



# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РОССИЙСКИХ РЕГИОНАЛЬНЫХ ИННОВАЦИОННЫХ СИСТЕМ МЕТОДОМ ОБОЛОЧЕЧНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ (DEA)

**Докладчик:** Земцов Степан Петрович,  
к.г.н., в.н.с. РАНХиГС, ИЭП им. Е.Т.Гайдара,  
МГУ им. М.В. Ломоносова  
**E-mail:** zemtsov@ranepa.ru

## **Актуальность:**

- Режим санкций – ограничения на заимствование новых технологий
- Создана инновационная инфраструктура в большинстве регионов
- Выравнивающая или стимулирующая региональная политика?

## **Объект:**

- Региональные инновационные системы (РИС) России

## **Предмет:**

- Эффективность создания новых технологий в РИС России

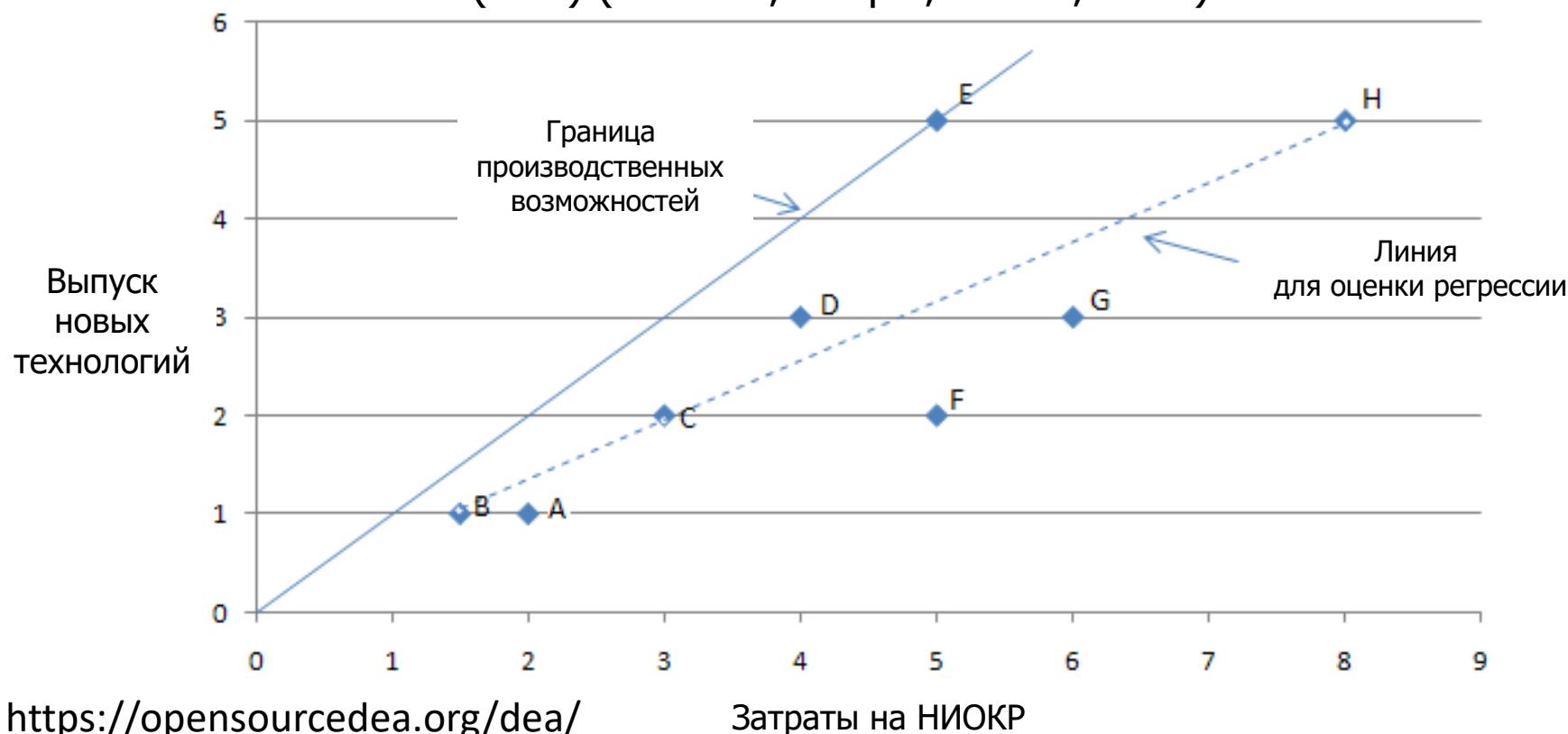
## **Цель:**

- Оценить сравнительную эффективность создания новых технологий в РИС России в 1998-2012 гг. и выявить факторы ее определяющие

**Эффективность** – соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами (ISO 9000:2015)

**Эффективность** – (лат. *efficientia*) достижение каких либо определенных результатов с минимально возможными издержками или получение максимально возможного объема продукции из данного количества ресурсов

Stochastic Frontier Analysis (SFA) (Farrell, 1957) and Data Envelopment Analysis (DEA) (Charnes, Cooper, Rhode, 1978)



**Оболочечный анализ, или анализ среды функционирования**  
 (англ. Data Envelopment Analysis, DEA) – метод сравнительного анализа деятельности сложных систем (единиц принятия решения), основанный на оценке **соотношения результатов** (outputs) **к использованным ресурсам** (inputs) [Charnes, Cooper, 1962]

Общая производительность факторов производства (выпуск к затратам)

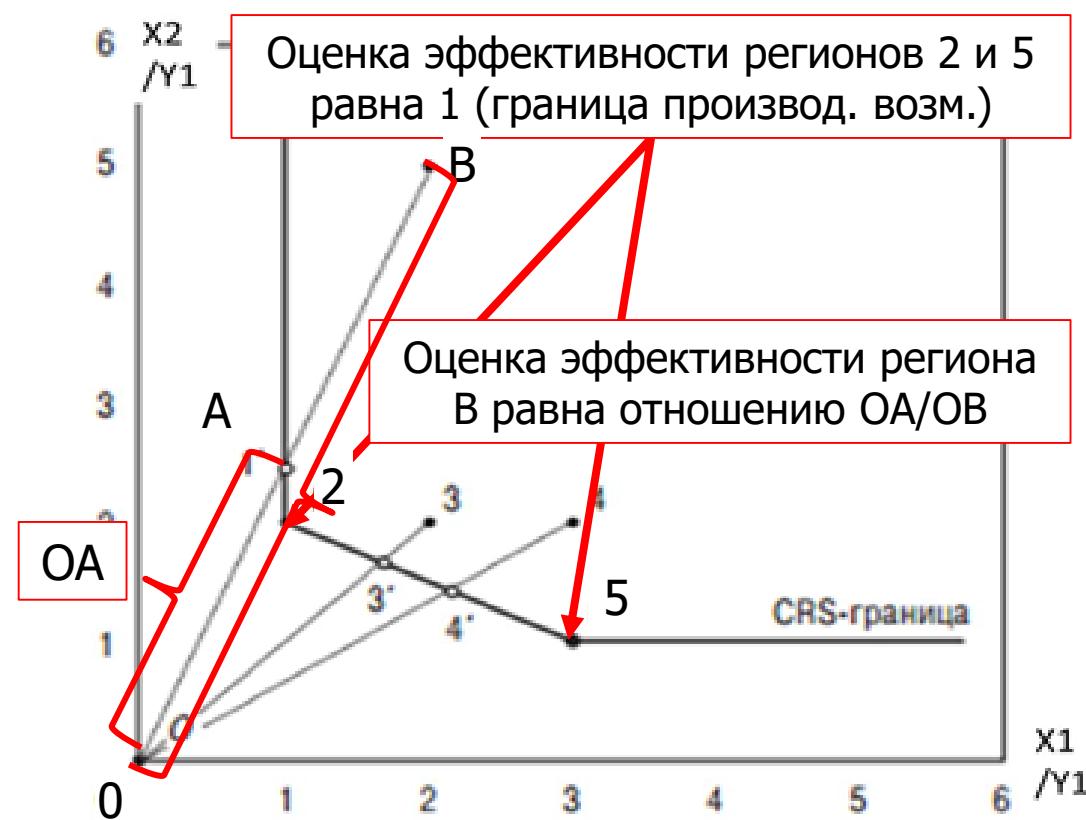
$$TE_{CRS} = \min_{\lambda} \theta^0 \quad (1)$$

s.t.

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} \leq \theta X_i^0 \quad i = 1, \dots, m$$

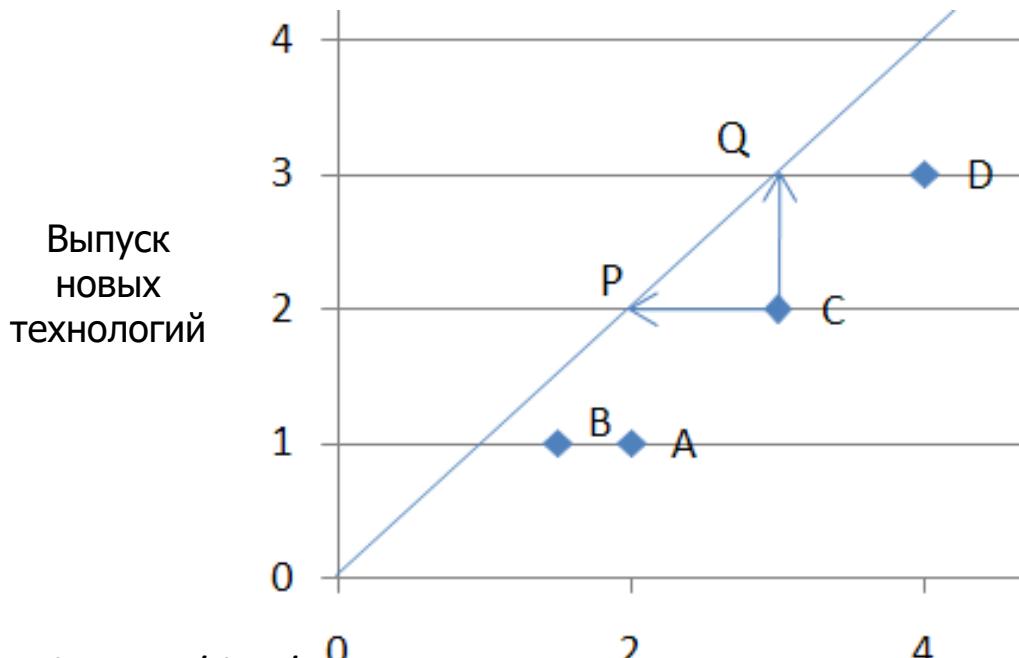
$$\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} \geq Y_r^0 \quad r = 1, \dots, s$$

- $\theta$  – оценка эффективности региона  $r$
- $\lambda$  – вектор констант ( $n \times 1$ )
- $x_r$  – вектор затрат ( $1 \times k$ )
- $y_r$  – вектор выпуска ( $1 \times m$ )
- $X$  – матрица затрат ( $k \times n$ )
- $Y$  – матрица выпуска ( $m \times n$ )



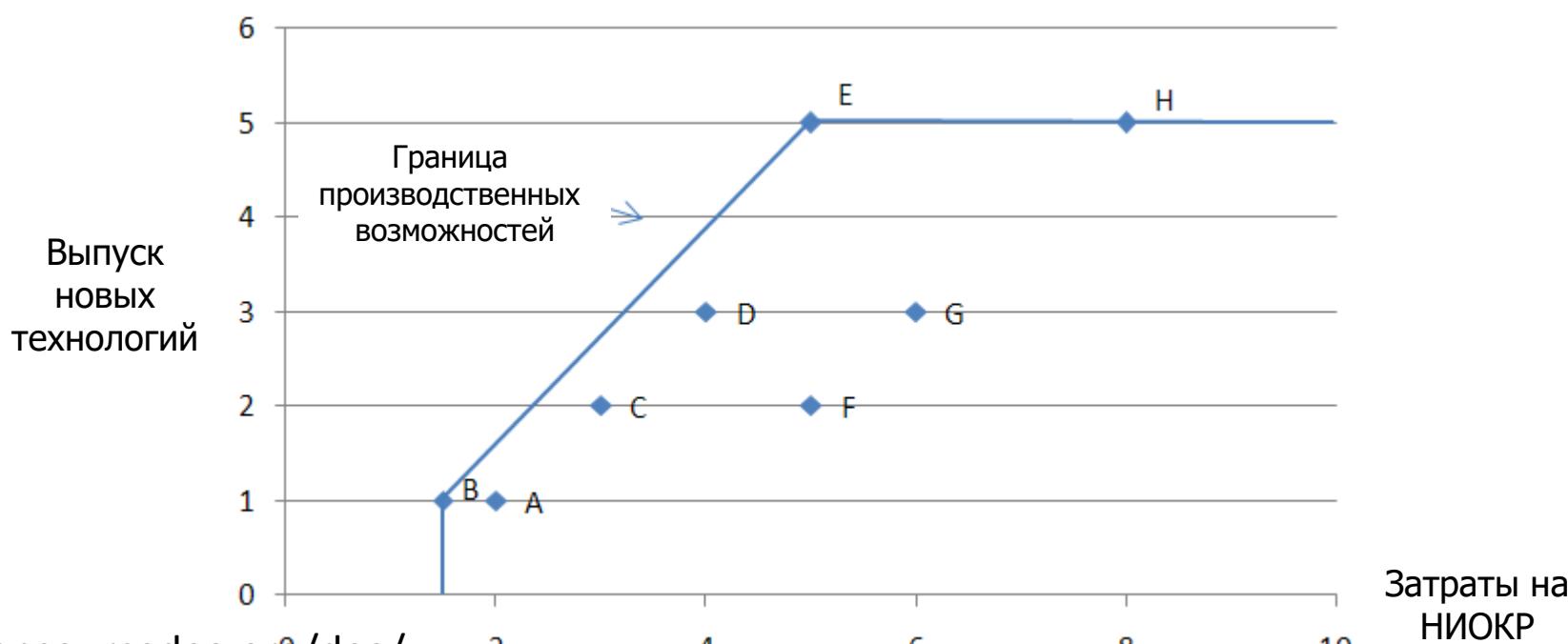
Как достигнуть границы производственных возможностей:

- *уменьшить затраты*, сохраняя при этом выпуск (это подход, ориентированный на затраты, от англ. input-oriented model) – СР на графике
- *увеличить выпуск*, сохраняя постоянными затраты (это подход, ориентированный на результат, от англ. output orientated model) – СQ на графике
- одновременно увеличить выпуск и уменьшить затраты входы (неориентированные версии моделей, например SBM)

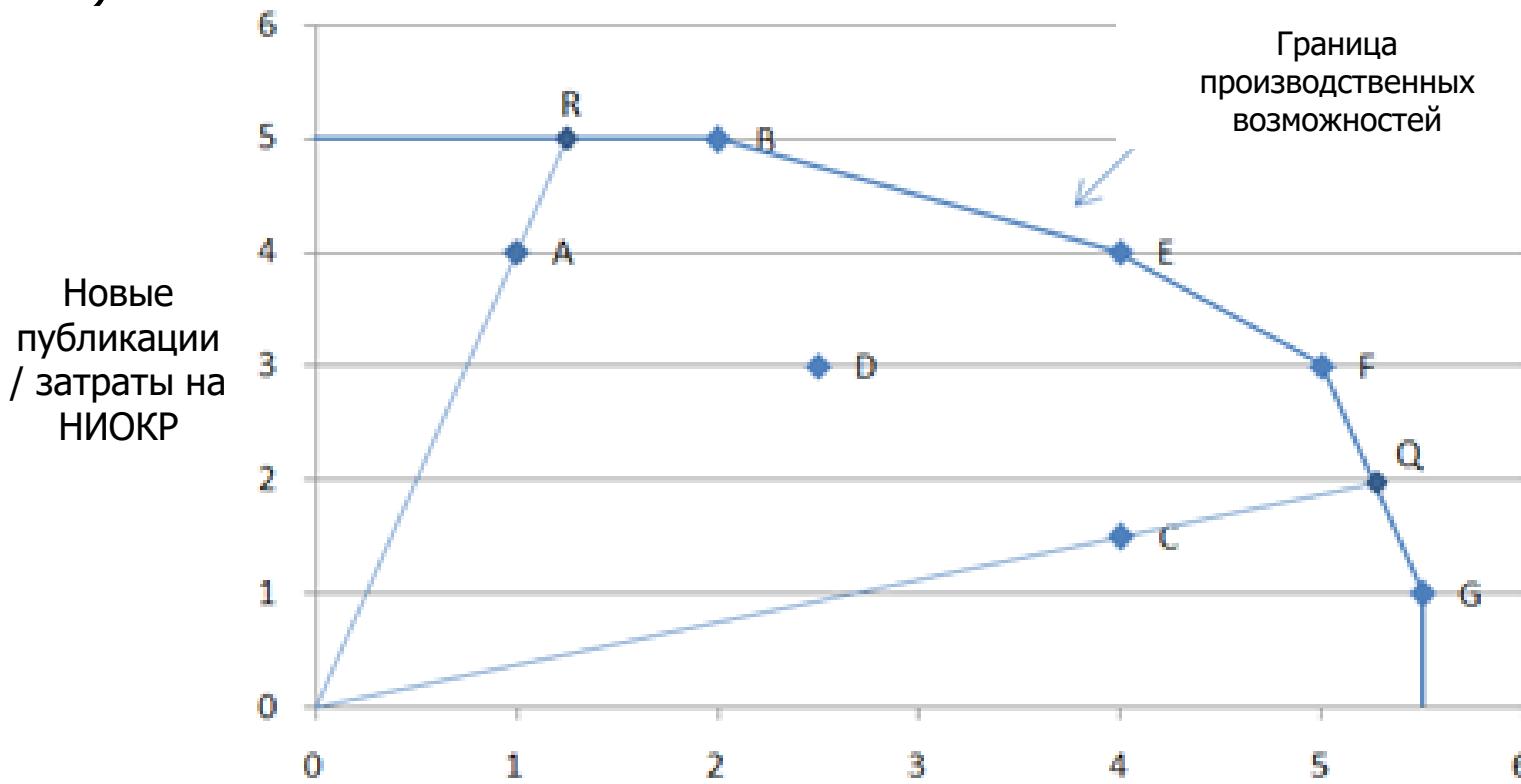


### Отдача от масштаба:

- *постоянная отдача* – вне зависимости от размера объекта граница производственных возможностей уходит в бесконечность (только *E* эффективен)
- *переменная отдача* (тогда *B* становится эффективным)
- *возрастающая отдача* – невозможно уменьшить размер объекта
- *убывающая отдача* – невозможно увеличить размер объекта
- *общая модель* – позволяет контролировать, насколько может быть уменьшен или увеличен объект



- *Техническая неэффективность* – неэффективное использование ресурсов (ресурсов) в производственном процессе (Cooper et al., 2007) (сравнение С и Q на графике)
- *Смешанная неэффективность* – плохое распределение ресурсов и производственных целей (А также неэффективен в сравнении с R, но даже его перемещение в точку R, оставляет его менее эффективным, чем В)



## Преимущества метода DEA

- не требует априорного задания *вида функциональной зависимости* между переменными «затрат» (input variables) и переменными «выпуска» (output variables)
- не вводятся ограничения на весовые коэффициенты для переменных
- работает с *большим числом переменных*, каждая из которых может быть выражена в разных единицах измерения
- возможность выделить лучшие практики и оценить *изменения* переменных, необходимые для перехода неэффективных объектов анализа на границу эффективности (бенчмаркинг)

## Недостатки метода DEA

- трудность обоснования выбора переменных «затрат» и переменных «выпуска»
- трудность выбора модели DEA
- оценки эффективности исследуемых объектов сильно зависят от *статистических шумов и статистических выбросов*
- оценки сильно зависят от состава выборки (при добавлении нового региона необходимо пересчитывать оценки эффективности заново)
- при малом объеме выборки и большом наборе переменных оценки эффективности могут быть некорректными

## Финансовая инфраструктура

Венчурные инвесторы, региональный венчурный фонд, бизнес-ангелы, банки, гранты

## Административно-правовая инфраструктура

Департамент инноваций Администрации региона.  
Совет по инновациям при Губернаторе.  
Нормативно-правовая база.  
Стратегия и программа развития инноваций

### Подсистема обучения и подготовки кадров

ВУЗы, техникумы, центры подготовки кадров, центры дистанционного обучения

### Подсистема генерации новых знаний

Научно-исследовательские центры и лаборатории вузов, подразделения РАН, РАМН, НИИ, «Rn'D» отделы корпораций

### Подсистема трансфера новаций

Опытно-конструкторские производства, центры трансфера технологий, инжиниринговые центры, малые инновационные компании,

### Подсистема реализации инноваций

Промышленные предприятия, частные потребители, производственные объединения, организации сферы услуг, креативные индустрии

### Подсистема потребления инновационных продуктов и услуг

Военно-промышленный комплекс, транснациональные корпорации, домашние хозяйства, государственный сектор, сфера услуг

## Ядро РИС

## Организационно-технологическая инфраструктура

Технопарк, бизнес-инкубатор, ОЭЗ, центры коллективного пользования

## Информационная инфраструктура

Инновационный портал, организация конференций и ярмарок, ребрендинг, маркетинг и т.д.

- **Региональная инновационная система (РИС)** – это сеть взаимодействующих инновационных агентов (вузы, научные институты, инновационные компании и т.д.) и объектов инновационной инфраструктуры (технопарки, фонды, НПА и т.д.) [*Cooke, 1992; Tödtling, Tripple, 2005*]
  
- **Эффективность РИС** – получение максимального инновационного выпуска при используемом объеме ресурсов (инвестиции в научные исследования, человеческий капитал) [*Zabala-Iturriagagoitia, 2007; Chen, Guan, 2012; Zhu, 2013; Kotsemir, 2013*]

**Вид зависимости** основан на производственной функции знаний  
[Griliches, 1979; Romer, 1990; Zemtsov et al., 2016]

$$Patent = f(RnD\_exp; Human\_cap)$$

где *Patent* – число патентов; *R&D\_exp* – затраты на ИиР; *Human\_cap* – оценки человеческого капитала

**Переменные ресурсов/затрат (input variables):**

- Внутренние затраты на ИиР, млн руб. (в ценах 1998 г.)
- Численность экономически активного городского населения с высшим образованием, чел.

**Переменная результатов/выпуска (output variable):** число потенциально коммерциализируемых патентов на изобретения в год, ед.

В модели представлена динамическая оценка эффективности региональных инновационных систем России за 1998 – 2012 гг.

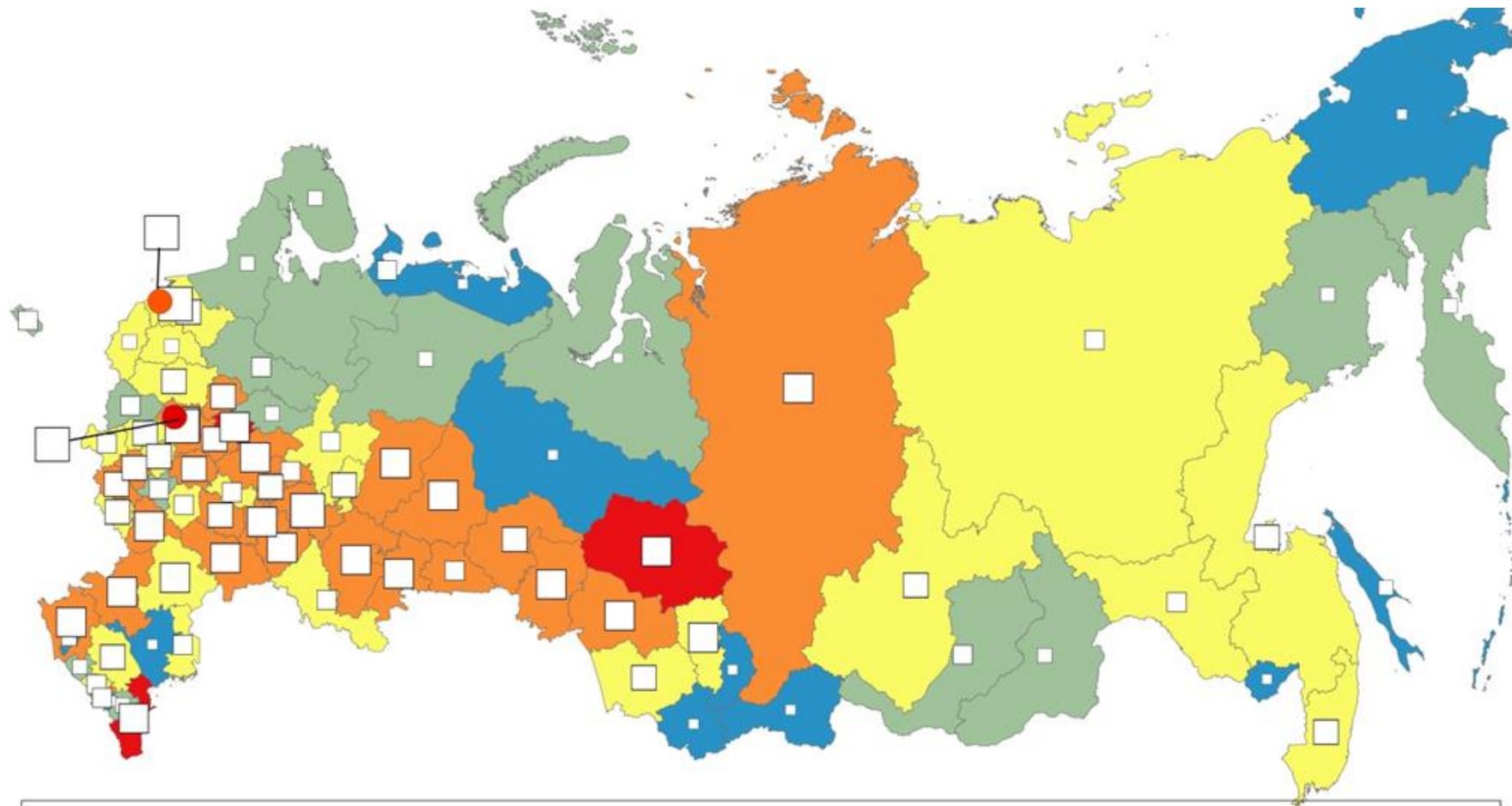
- **Новые технологии** ассоциируются с патентами на изобретения [*Griliches, 1979, 2007*]
- **Низкое качество патентов:** высокая волатильность, низкая коммерциализируемость, форма отчетности, патентные тролли и др. Примеры: **Квасенков О.И.** – 31 тыс. патентов, **Щепочкина Ю.А.** – 4 тыс.

$$Innov_{i,t} = 0.08 \times Pat\_rus_{i,t} + 0.5 \times Pat\_PCT_{i,t}$$

- *Innov* – число коммерциализируемых патентов
- *Pat\_rus* – число российских патентов
- *Pat\_PCT* – число международных РСТ-заявок

- **0.08** и **0.5** - доли (8% and 50%) коммерциализированных патентов в предыдущие периоды

## Результаты: выпуск новых технологий



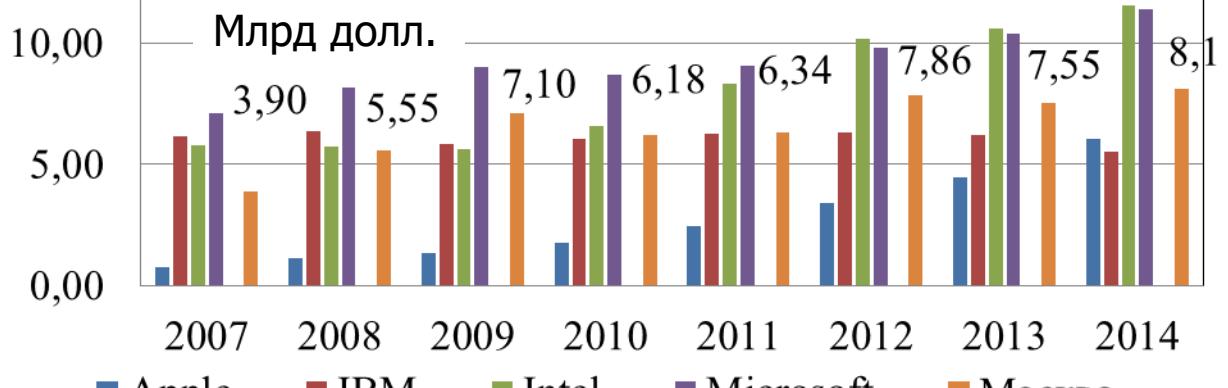
Отношение числа потенциально коммерциализируемых патентов  
к численности экономически активных горожан, патентов на млн чел.

■ >150 ■ 50 - 100 ■ 30 - 50 ■ 10 - 30 ■ <10

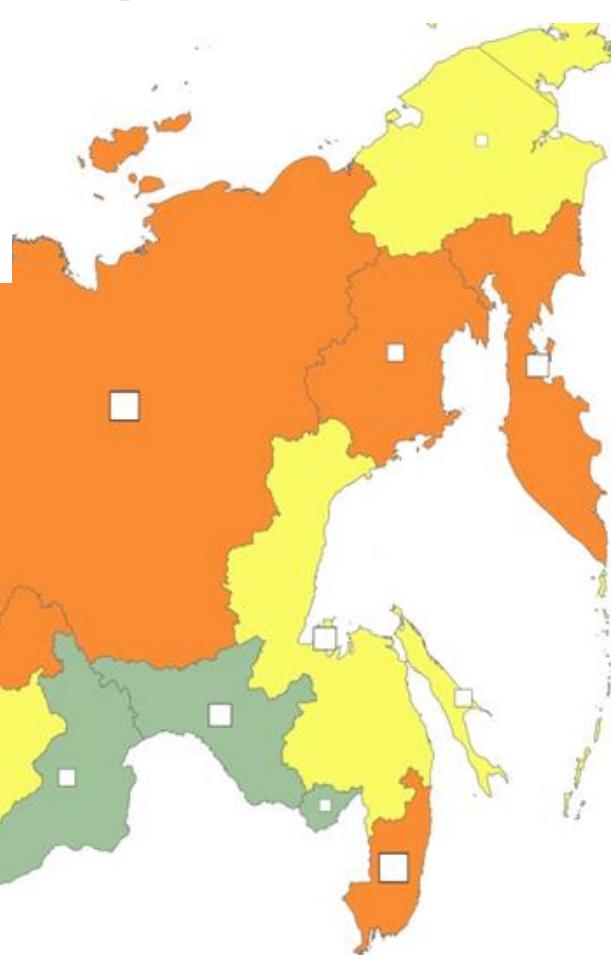
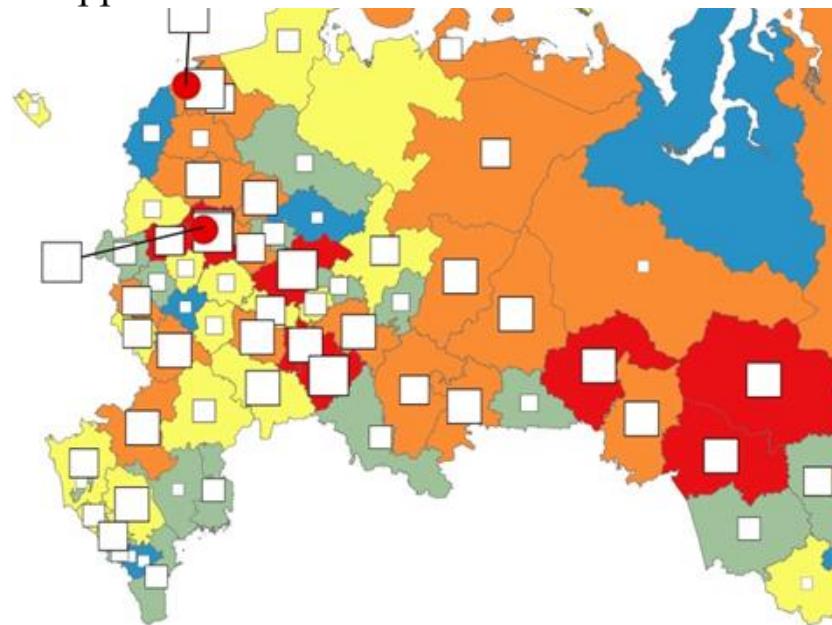
Число потенциально коммерциализируемых патентов

■ >100 ■ 35 - 100 ■ 17 - 35 ■ 8 - 17 ■ 1 - 8 ■ <1

# Затраты: затраты на НИОКР



■ Apple ■ IBM ■ Intel ■ Microsoft ■ Москва



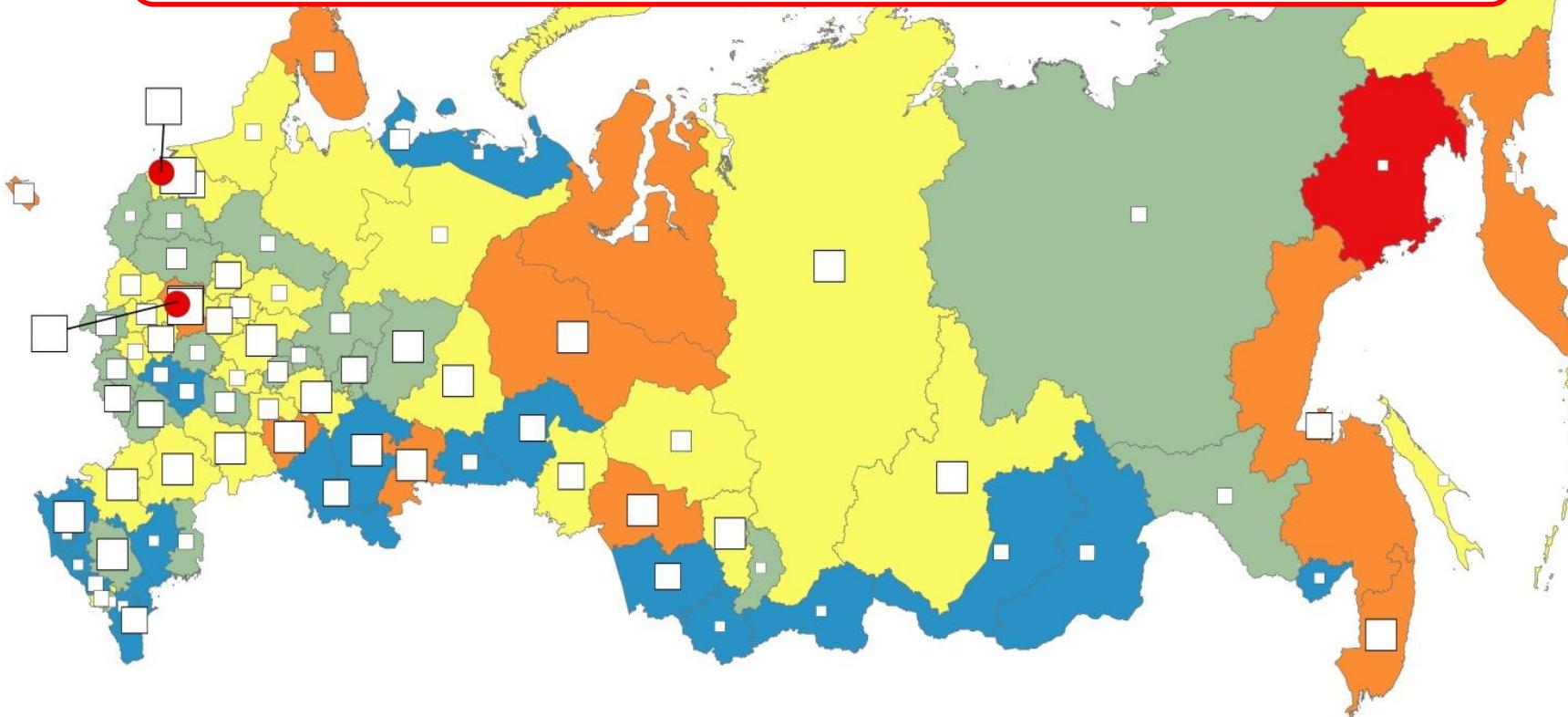
Отношение затрат на ИиР к численности ЭАГ, тыс. руб. на чел.

> 1400    420 - 1400    200 - 420    60 - 200    0 - 60

Затраты на приобретение оборудования, млн руб.

> 50    12 - 50    3,5 - 12    1,5 - 2    0,2 - 1,5    0 - 0,2

$$HC\_urb = Econ\_Act \times Urban \times High\_empl$$



Доля экономически активных горожан с высшим образованием, %

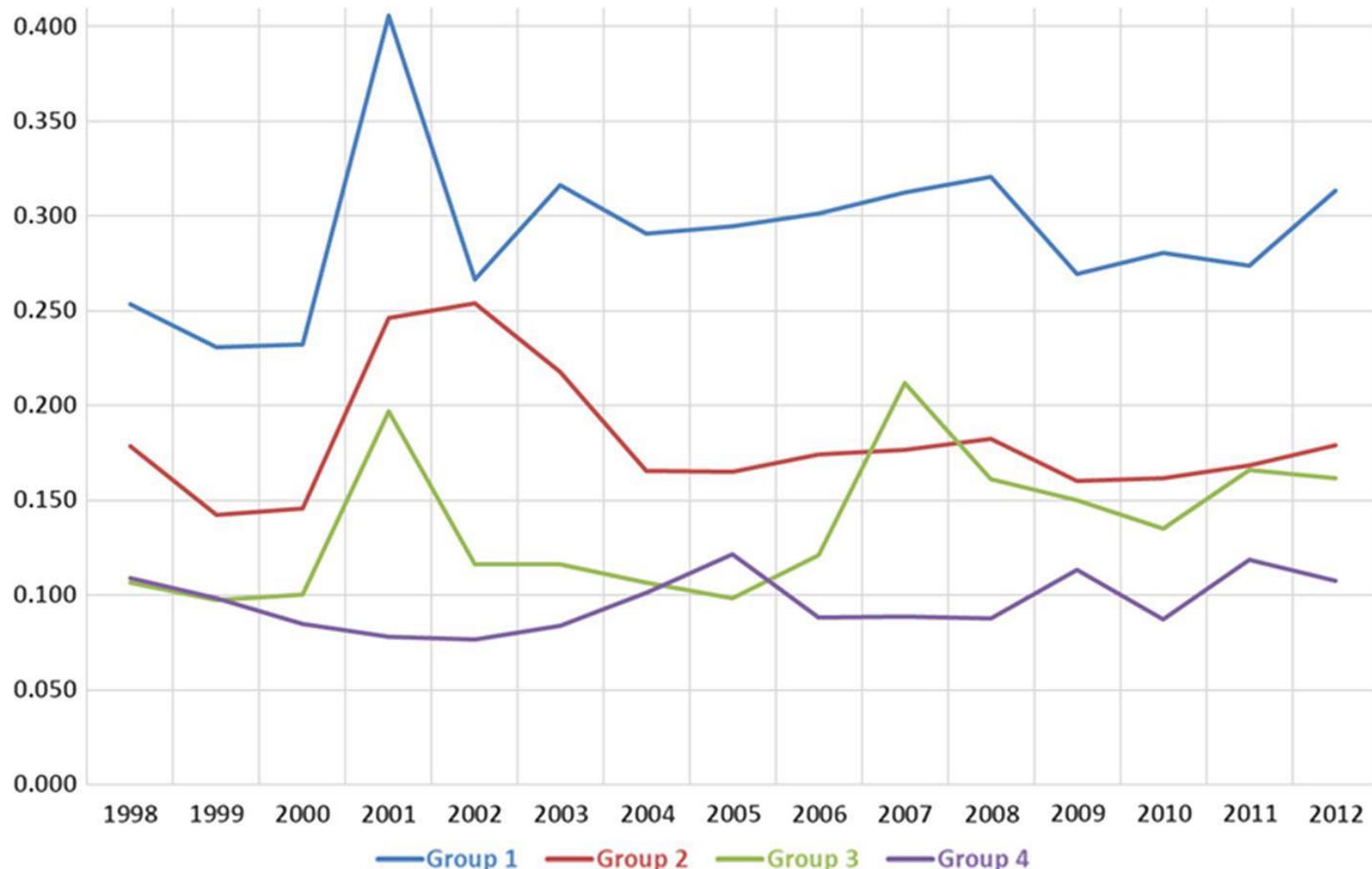
■ > 20 ■ 12 - 20 ■ 9 - 12 ■ 7,5 - 9 ■ < 7,5

Численность экономически активных горожан с высшим образованием, тыс. чел.

□ > 500 □ 200 - 500 □ 130 - 200 □ 100 - 130 □ 55 - 100 □ < 55

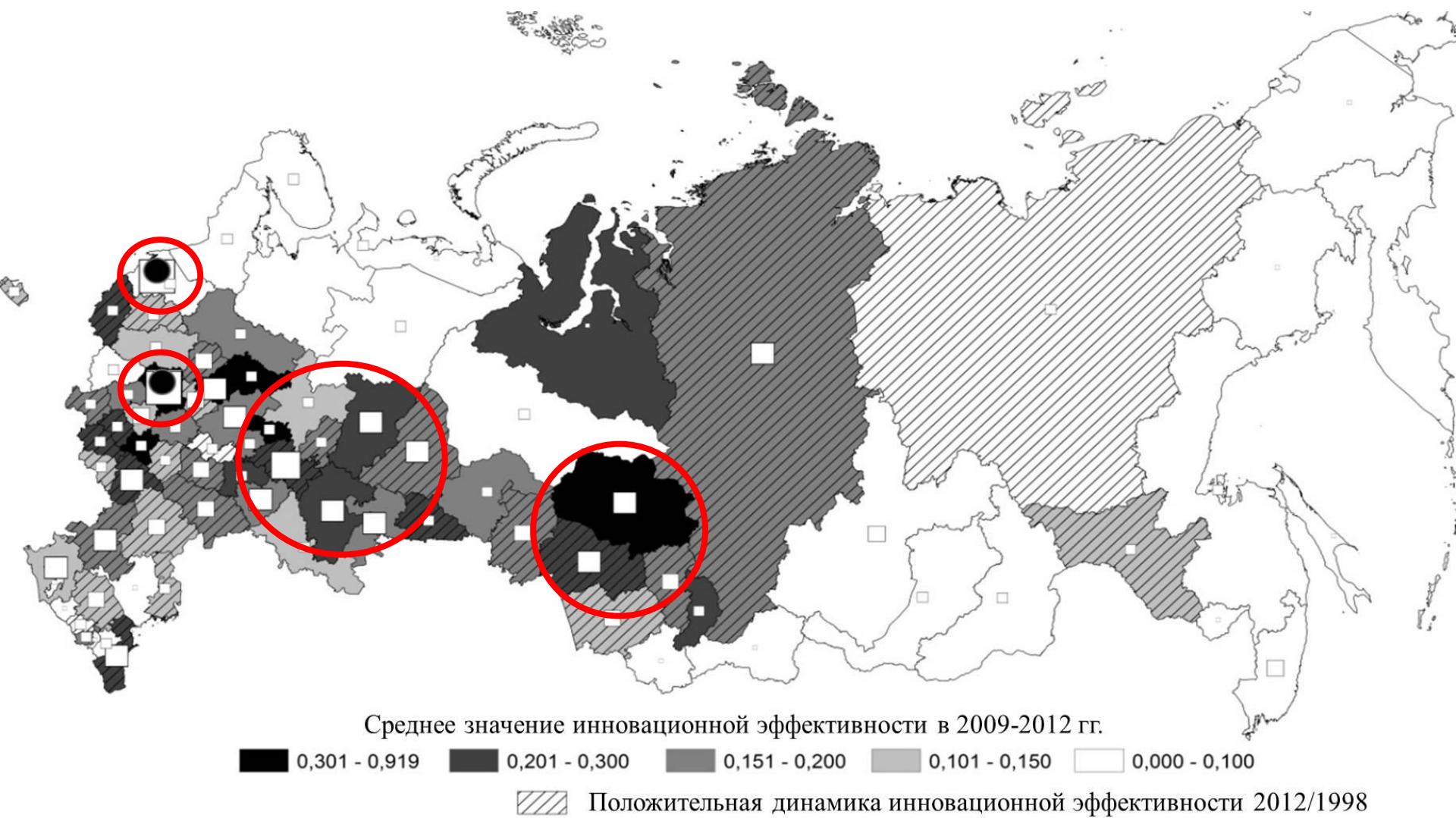
Регионы	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	average 1998-2012	
Регионы, лидирующие по оценке эффективности РИС																	
Moscow City	1.000	0.884	0.753	0.684	0.572	0.670	0.676	0.768	0.753	0.828	0.852	0.766	0.989	0.923	1.000	0.808	
Lipetsk Region	0.168	0.413	0.465	0.168	0.668	0.914	0.840	1.000	0.508	0.404	0.634	0.619	0.901	0.450	0.286	0.563	
Kostroma Region	0.500	0.424	0.299	0.127	0.322	0.408	0.458	0.442	0.444	0.784	0.854	0.549	0.545	0.491	0.353	0.467	
Tomsk Region	0.387	0.358	0.305	0.259	0.350	0.441	0.366	0.389	0.459	0.428	0.485	0.440	0.410	0.519	0.523	0.408	
Saint-Petersburg	0.377	0.286	0.331	0.470	0.421	0.404	0.432	0.431	0.466	0.407	0.409	0.375	0.335	0.377	0.347	0.391	
Moscow Region	0.306	0.317	0.232	0.300	0.320	0.492	0.438	0.381	0.369	0.428	0.465	0.326	0.288	0.284	0.353	0.353	
Voronezh Region	0.286	0.350	0.373	0.240	0.230	0.324	0.278	0.233	0.281	0.380	0.330	0.228	0.230	0.287	0.290	0.289	
Krasnodar Krai	0.128	0.129	0.086	0.677	1.000	0.518	0.253	0.236	0.201	0.169	0.188	0.140	0.166	0.153	0.137	0.279	
Novosibirsk Region	0.185	0.197	0.222	0.250	0.344	0.347	0.317	0.293	0.327	0.361	0.359	0.251	0.256	0.214	0.197	0.275	
Ulyanovsk Region	0.295	0.240	0.249	0.307	0.247	0.325	0.276	0.290	0.424	0.268	0.233	0.203	0.228	0.235	0.242	0.271	
Регионы, отстающие по оценке эффективности РИС																	
Zabaykalsky Krai				0.090	0.086	0.052	0.083	0.055			0.054	0.111	0.119	0.066	0.055	0.077	
Republic of Sakha (Yakutia)	0.056	0.057	0.083	0.065	0.079	0.073	0.082	0.067	0.066	0.050	0.052	0.082	0.081	0.098	0.116	0.074	
Republic of Mordovia	0.047		0.045	0.057	0.076	0.060	0.074	0.062	0.055	0.107	0.090	0.103	0.085	0.082	0.056	0.071	
Smolensk Region	0.099	0.063	0.057		0.077	0.069	0.054	0.045	0.065	0.054	0.074	0.067	0.095	0.050	0.077	0.068	
Komi Republic	0.095	0.125	0.064	0.060	0.075	0.047	0.070	0.063	0.066	0.073	0.047	0.030	0.041	0.051	0.096	0.067	
Republic of Karelia			0.068											0.044	0.114	0.042	0.067
Arkhangelsk Region	0.114	0.066	0.076	0.078	0.055	0.064	0.031	0.049	0.086	0.077	0.047	0.028	0.053	0.092	0.041	0.064	
Republic of Buryatia			0.061	0.060	0.038	0.068	0.074	0.038	0.055	0.051	0.061	0.071	0.054	0.068	0.098	0.061	
Murmansk Region	0.023	0.026	0.056	0.030	0.037	0.030	0.055	0.052	0.076	0.058	0.070	0.040	0.035	0.050	0.060	0.047	

## Динамика эффективности



- Группа 1 - число жителей в столицах регионов более 1 миллиона
- Группа 2 - число жителей в столицах 500 тыс. – 1 млн чел.
- Группа 3 - число жителей в столицах 25-500 тыс. чел.
- Группа 4 - число жителей в столицах менее 250 тыс.

# Эффективность регионов России по созданию новых технологий



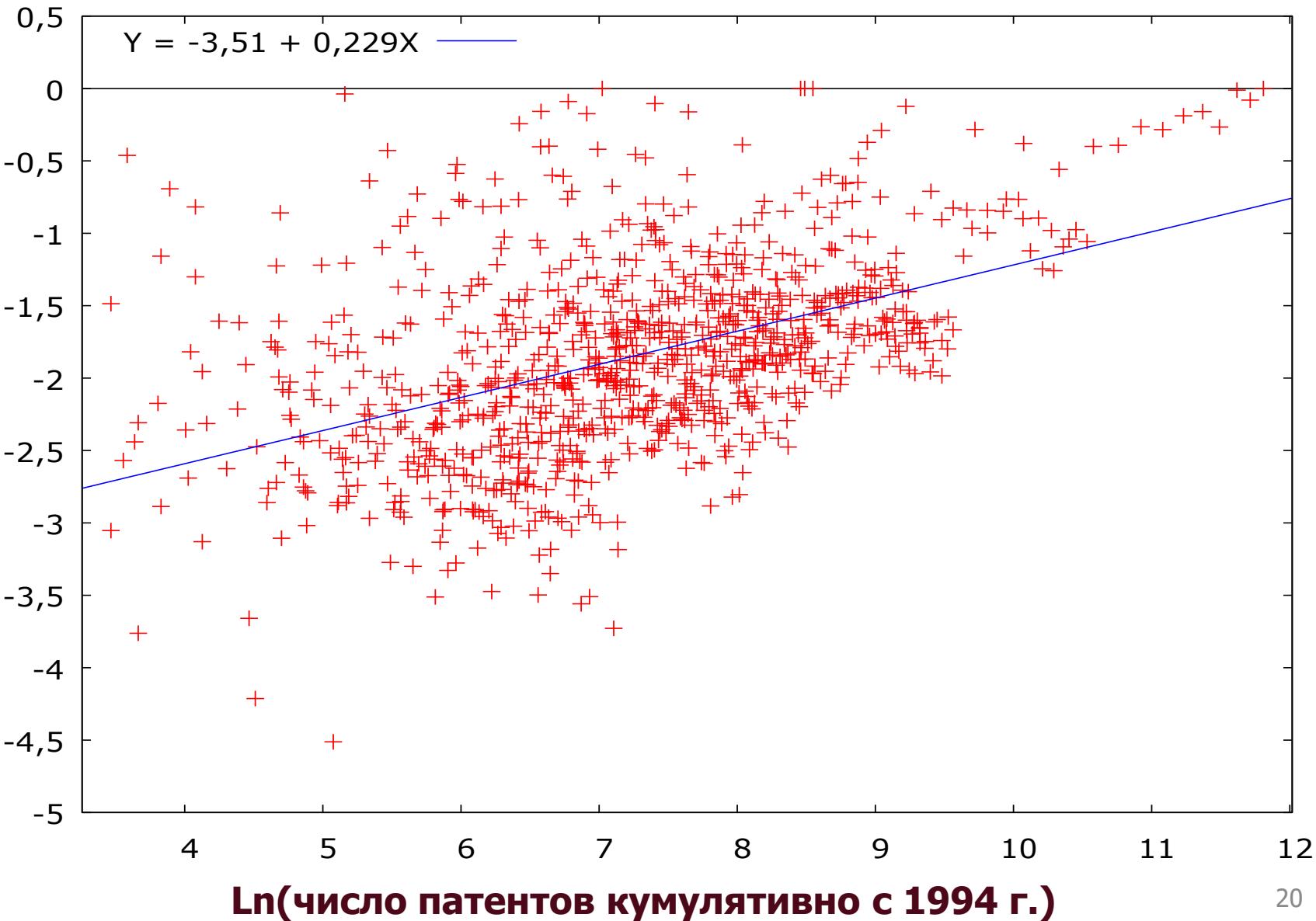
Число потенциально коммерциализируемых патентов в 2012 г.

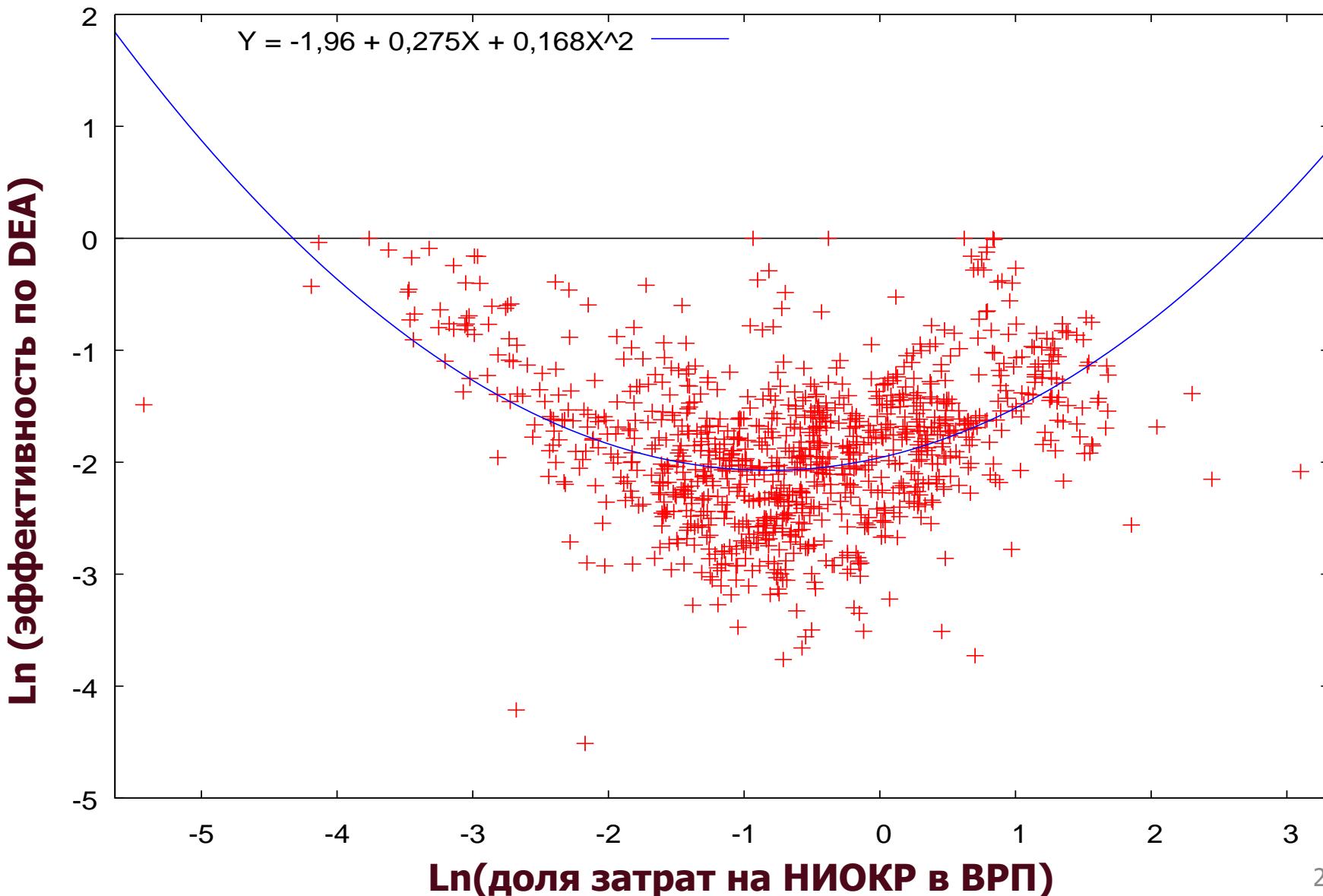
■ 0,000 - 1,000	□ 1,001 - 10,000	□ 10,001 - 25,000	□ 25,001 - 50,000	□ 50,001 - 100,000	□ 100,001 - 663,625
-----------------	------------------	-------------------	-------------------	--------------------	---------------------

## Факторы эффективности РИС:

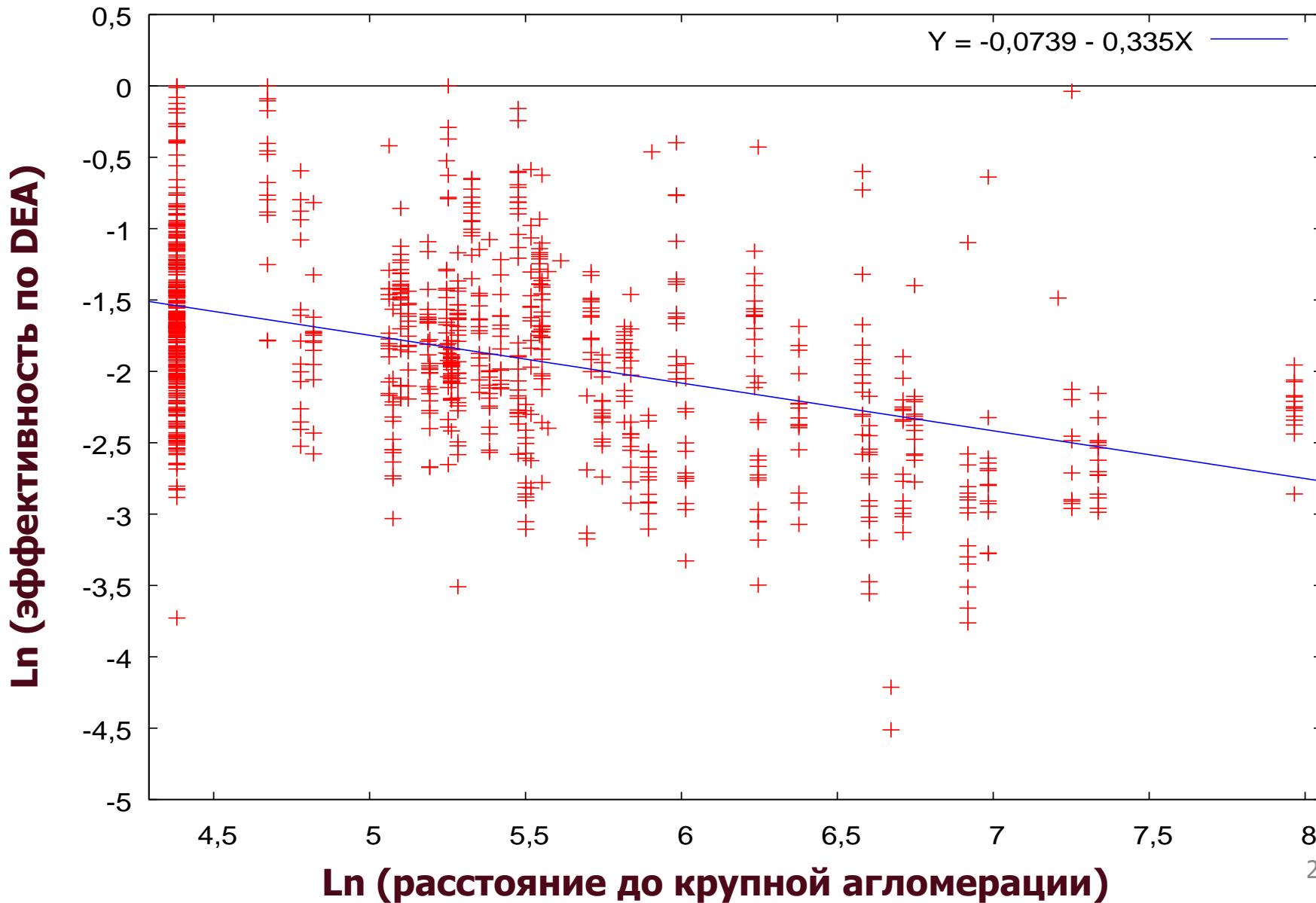
- *Укорененность инновационных процессов*  
(старейший вуз, патентный запас)
- *Уровень технологического развития*  
(квадратичная зависимость с затратами на НИОКР)
- *Переток знаний* (расстояние до агломерации, пространственный сдвиг инновационной активности)
- *Интенсивность внутренних взаимодействий*  
(предпринимательская активность)
- *Специализация* (доля обрабатывающей промышленности)

Ln (эффективность по DEA)





## Фактор эффективности: расстояние до крупной агломерации





Патентный потенциал; российские патенты на млн чел. (в среднем за 2006-2012 гг.)

$$V_{i,t} = \sum_j \frac{P_{j,t}}{D_{ij,t}^\alpha}$$

$P$  – число патентов  
 $D_{jj}$  – расстояние от  
 региона  $i$  до  
 региона  $j$

Фактор	Переменные	Коэффициенты	
		МНК	Фиксированные эффекты
Укорененность	Ln (возраст университета)	0.29*** (0.07)	0.19*** (0.07)
	Ln ( патентный фонд)		<b>0.15*** (0.03)</b> <b>1.3*** (0.07)</b>
Технологическое развитие	Ln (расходы на НИОКР в ВРП)	0.02 (0.06)	0.02 (0.06)
	Ln (расходы на НИОКР в ВРП) 2	0.13*** (0.02)	<b>0.13*** (0.02)</b> <b>0.13*** (0.01)</b>
Переток знаний	Ln (потенциальный межрегиональный переток знаний)	0.11*** (0.04)	0.11*** (0.03)
	Ln (расстояние до агломерации с более чем 1 млн чел.)	-0.23*** (0.05)	-0.15*** (0.05)
Интенсивность взаимодействия внутри РИС	Ln (число малых фирм к рабочей силе)		<b>0.15*** (0.05)</b>
	Ln (число хай-тек стартапов к числу горожан с высшим образованием)	0.25*** (0.08)	<b>0.1*** (0.03)</b>
Промышленная специализация	Ln (доля перерабатывающей промышленности в ВРП)		0.12** (0.05)
	Постоянная	-2.2*** (0.38)	-3.17*** (0.38) -9*** (0.41)
Критерии качества модели	R2	0.48	0.54
	Исправленный R2	0.48	0.54
	LSDV R2		0.85
	Within R2		0.52



- Методика позволяет оценить способности РИС создавать новые технологии, но не учитывается их способность реализовывать новые продукты
- Проблемы статистического учета
- Высокая ***пространственная и временная дифференциация эффективности***
- ***Основные факторы эффективности:***
  - агломерационные эффекты (?)
  - запас знаний (укорененность)
  - интенсивность финансирования НИОКР
  - предпринимательство
- Требуется проведение ***регионально дифференциированной политики***



**Институт прикладных экономических исследований РАНХиГС  
Лаборатория инновационной экономики ИЭП им. Е.Т. Гайдара  
Географический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова**

**Земцов Степан Петрович**

zemtsov@ranepa.ru

URL: <http://www.ranepa.ru/prepodavateli/sotrudnik/?742>

- *Zemtsov S., Kotsemir M.* An assessment of regional innovation system efficiency in Russia: the application of the DEA approach // *Scientometrics*, 2019, 2(120), 375-404
- *Земцов С.П., Бабурин В.Л.* Как оценить эффективность региональных инновационных систем в России // *Инновации*, 2017, № 2, с. 60-66
- *Бабурин В.Л., Земцов С.П.* Инновационный потенциал регионов России. – М.: "Университетская книга", 2017, 358 с.
- *Земцов С., Баринова В.* Смена парадигмы региональной инновационной политики в России // *Вопросы экономики*. 2016. № 10. С. 70-77.
- *Zemtsov S., Muradov A., Wade I., Barinova V.* Determinants of regional innovation in Russia: are people or capital more important? // *Foresight-Russia*. 2016. №2. С. 29 – 42.
- *Бабурин В.Л., Земцов С.П.* Факторы патентной активности в регионах России // *Вестник НГУ. Серия: Социально-экономические науки*. 2016. Том 16. № 1. С.86 - 100.
- *Земцов С.П., Мурадов А.К., Баринова В.А.* Факторы региональной инновационной активности // *Инновации*. 2016. № 5. С. 42-51.