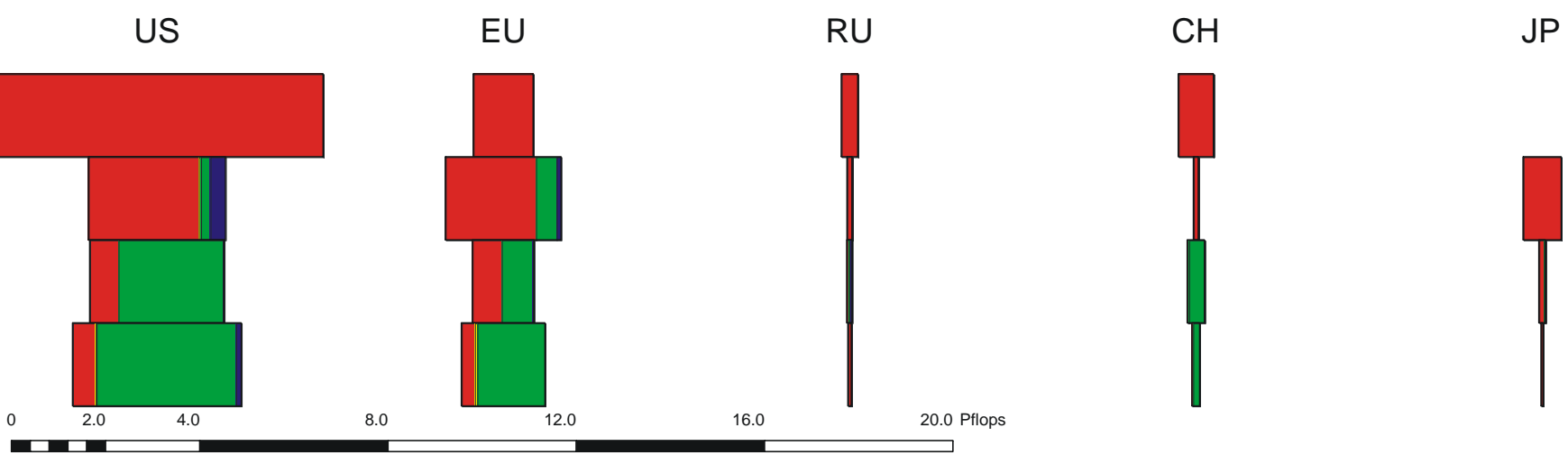
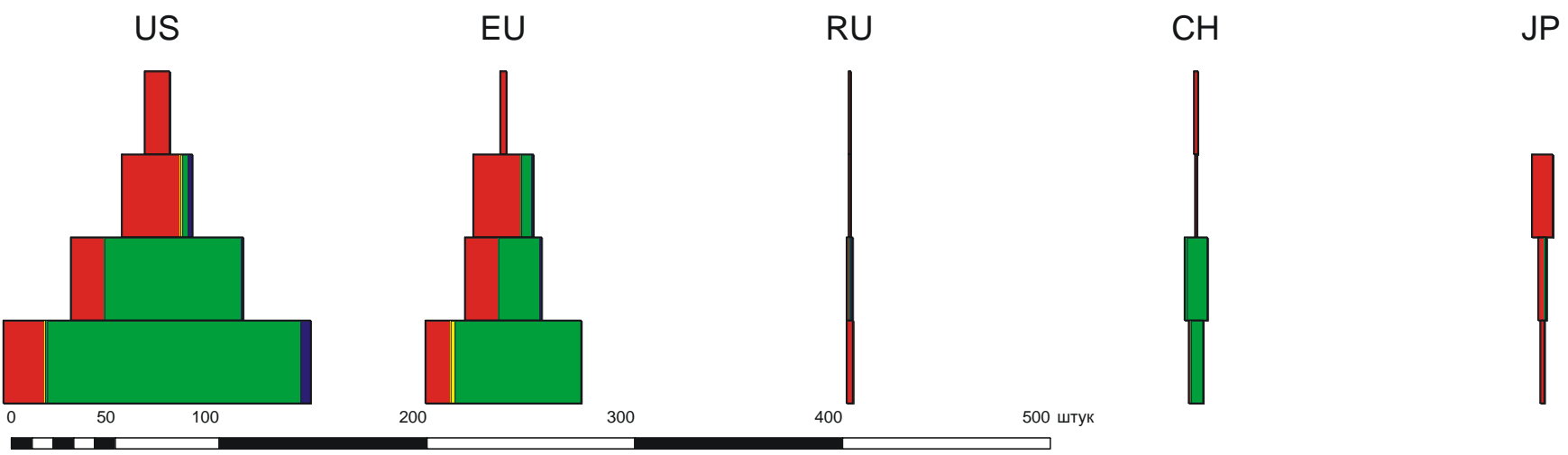
Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.2009



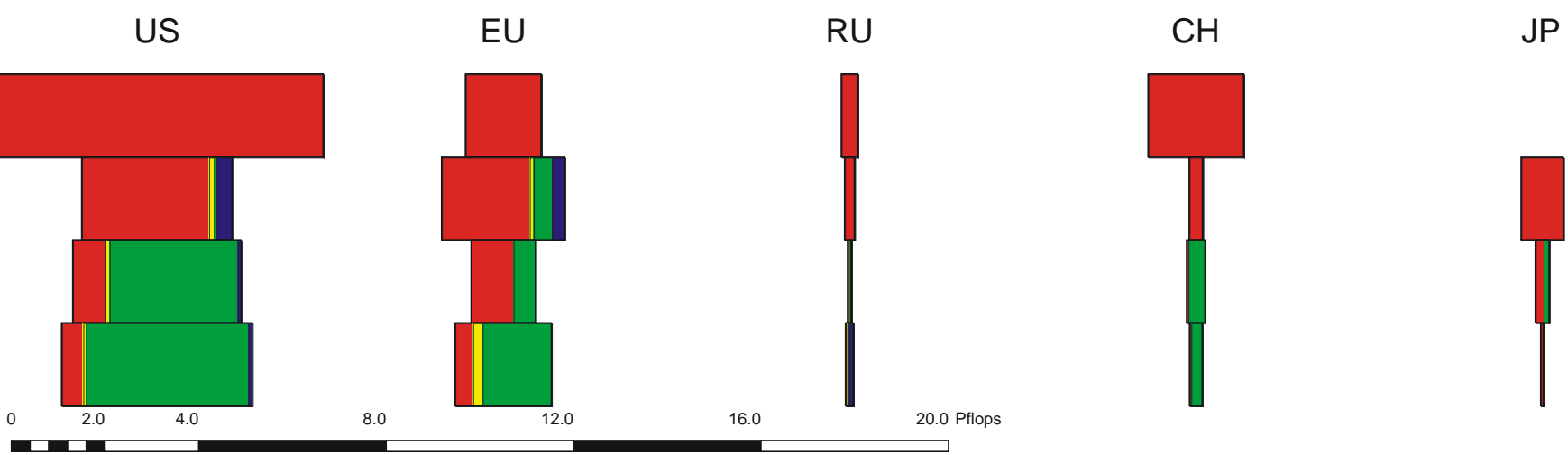
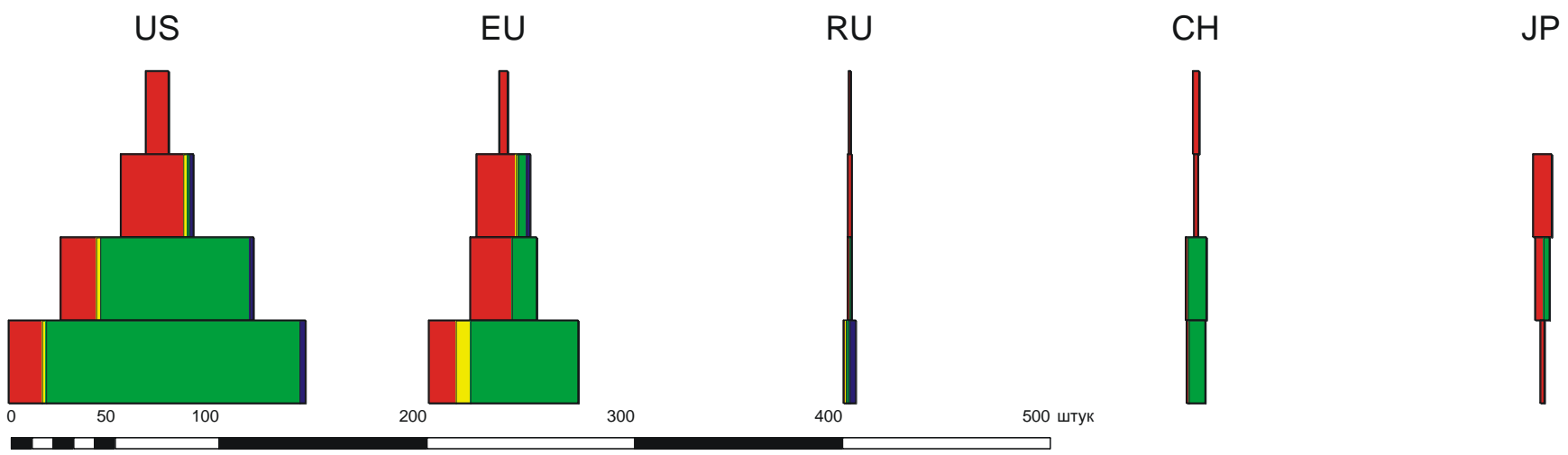
Киберинфраструктура ведущих стран

15.11.2009



Киберинфраструктура ведущих стран

15.06.2010



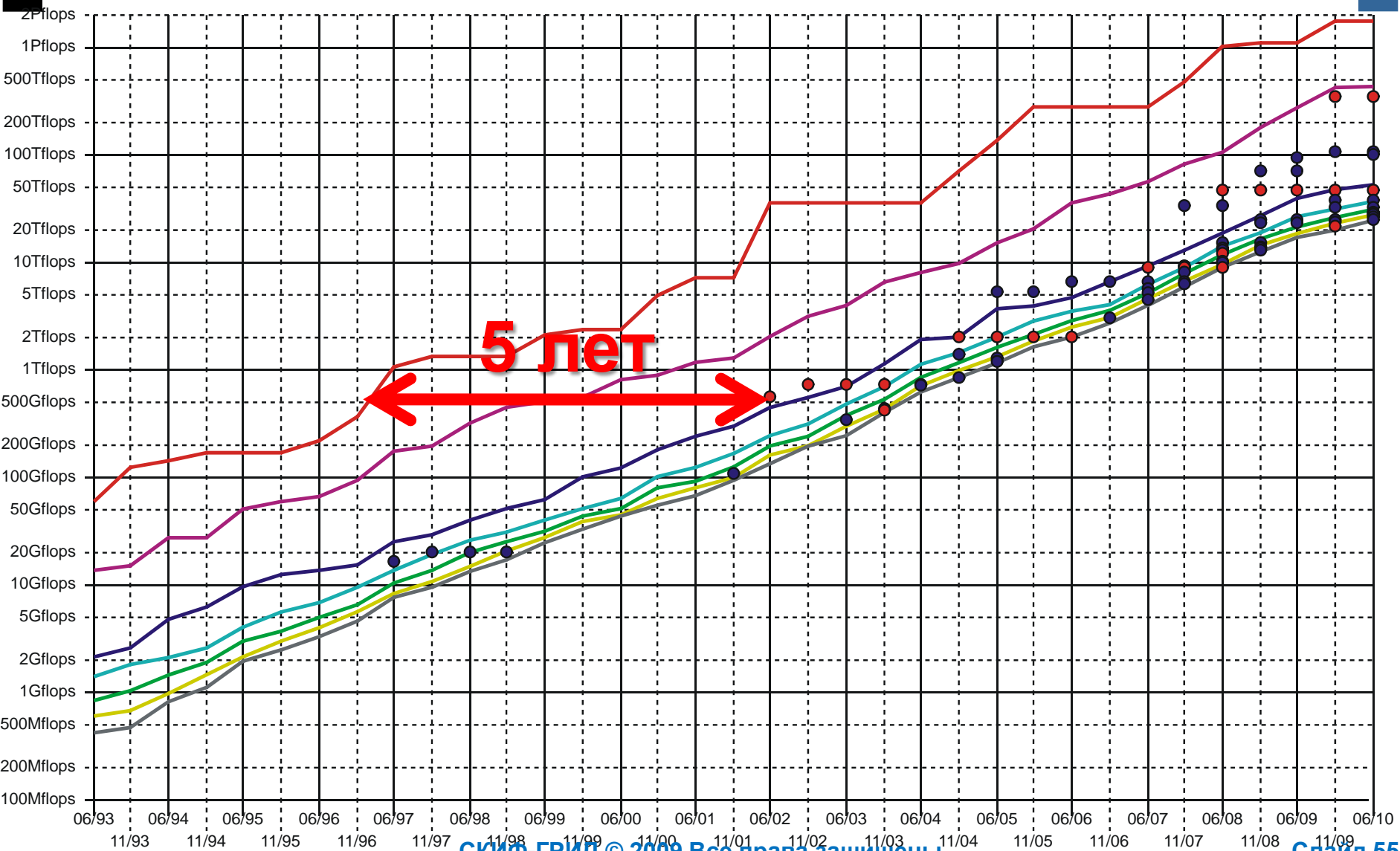


Объективный размер бедствия

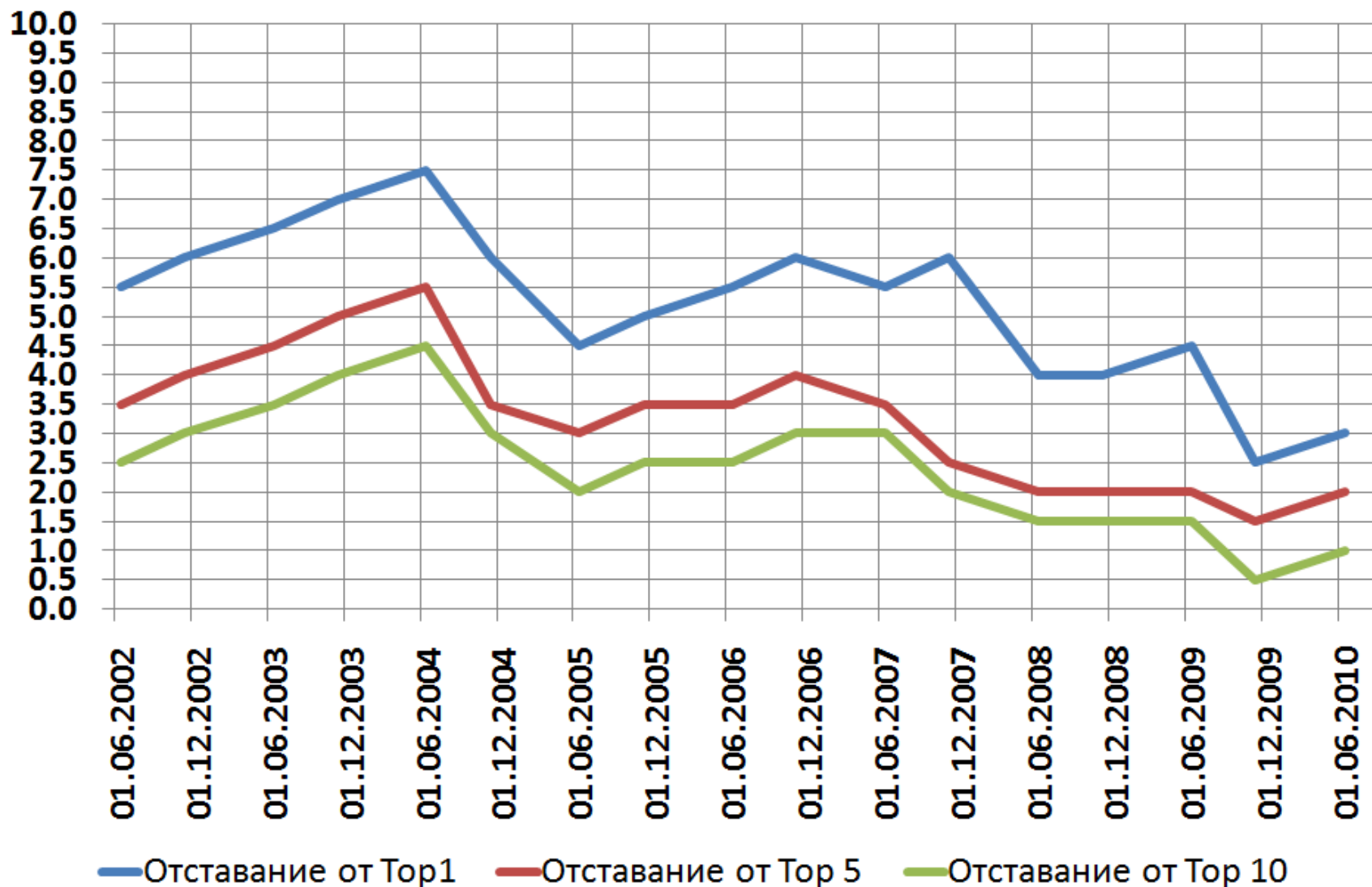




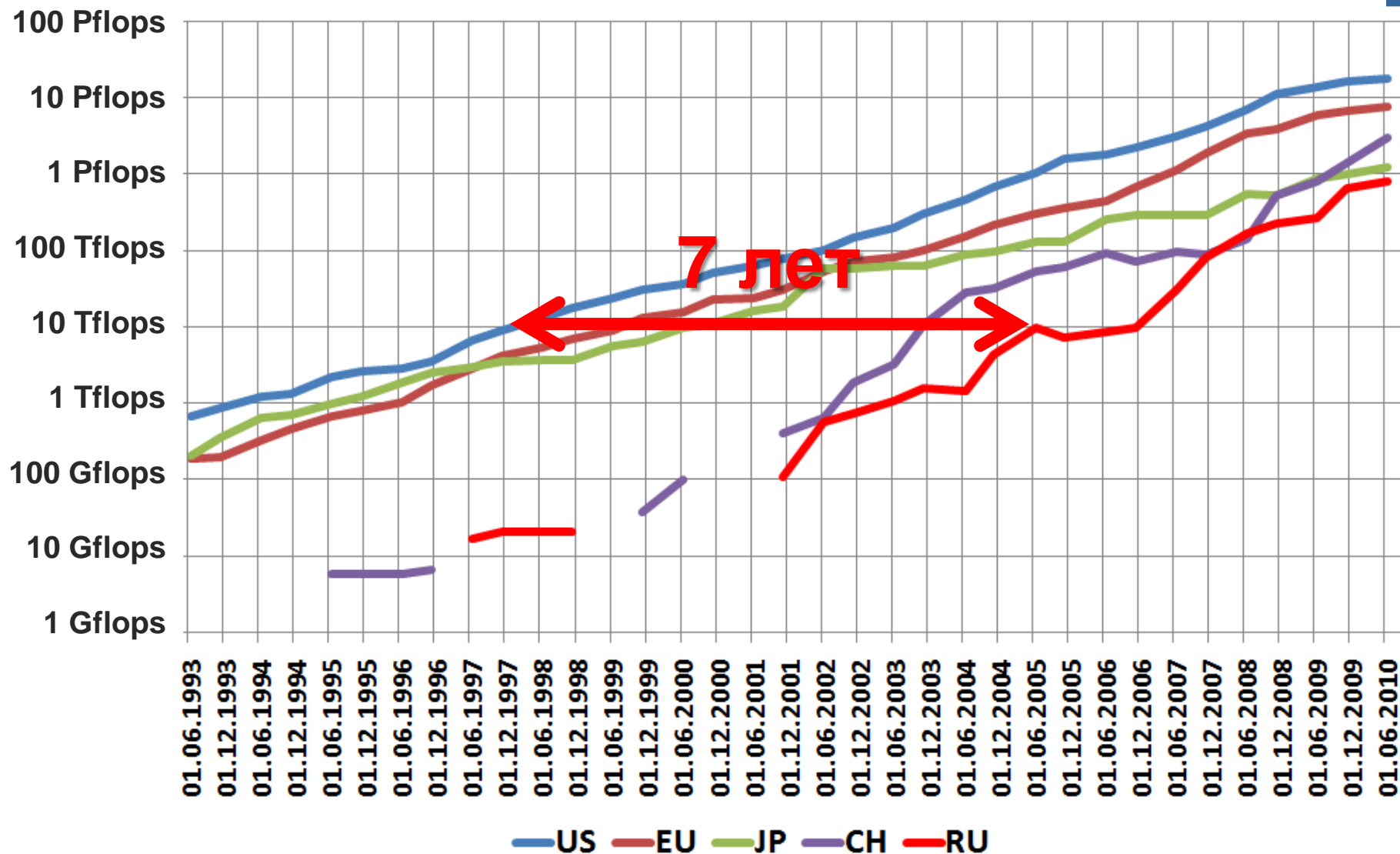
Объективный размер бедствия. Отставание выхода на некий уровень производительности



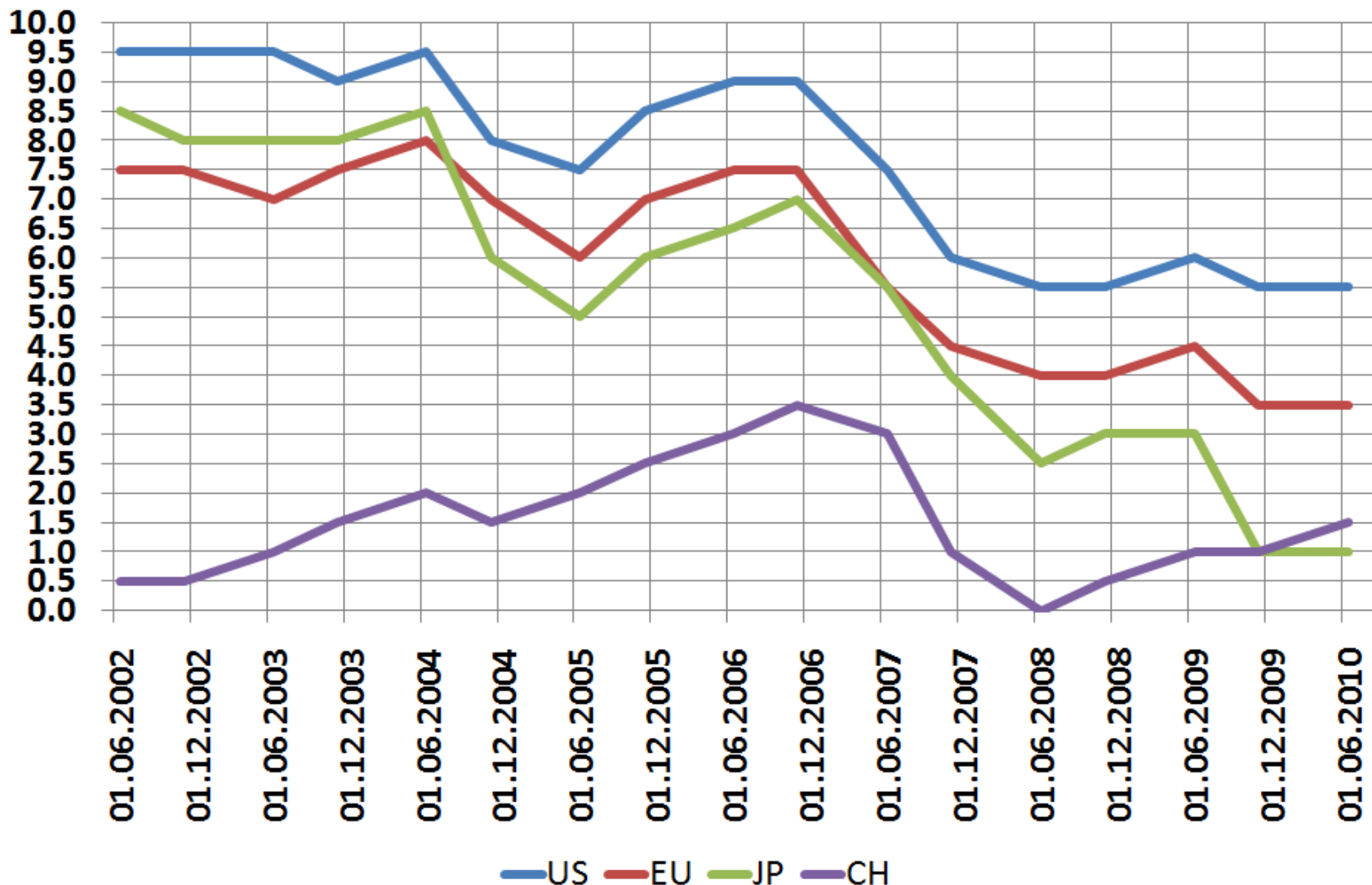
Объективный размер бедствия. Отставание выхода на некий уровень производительности



Объективный размер бедствия. Суммарная производительность киберинфраструктуры



Объективный размер бедствия. Суммарная производительность киберинфраструктуры





Объективные суперкомпьютерные потребности России



Иерархия киберинфраструктуры; Оценка потребности России

	Кол-во	11.2010	06.2011	11.2011	06.2012	11.2012
Top 1–20	2–3 шт.	5.3–0.3 Pflops	7.4–0.4 Pflops	10.2–0.5 Pflops	14.1–0.8 Pflops	19.6–1 Pflops
Top 21–100	20–30 шт.	392–90 Tflops	544–125 Tflops	754–174 Tflops	1.0–0.2 Pflops	1.4–0.3 Pflops
Top 101–250	28-40 шт.	124–53 Tflops	172–73 Tflops	239–101 Tflops	331–140 Tflops	458–194 Tflops
Top 251–500	50-75 шт.	67–35 Tflops	93–48 Tflops	129–67 Tflops	179–92 Tflops	248–128 Tflops



Реальные возможности: Суперкомпьютерный потенциал России



Суперкомпьютерный потенциал России

- ★ Институт точной механики и вычислительной техники имени Лебедева АН СССР (**ИТМиВТ**)
- ★ Научно-исследовательский центр электронной вычислительной техники (ОАО «**НИЦЭВТ**»)
- ★ ФГУП НИИ «**Квант**»
- ★ «**РОСАТОМ**», РФЯЦ: Всероссийский НИИ экспериментальной физики — Институт теоретической и математической физики (РФЯЦ ВНИИЭФ-ИТМФ, г. Саров и г. Снежинск)
- ★ Межведомственный суперкомпьютерный центр РАН (**МСЦ РАН**)
- ★ Научно-исследовательский институт системных исследований РАН (**НИИСИ РАН**)
- ★ Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем (**НИИ МВС**)
- ★ Разработчики систем на базе архитектуры микропроцессора серии «Эльбрус» (ЗАО «Московский центр спарк технологий», «**МЦСТ**»)
- ★ **Кооперация СКИФ-исполнителей** — головной исполнитель от России суперкомпьютерных программ «СКИФ» и «СКИФ-ГРИД» — Институт программных систем имени А.К.Айламазяна и 25+10 организаций России и Беларуси



Суперкомпьютеры ряда 4 семейства «СКИФ»



Программа «СКИФ-ГРИД», Российские участники, Второй этап (2009–2010)

Учреждения РАН

- 1. Головной от России:**
ИПС имени А.К.Айламазяна РАН
2. ИММ РАН
3. ГЦ РАН
4. ИКИ РАН
5. ИСА РАН
6. ИПМ имени М.В.Келдыша РАН
7. ИППИ РАН
8. ИБХФ РАН
9. ИПХФ РАН
10. ИХФ РАН

ВУЗы и НИИ при ВУЗах

1. ЮУрГУ
2. УГАТУ
3. МТУСИ
4. ННГУ
5. СПбГПУ
6. ТГУ
7. ВлГУ
8. ПензГУ
9. ЧелГУ
10. МГУ имени М.В.Ломоносова
 - ВМК, НИИЯФ, ХФ, НИВЦ, НИИФХБ

НИИ, предприятия наукоемких отраслей

1. НИИ КС
2. СПБАЭП
3. ЦНИИ МАШ
4. НПЦ «Элвис»
5. «Каледин и Партнеры»
6. «РСК СКИФ»
7. «Альт Линукс Технолоджи»
8. «НИЦЭВТ»
9. «ЮникАйСиз»
10. «Сигма Технология»
11. «Тесис»
12. «Урал-Грид»
13. «Кинтех»

За всю историю только восемь отечественных суперЭВМ вошли в мировой рейтинг Top500... Шесть из восьми — суперЭВМ «СКИФ»



2002 июнь
МВС 1000М
0.734/1.024 Tflops



2003 ноябрь
СКИФ К-500
0.423/0.717 Tflops



2004 ноябрь
СКИФ К-1000
2.032/2.534 Tflops



2007 февраль
СКИФ Cyberia
9.013/12.002 Tflops



2008 май
СКИФ Урал
12.2/15.9 Tflops



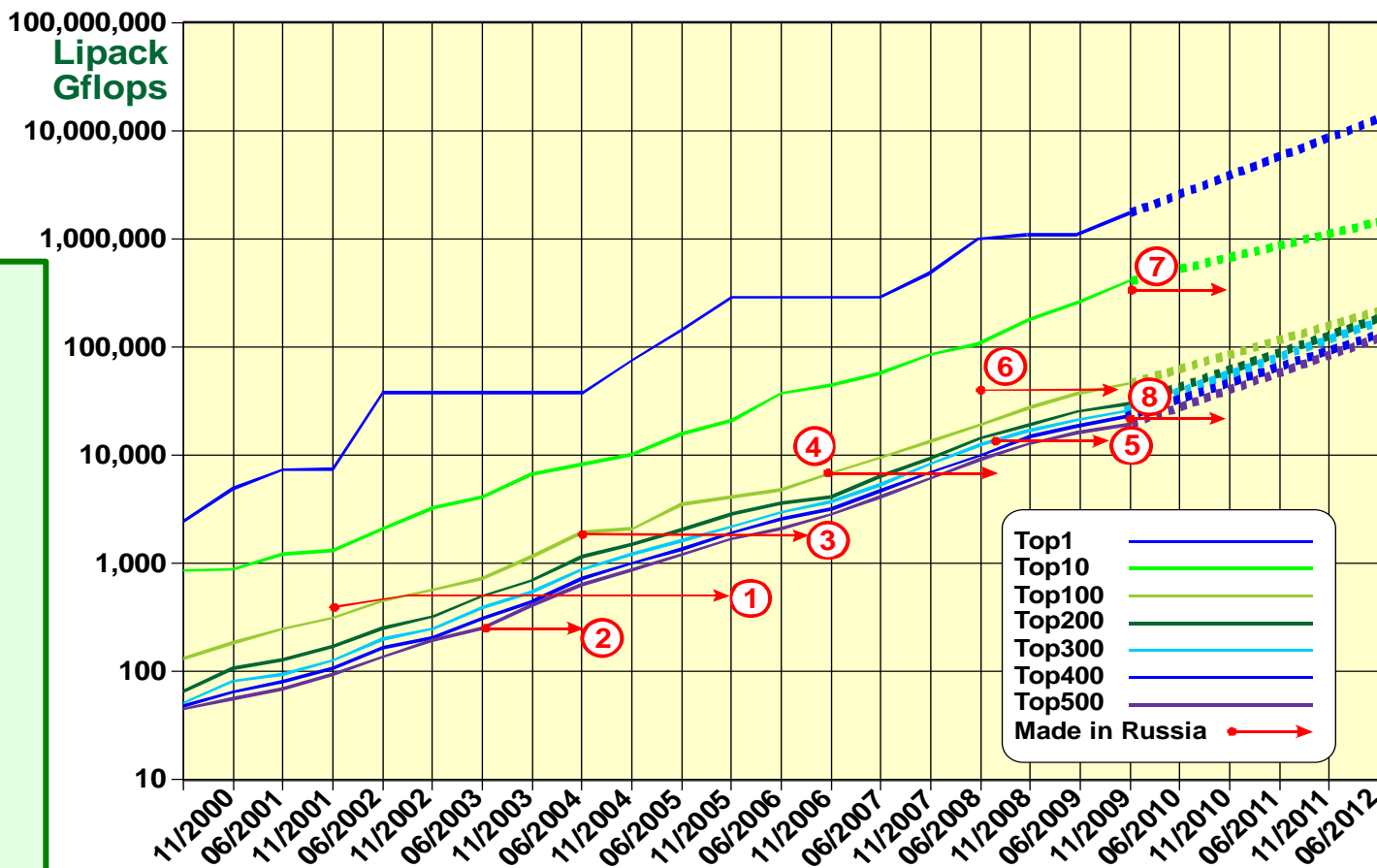
2008 май
СКИФ МГУ «Чебышев»
47.1/60 Tflops



2009 ноябрь
СКИФ-Аврора ЮУрГУ
21.8/24 Tflops



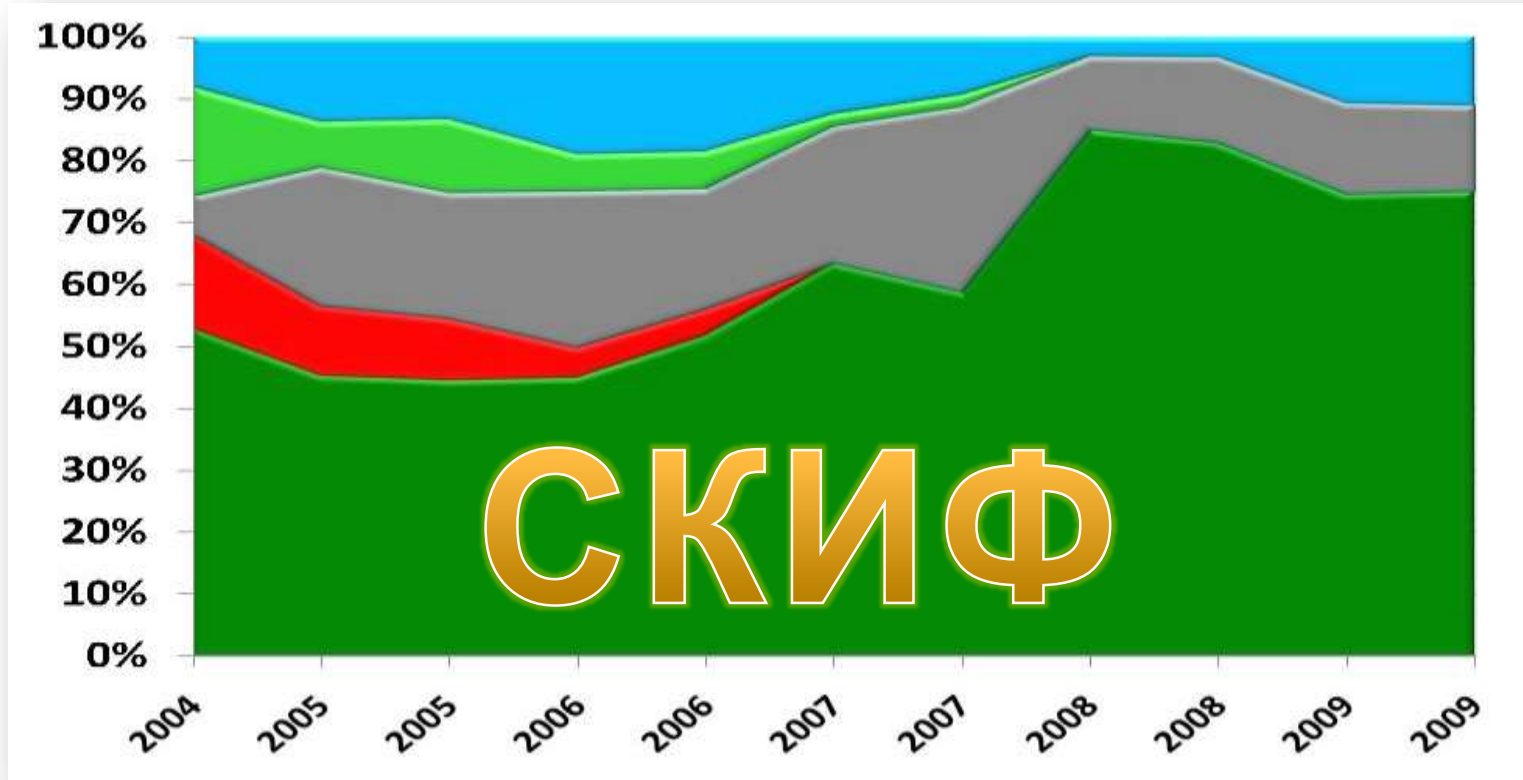
2009 ноябрь
Ломоносов 350.1/414 Tflops



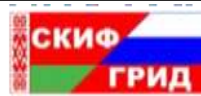
75–80% суперкомпьютеров отечественной разработки обеспечиваются суперЭВМ семейства СКИФ и установками с использованием технологических решений семейства СКИФ

■ Установки семейства «СКИФ» и с использованием решений семейства «СКИФ» ■ НИИ «Квант» ■ Самостоятельная сборка кластеров пользователями ■ Самостоятельные разработки компании Т-Платформы ■ Другие российские компании

Доли в производительности отечественных суперЭВМ в СНГ



Семейство суперЭВМ «СКИФ»: Ряды 1, 2, 3 и 4

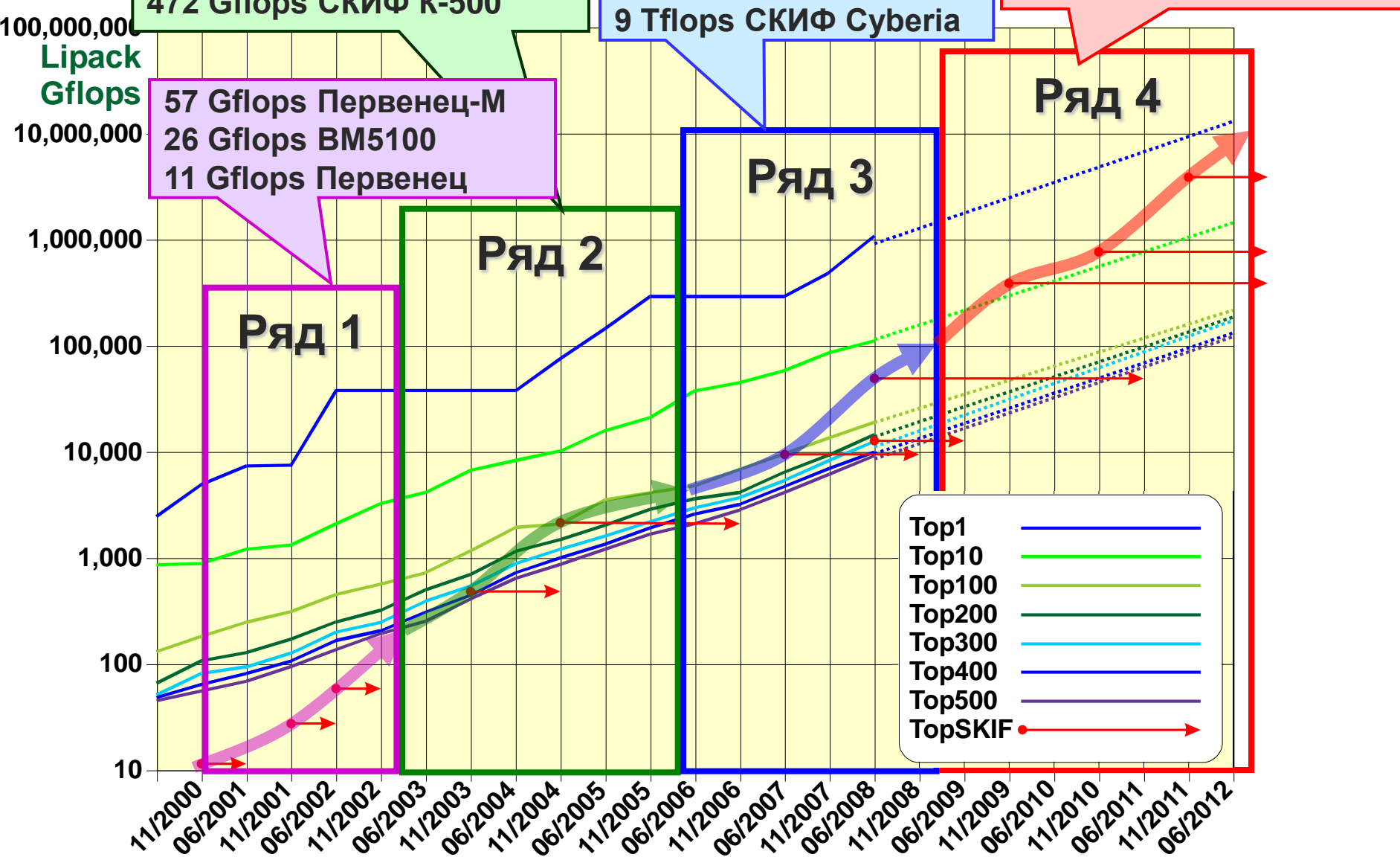


1 кв.2012 СКИФ П~10
 3 кв. 2010 СКИФ П-5
 3 кв. 2009 СКИФ П-1.2

2032 Gflops СКИФ К-1000
 472 Gflops СКИФ К-500

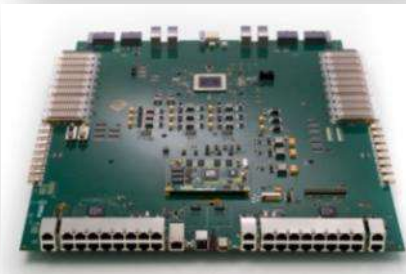
47.17 Tflops СКИФ МГУ
 12.2 Tflops СКИФ Урал
 9 Tflops СКИФ Cyberia

57 Gflops Первенец-М
 26 Gflops ВМ5100
 11 Gflops Первенец



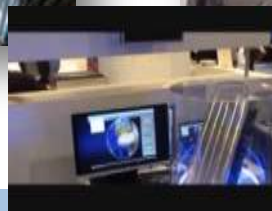
- Top1
- Top10
- Top100
- Top200
- Top300
- Top400
- Top500
- TopSKIF

Суперкомпьютеры «СКИФ» ряда 4 (СКИФ-Аврора)

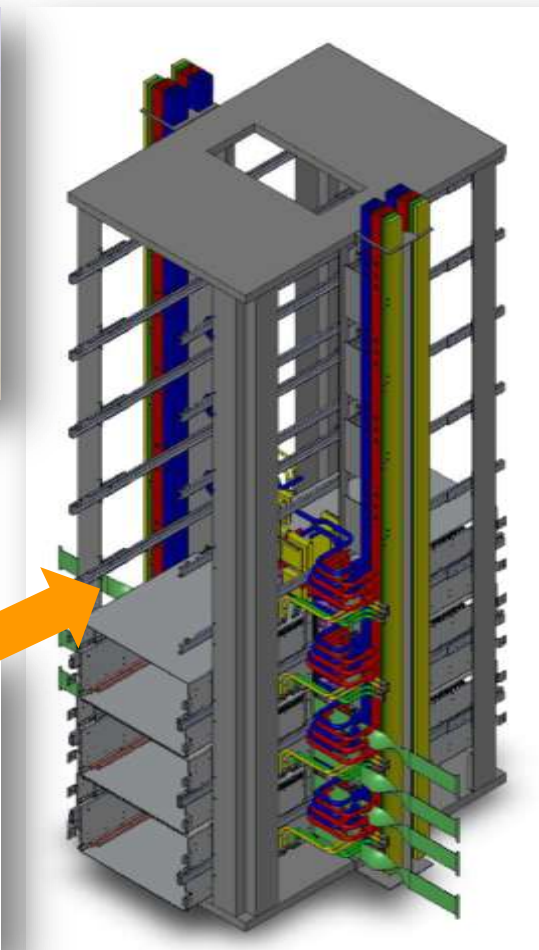


Полушасси СКИФ-Аврора (1,5 Tflops)

ISC'09, Гамбург, 23–25 июня 2009 года



Опытный образец (ЮУрГУ) — 450 место в Top500 (ноябрь 2009, 21.8/24 Tflops, Портленд, США SC'09)



Проект системы СКИФ П-0.5 (500 Tflops)

Вычислитель всего 21 монтажный шкаф, бесшумен



Преимущества СКИФ ряда 4 (СКИФ-Аврора) по сравнению со всеми другими разработками

Явные технологические преимущества

- 1. в 1,5 раза лучше** эффективность использования электроэнергии
- 2. в 2 раза плотнее** упаковка вычислительной мощности
- 3. в 1,5 раза выше** пропускная способность системной сети (российская разработка)
- 4. повышенная эффективность** реализации массовых операций
- 5. повышенная надежность** суперкомпьютера: нет подвижных частей, N+1 резервирование, тройное резервирование управления и мониторинга
- 6. улучшенная система электропитания**
- 7. улучшенные эргономические и эстетические показатели:** сенсорный мультитач для управления, вся система — беззвучная

Преимущества СКИФ ряда 4 (СКИФ-Аврора) по сравнению со всеми другими разработками

Сделано в России: преодоление ограничений экспортного контроля (поправка Джексона–Вейника) за счет собственных разработок

- 1. высокая совместимость с существующим программным обеспечением в комбинации с возможностью использования FPGA-ускорителей (как сделано в линии Cray XD-х — недоступны в России)**
- 2. улучшенная масштабируемость (за счет топологии 3D-тор) системной сети**
- 3. повышенная эффективность реализации синхронизации**
- 4. возможность поддержки не только MPI, но и новых перспективных подходов к реализации параллельных вычислений**

Преимущества СКИФ ряда 4 (СКИФ-Аврора) по сравнению со всеми другими разработками

Качественные технологические преимущества

- ★ **все печатные платы, всю «механику», систему в целом можно изготавливать в России (имеем право и способны), закупать надо только микросхемы**
- ★ **широкая отечественная кооперация:**
 - 7 организаций — разработка КД, ПД и создание опытных образцов СКИФ-Аврора
 - 20 российских организаций — адаптация и оптимизация приложений к архитектуре суперкомпьютеров СКИФ-Аврора

Планы развития систем СКИФ Ряда 4 Линейки моделей

ноябрь 2009



СКИФ/Н

- 24 Tflops/шкаф
- 0.25 Tflops/КВатт

2 апреля 2010



СКИФ/В

- 40 Tflops/шкаф
- 0.36 Tflops/КВатт

СКИФ/С

- 100 Tflops/шкаф
- 1.0 Tflops/КВатт

СКИФ/П

- 200 Tflops/шкаф
- 1.37 Tflops/КВатт



Модельные линейки СКИФ ряда 4: Рекордные системы



Линейка моделей	СКИФ 4/Н 2009	СКИФ 4/В 2010	СКИФ 4/С 2011	СКИФ 4/П 2012
Размер вычислителя 1 Pflops	42 шкафа	25 шкафов	10 шкафов	5 шкафов
Потребление вычислителя 1 Pflops	4.03 МВатт	2.84 Мватт	1.0 Мватт	0.73 МВатт
Вычислитель в 50 шкафов	1,2 Pflops	2 Pflops	5 Pflops	10 Pflops



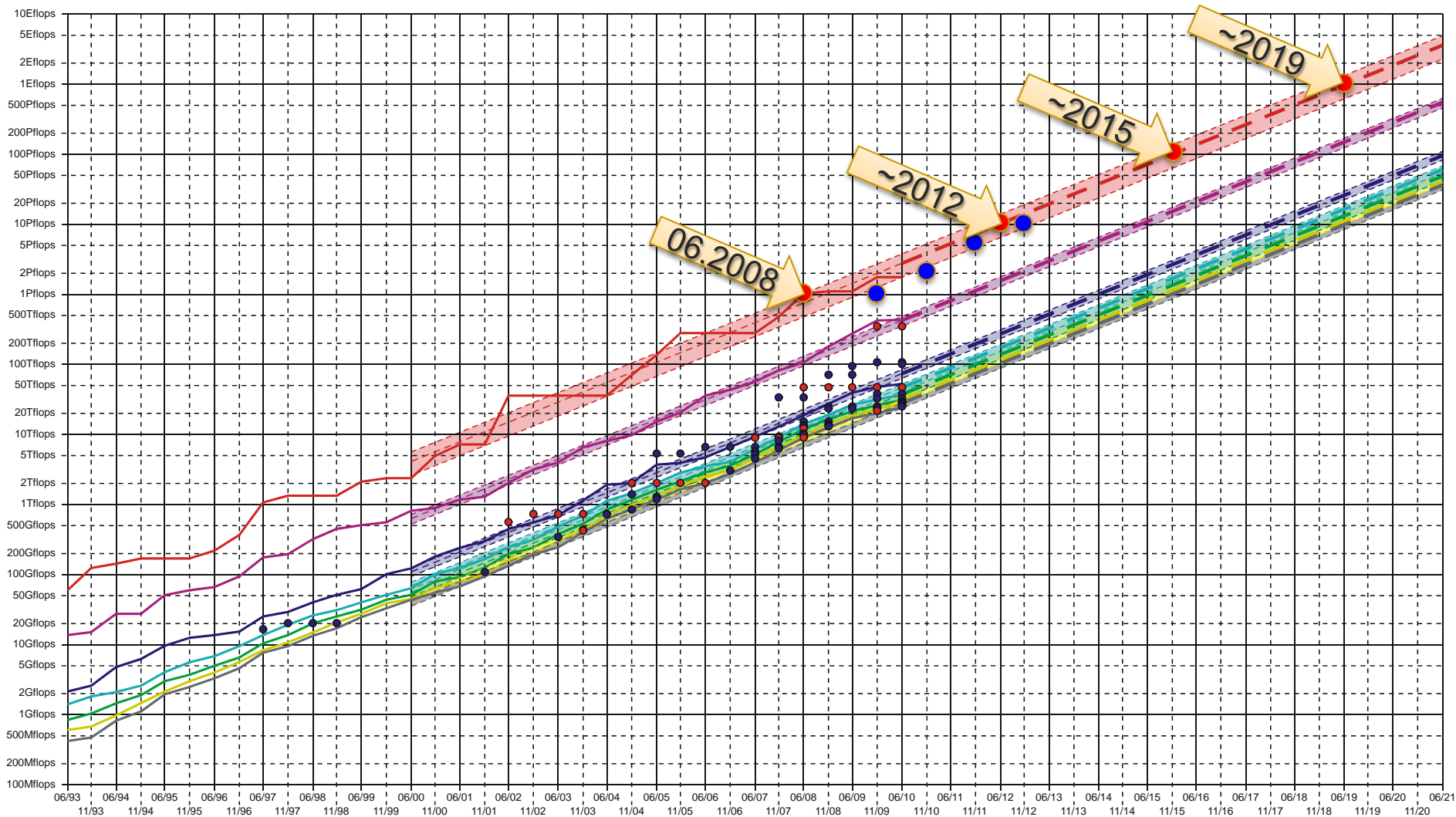
СКИФ ряда 4: возможное начало пути России к экзафлопсному рубежу



Проблемы на пути к экзофлопсу

- высокая плотность компоновки вычислителя
 - сокращение физической длины соединений
- снижение удельного потребления электроэнергии
- эффективный и надежный отвод тепла
- система обменов между вычислительными узлами с низкой задержкой, высокой пропускной способностью, поддержкой интеграции очень большой системы ($N \times 10^6$)
- мониторинг и управление большой системой
- устойчивость к отказу части оборудования
- ★ поддержка использования неоднородных ядер и ускорителей в составе вычислительных узлов
- новые подходы к организации параллельного выполнения программ

СКИФ ряда 4: начало пути России к экзафлопсному рубежу





Спасибо за внимание!



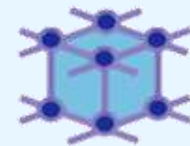
Министерство образования,
науки и инновационной
политики



Корпорация
Intel



Совет по супервычислениям
при президиуме СО РАН



Центр компетенции
по высокопроизводительным
вычислениям СО РАН - Intel