



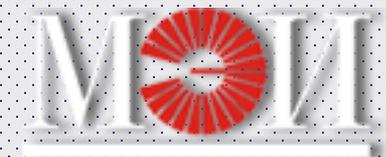
Антропогенные элементы теплового и водного баланса крупных городов

Терешин А.Г., Клименко В.В.

НИЛ Глобальных проблем энергетики

Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Томск, 6 июля 2018 г.



НАЦИОНАЛЬНЫЙ
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ



Российский
научный
фонд

1. Постановка задачи

В рамках НИР «Исследование общих закономерностей и особенностей развития городских энергосистем в различных социально-экономических и природно-климатических условиях» (*грант РФ 16-19-10568*)

Цель представленной работы – формирование исходных данных для моделирования антропогенного воздействия на климат урбанизированных территорий

Задачи:

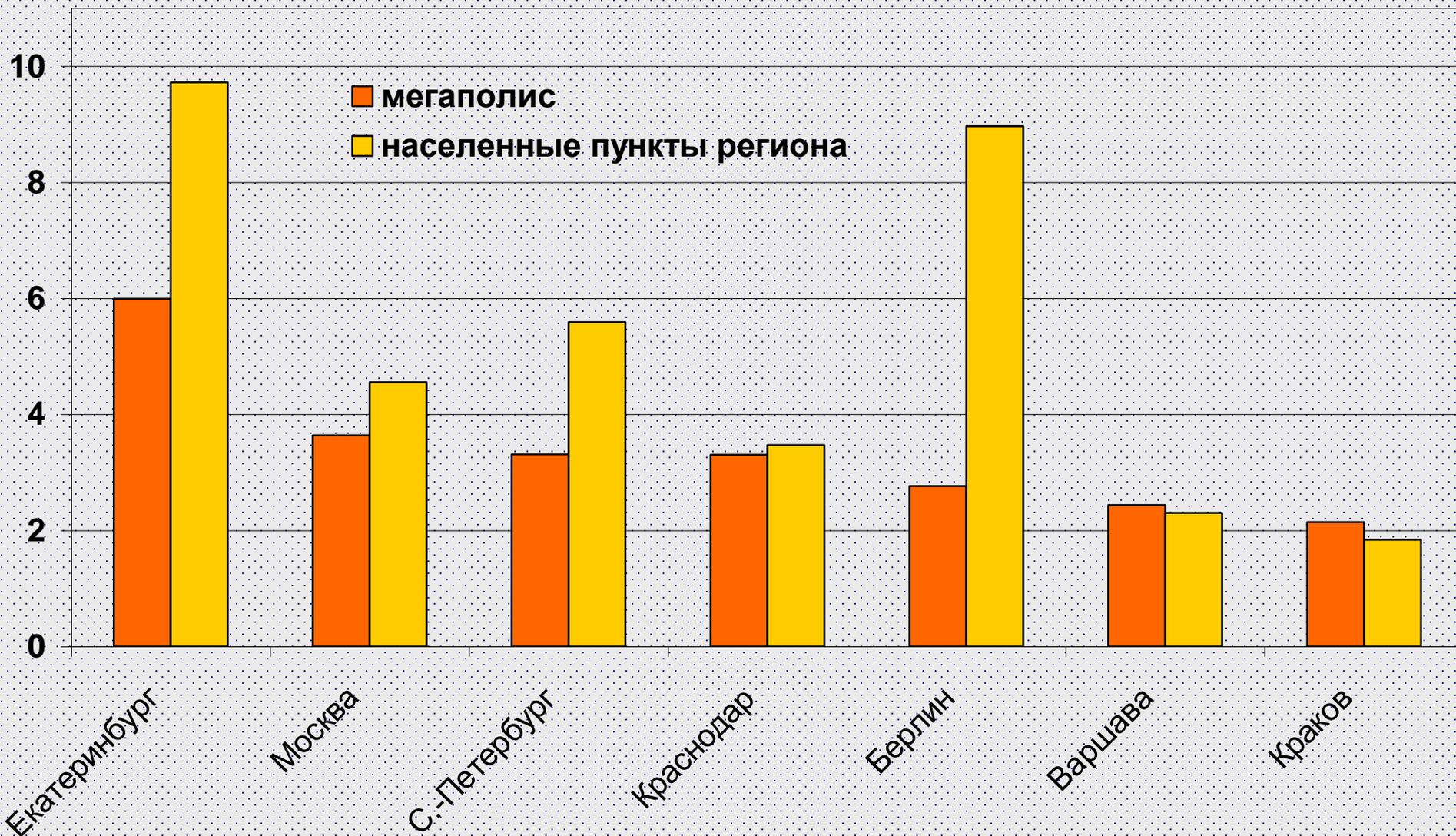
- 1) Создание базы данных по преобразованию и потреблению энергии в городских энергосистемах
- 2) Создание методики оценки антропогенных выбросов тепла и водяного пара на урбанизированных территориях
- 3) Оценка пространственно временного распределения антропогенных потоков выбросов тепла и водяного пара на урбанизированных территориях

Назначение:

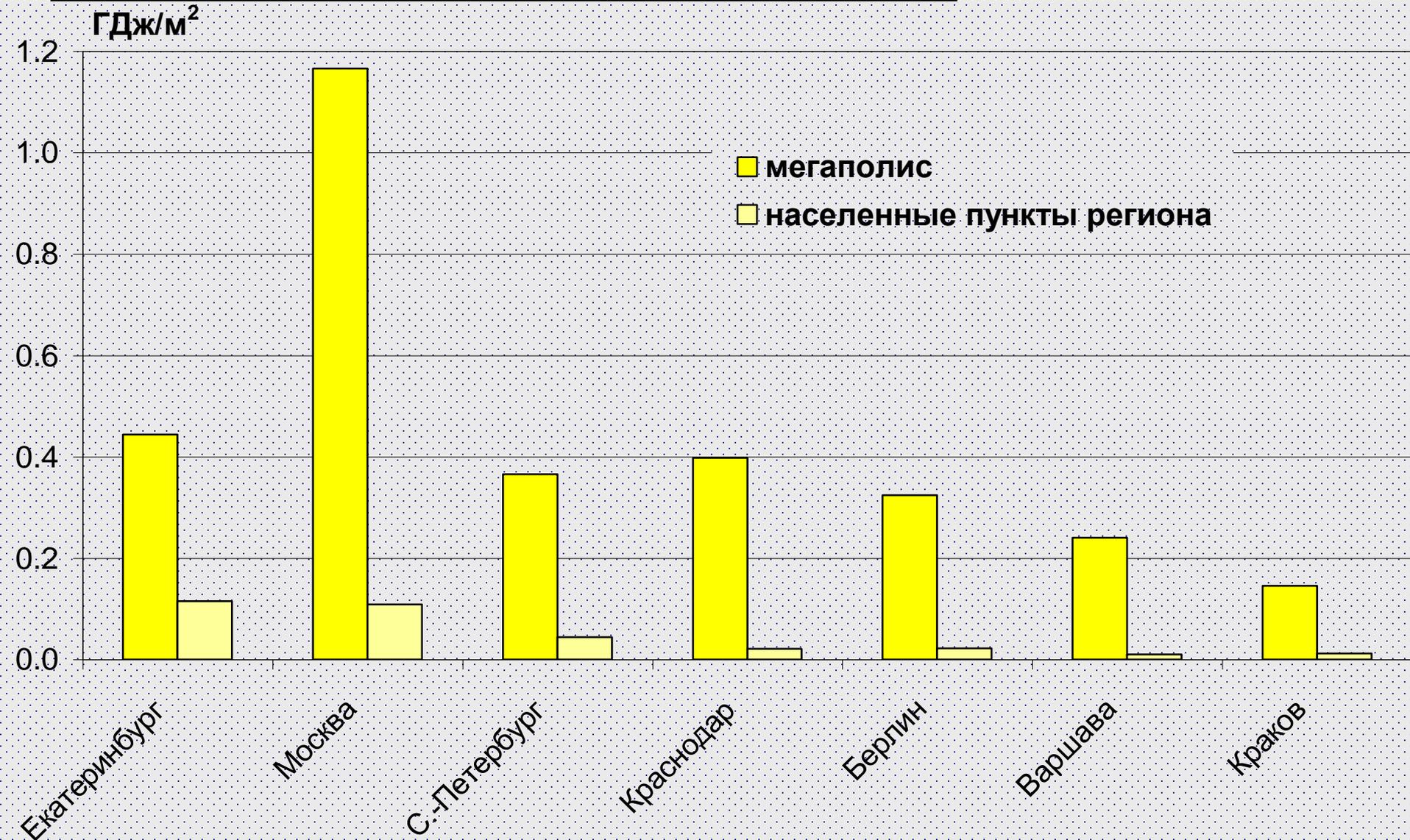
Использование в моделях городского климата для уточнения техногенного эффекта

Сравнение удельного энергопотребления в крупных городах и их предместьях

т у.т./чел.



Сравнение средних годовых техногенных удельных энергетических нагрузок в крупных городах и их предместьях



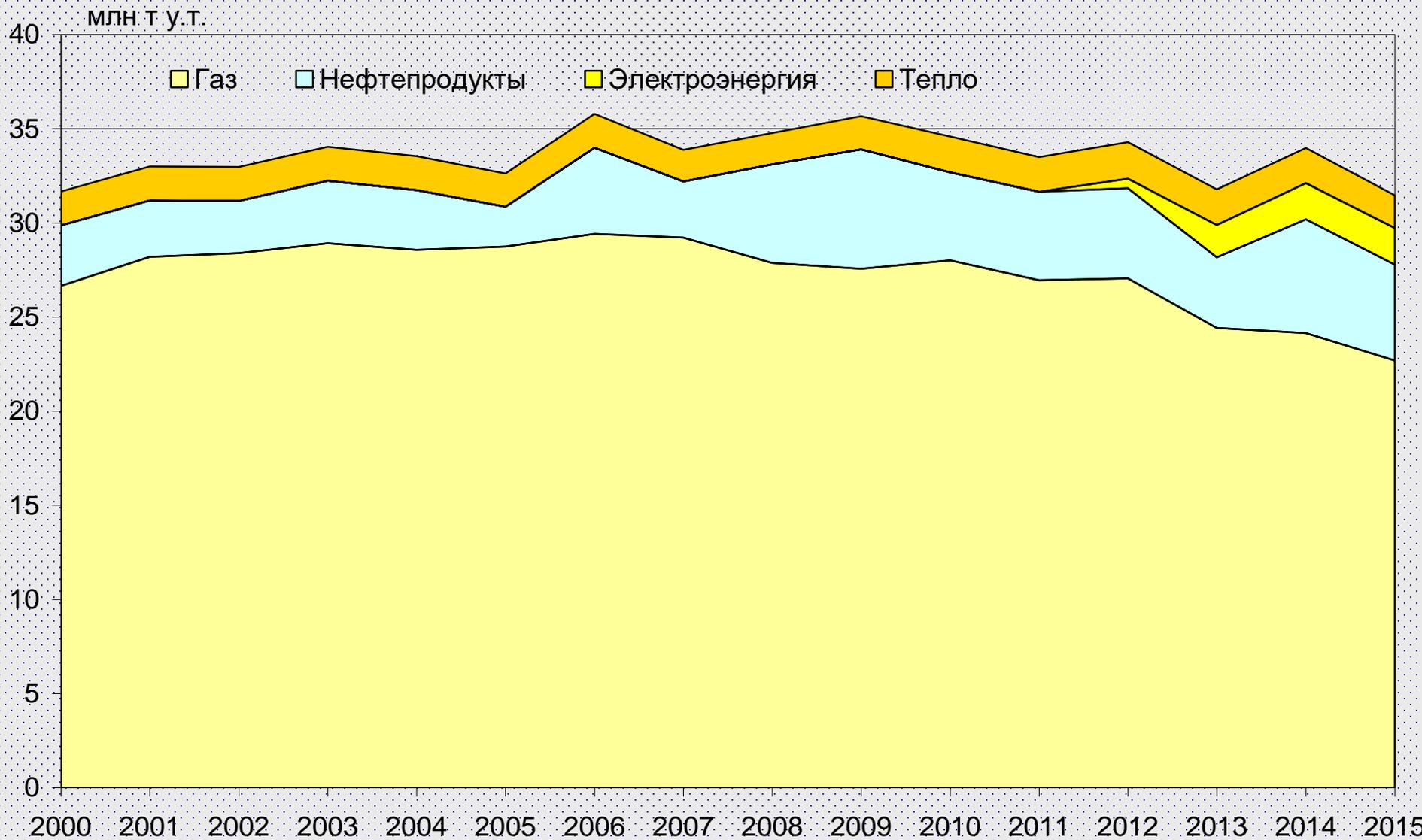
2. Исходные данные

- Потребление органического топлива:
 - котельно-печное (уголь, газ, мазут);
 - моторное (бензин и ДТ);
- Электро- и тепловой энергия:
 - производство (КЭС, ТЭЦ и котельные);
 - поставки извне;
 - потери;
 - потребление (отопление и ГВС)

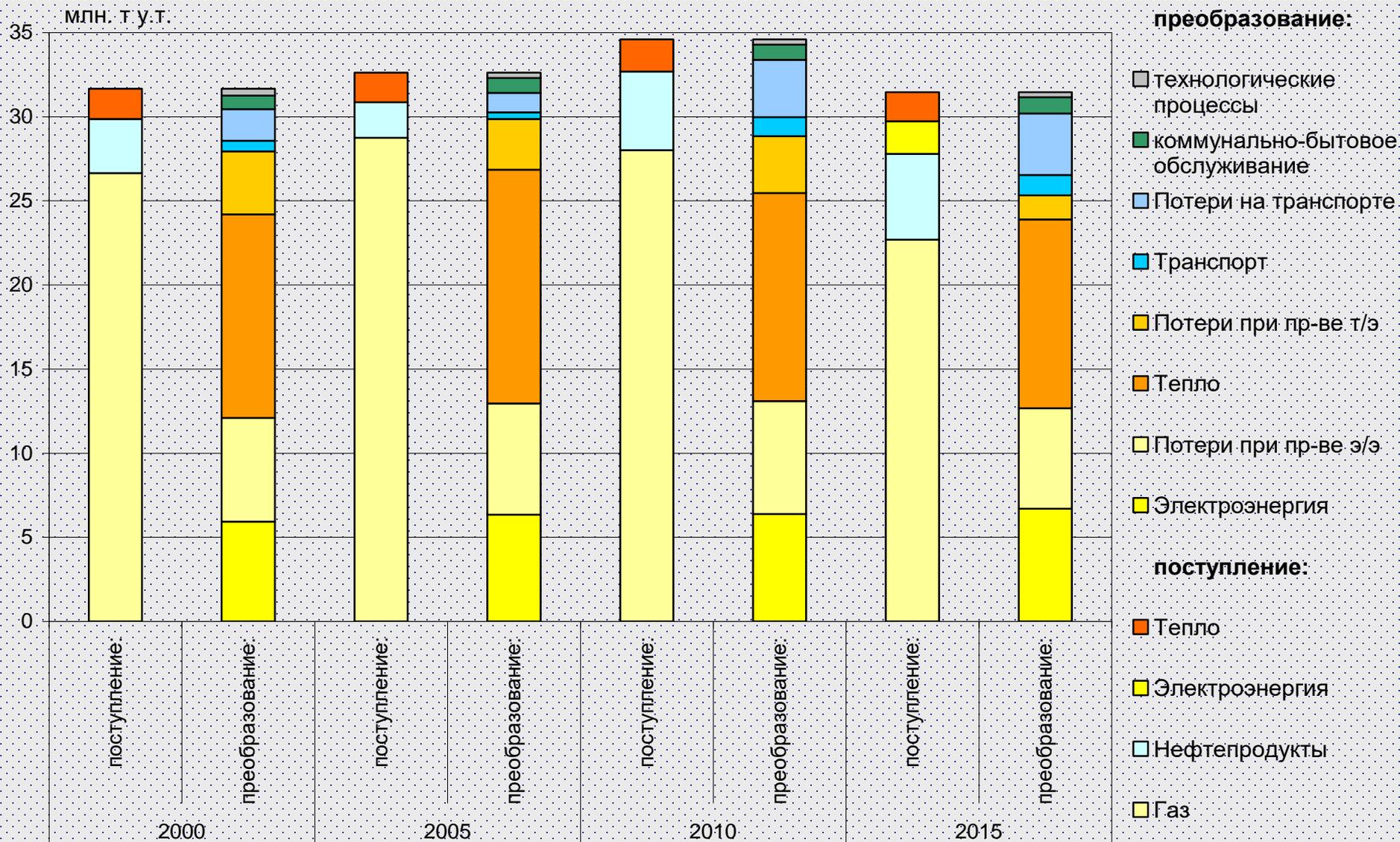
Источники данных:

- база данных Росстата www.gks.ru, www.fedstat.ru;
- отчетные материалы региональных энергосистем;
- информация городской администрации

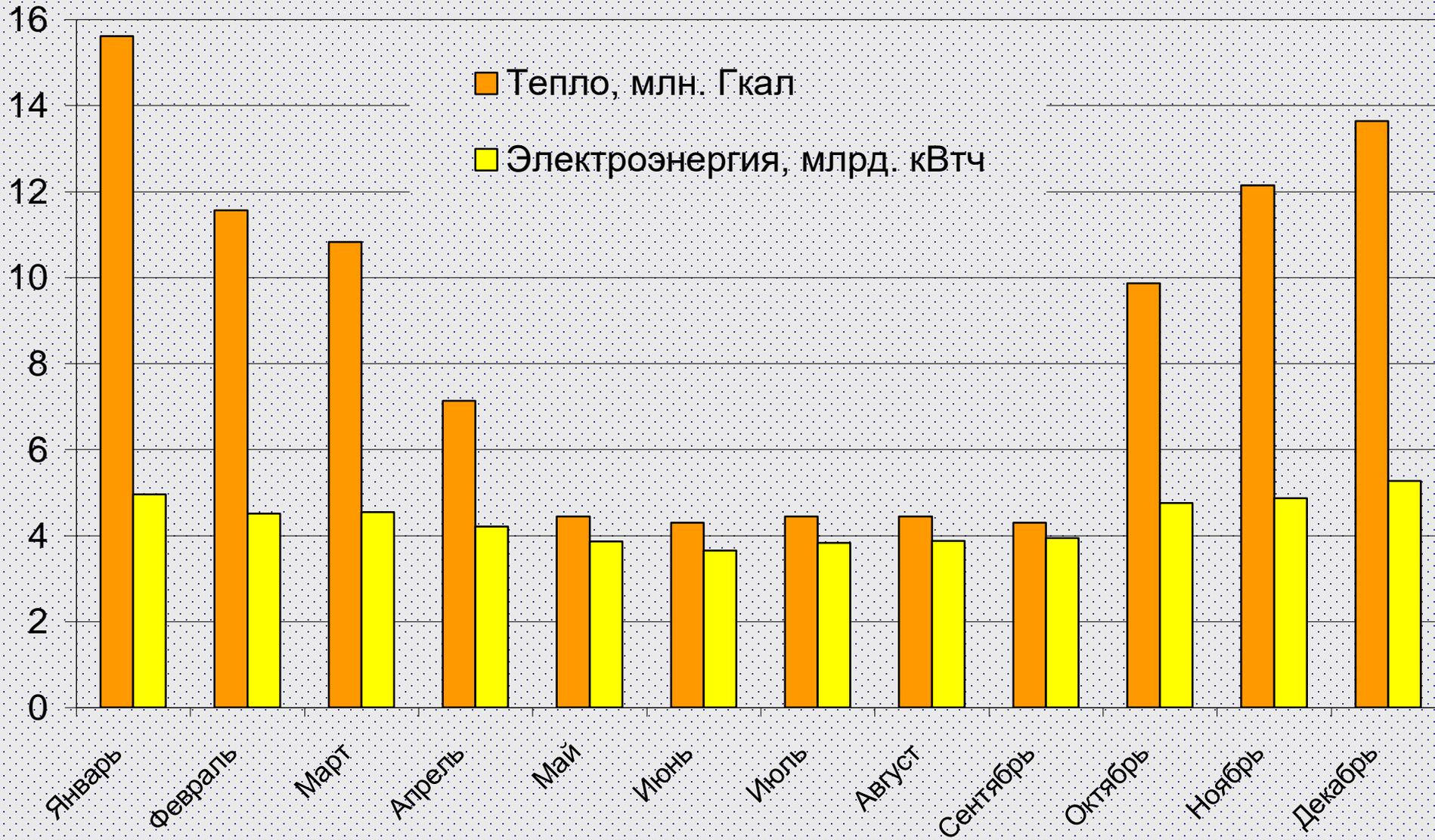
Потребление энергии на территории «старой» Москвы



Топливо-энергетический баланс «старой» Москвы (2015)



Потребление тепловой и электрической энергии на территории «старой» Москвы (2015 г., по месяцам)



3. Методика

- Основные источники техногенных поступлений тепла:
 - Термодинамические потери тепловых циклов электростанций и двигателей на транспорте
 - Потери тепловой и электрической энергии при транспортировке и распределении, а также при производстве тепла в котельных
 - Диссипация энергии от зданий и сооружений, транспорта и водоотведения
- Основные источники техногенных поступлений водяного пара:
 - сжигание топлива;
 - испарение в градирнях ТЭС.
- Основные допущения
 - расход моторного топлива, а также потребление тепла на ГВС распределены по году равномерно
 - электро- и тепловая энергия, используемая для механической работы, в конце концов диссипирует в виде тепла в ОС
 - тепловые потоки от потерь при транспортировке и распределении тепла, а также при водоотведении направлены в грунт, остальные – непосредственно в атмосферу

Расчетные соотношения

Для оценки потоков в окружающую среду тепла и пара от перечисленных источников Q_i использовалась общая формула

$$Q_i = \sum_j k_i^j \cdot B_i^j$$

где:

B_i^j – количественная характеристика интенсивности j -го процесса для i -го источника,

k_i^j – коэффициент расчета.

Для формирования коэффициентов использовались стандартные методики расчетов тепловых балансов и атмосферных выбросов в энергетике.

Характеристики антропогенных элементов теплового баланса городов

Источник	B_i		k_i	
	Наименование	Ед.изм.	Значение	Ед.изм.
(1) Термодинамические потери ТЭС	(а) Объем потребления топлива на ТЭС	т у.т.	$2.9 \cdot 10^{-4}$	ПДж/т у.т.
	(б) Объем производства электроэнергии	кВтч	$3.6 \cdot 10^{-9}$	ПДж/кВтч
	(в) объем отпуска тепла от ТЭЦ	Гкал	$4.2 \cdot 10^{-6}$	ПДж/Гкал
(2) Термодинамические потери на транспорте	Объем потребления моторного топлива	т у.т.	$2.2 \cdot 10^{-4}$	ПДж/т у.т.
(3) Потери тепловой энергии при транспортировке и распределении	Суммарный объем отпуска тепла от ТЭЦ и котельных	Гкал	$5.0 \cdot 10^{-7}$	ПДж/Гкал
(4) Потери электрической энергии при транспортировке и распределении	Объем потребления электроэнергии	кВтч	$3.6 \cdot 10^{-10}$	ПДж/кВтч
(5) Потери при производстве тепла в котельных	Объем отпуска тепла от котельных	Гкал	$7.4 \cdot 10^{-7}$	ПДж/Гкал
(6) Диссипация энергии от зданий и сооружений	(а) Суммарный объем отпуска тепла от ТЭЦ и котельных	Гкал	$3.6 \cdot 10^{-6}$	ПДж/Гкал
	(б) Объем потребления электроэнергии	кВтч	$3.2 \cdot 10^{-9}$	ПДж/кВтч
(7) Диссипация энергии на транспорте	Объем потребления моторного топлива	т у.т.	$7.3 \cdot 10^{-5}$	ПДж/т у.т.
(8) Диссипация энергии при водоотведении	Объем потребления тепла на ГВС	Гкал	$4.2 \cdot 10^{-6}$	ПДж/Гкал

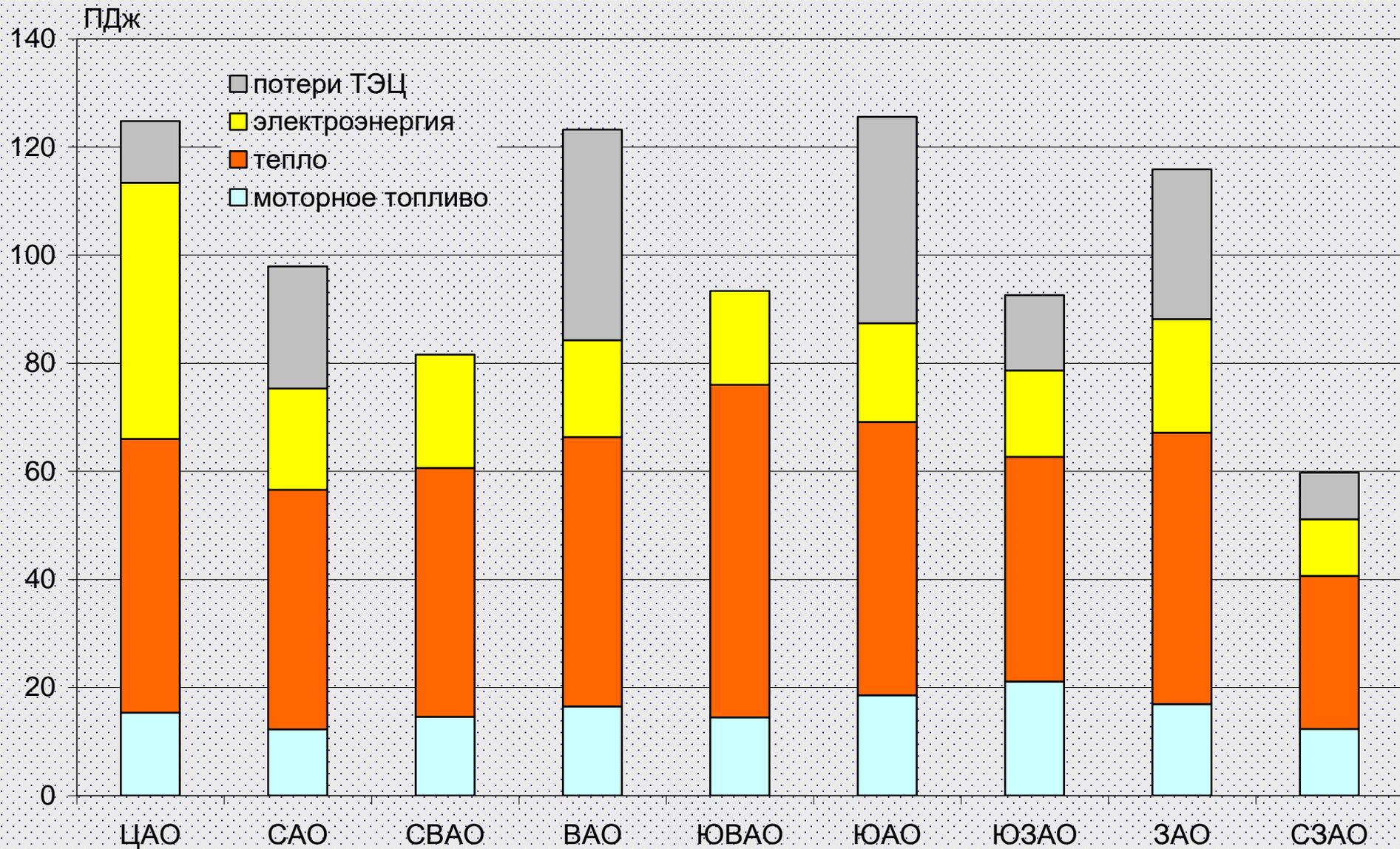
Характеристики антропогенных элементов водного баланса городов

Источник	B_i		k_i	
	Наименование	Ед. изм.	Значение	Ед. изм.
(1) Сжигание топлива на стационарных объектах	(а) Объем потребления природного газа	т у.т.	1.4	т/т у.т.
	(б) Объем потребления угля	т у.т.	0.45	т/т у.т.
	(в) Объем потребления мазута	т у.т.	0.8	т/т у.т.
(2) Сжигание топлива на транспорте	Объем потребления моторного топлива	т у.т.	0.9	т/т у.т.
(3) Испарение градирен ТЭС	Объем производства электроэнергии	кВтч	0.022	т/кВтч

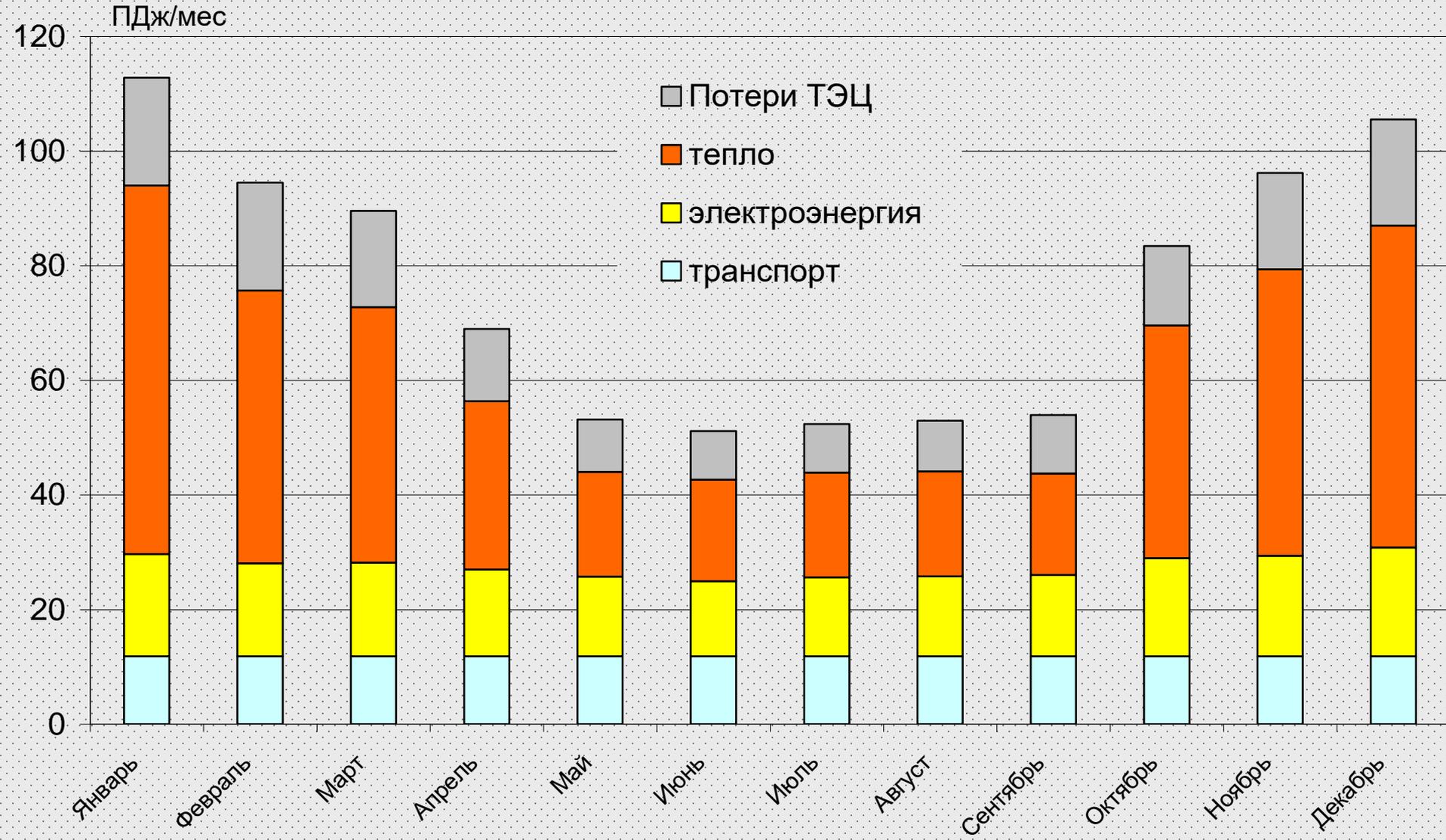
4. Результаты

- Структура техногенных источников тепла и водяного пара на урбанизированных территориях
- Пространственное и временное распределение техногенных потоков тепла и воды в городах
- Сравнение техногенных и природных элементов водного и энергетического баланса городской атмосферы

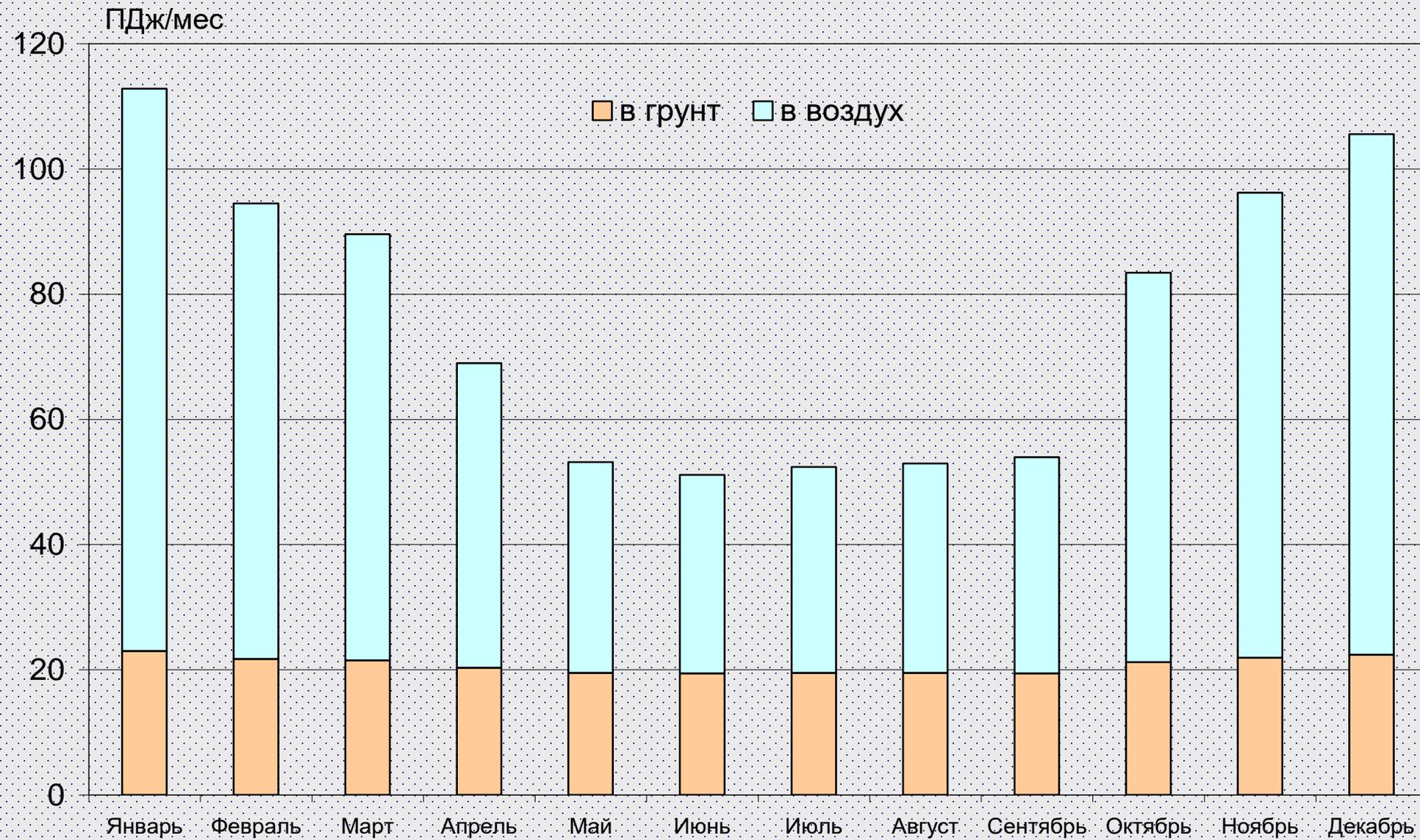
Распределение техногенных поступлений тепла в окружающую среду г. Москвы (2015 г., по округам)



Техногенные поступления тепла в окружающую среду г. Москвы из различных источников (2015 г., по месяцам)

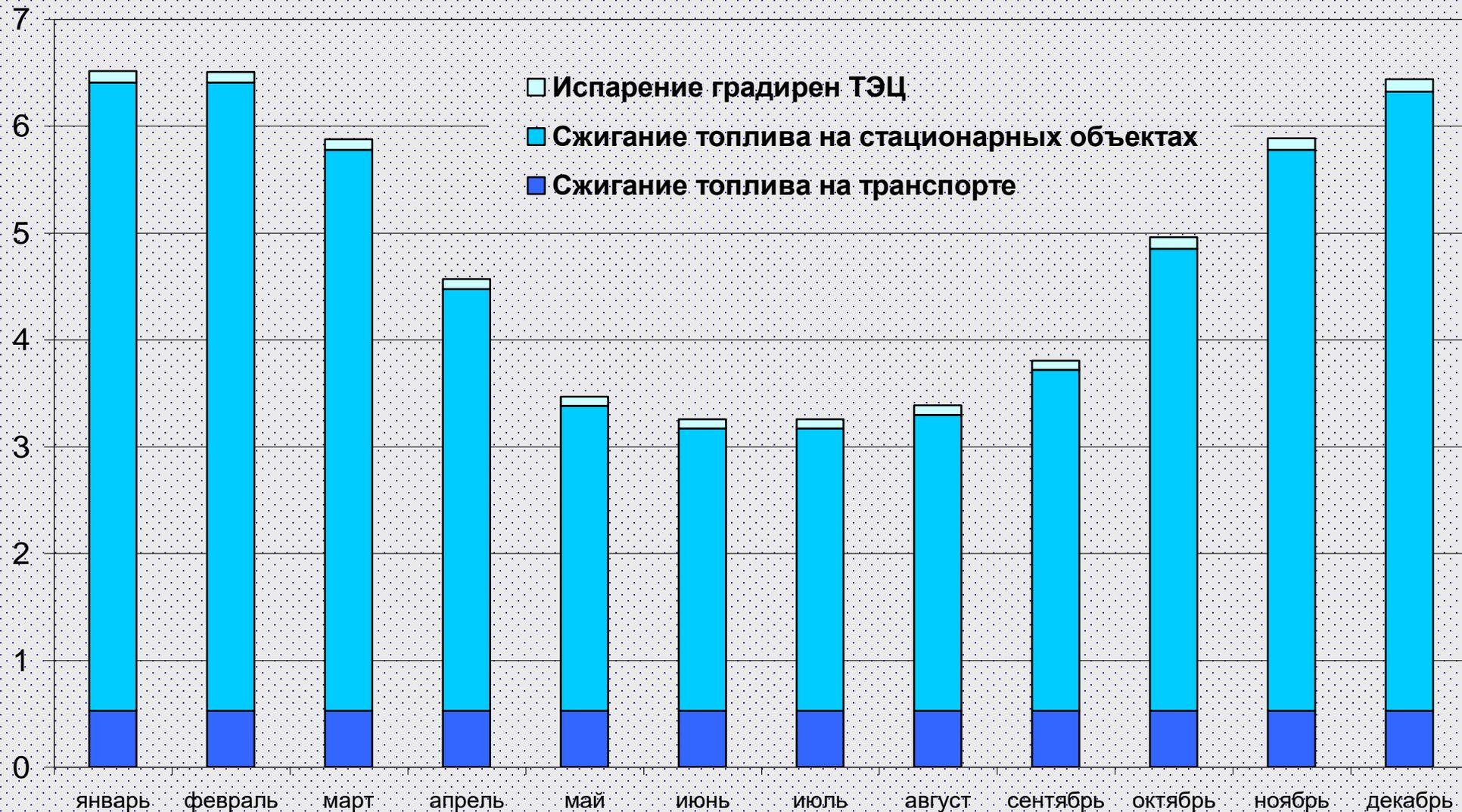


Техногенные поступления тепла в грунт и атмосферу г. Москвы (2015 г., по месяцам)

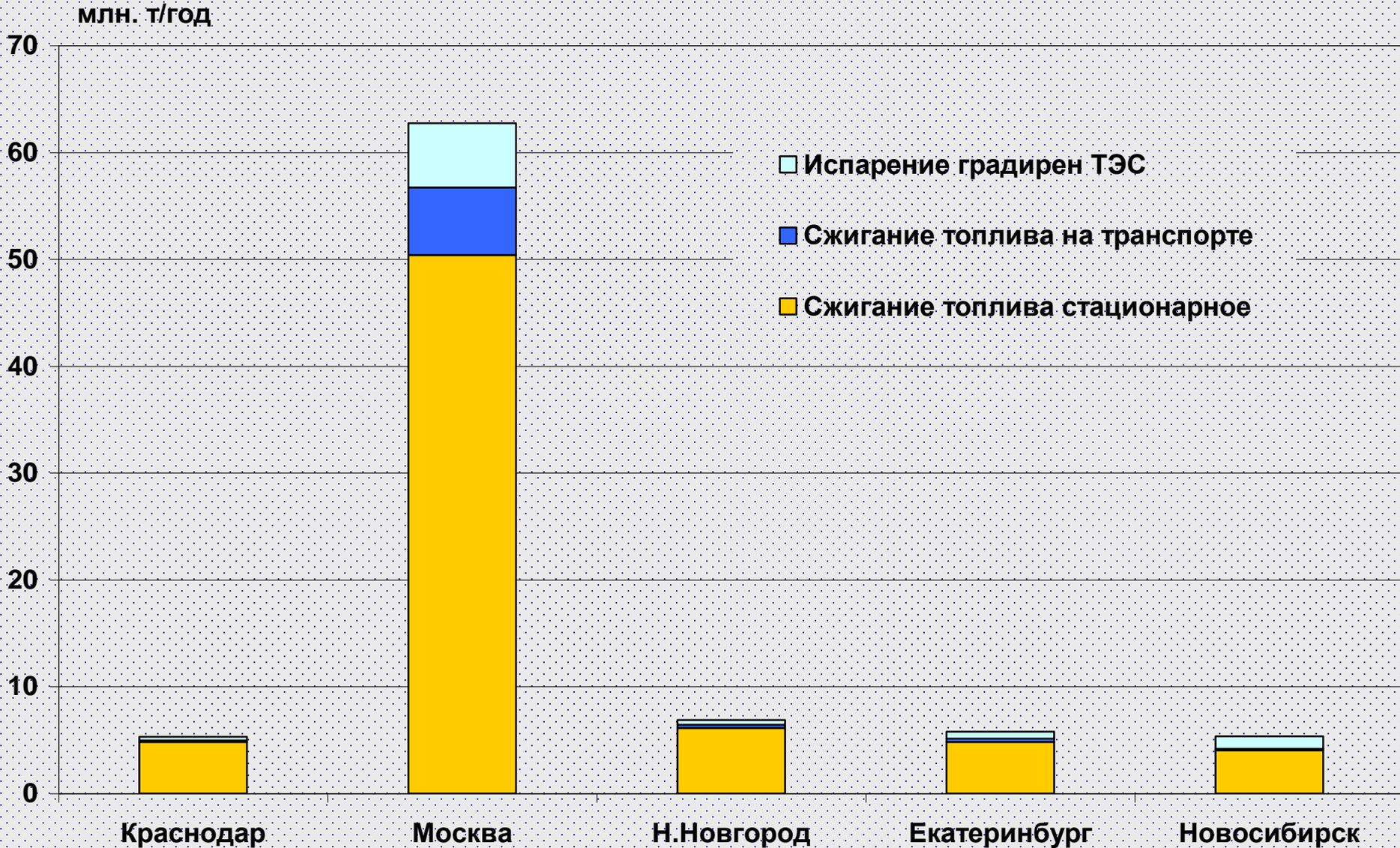


Техногенные поступления водяного пара в атмосферу г. Москвы (2015 г., по месяцам)

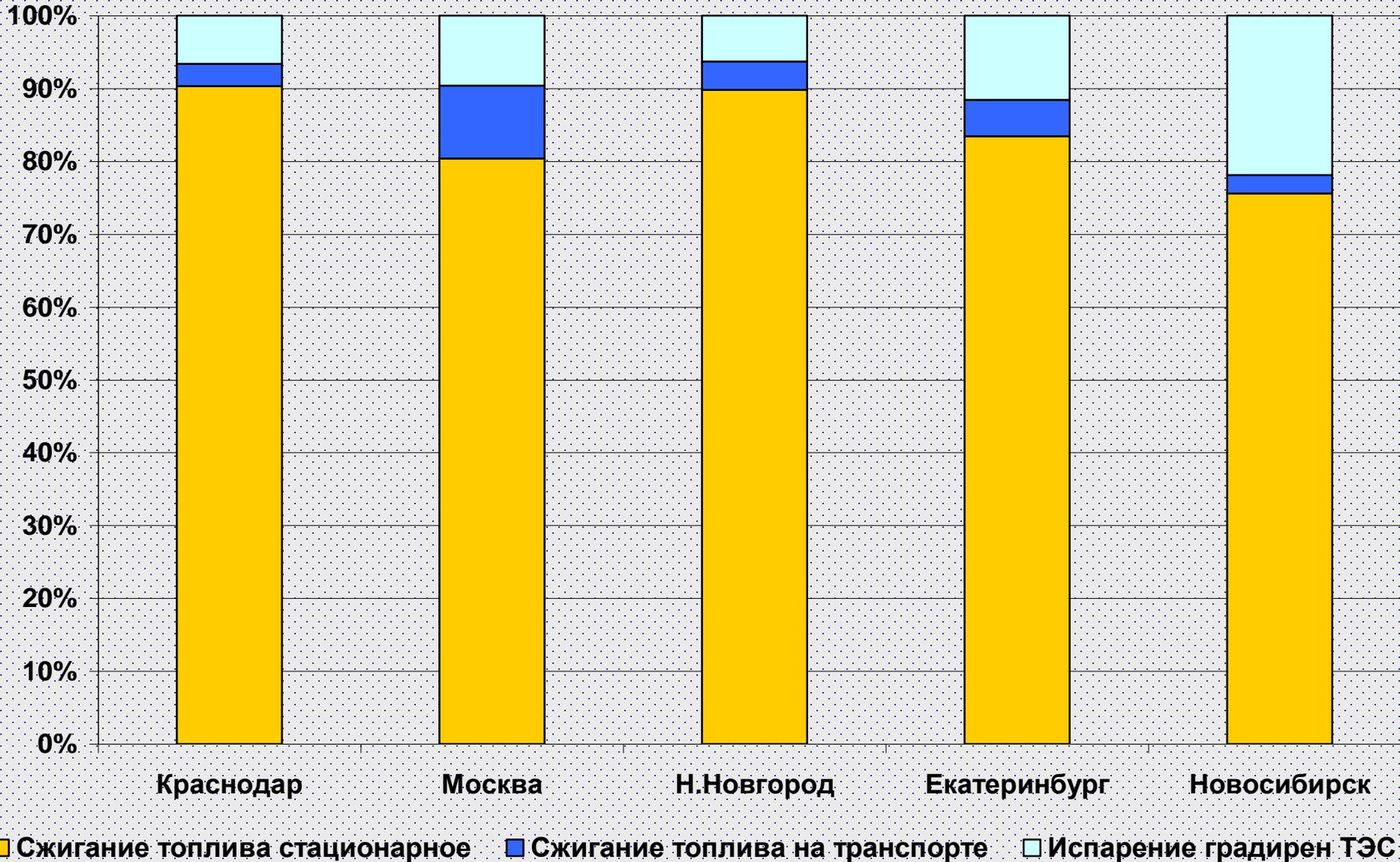
млн. т/мес



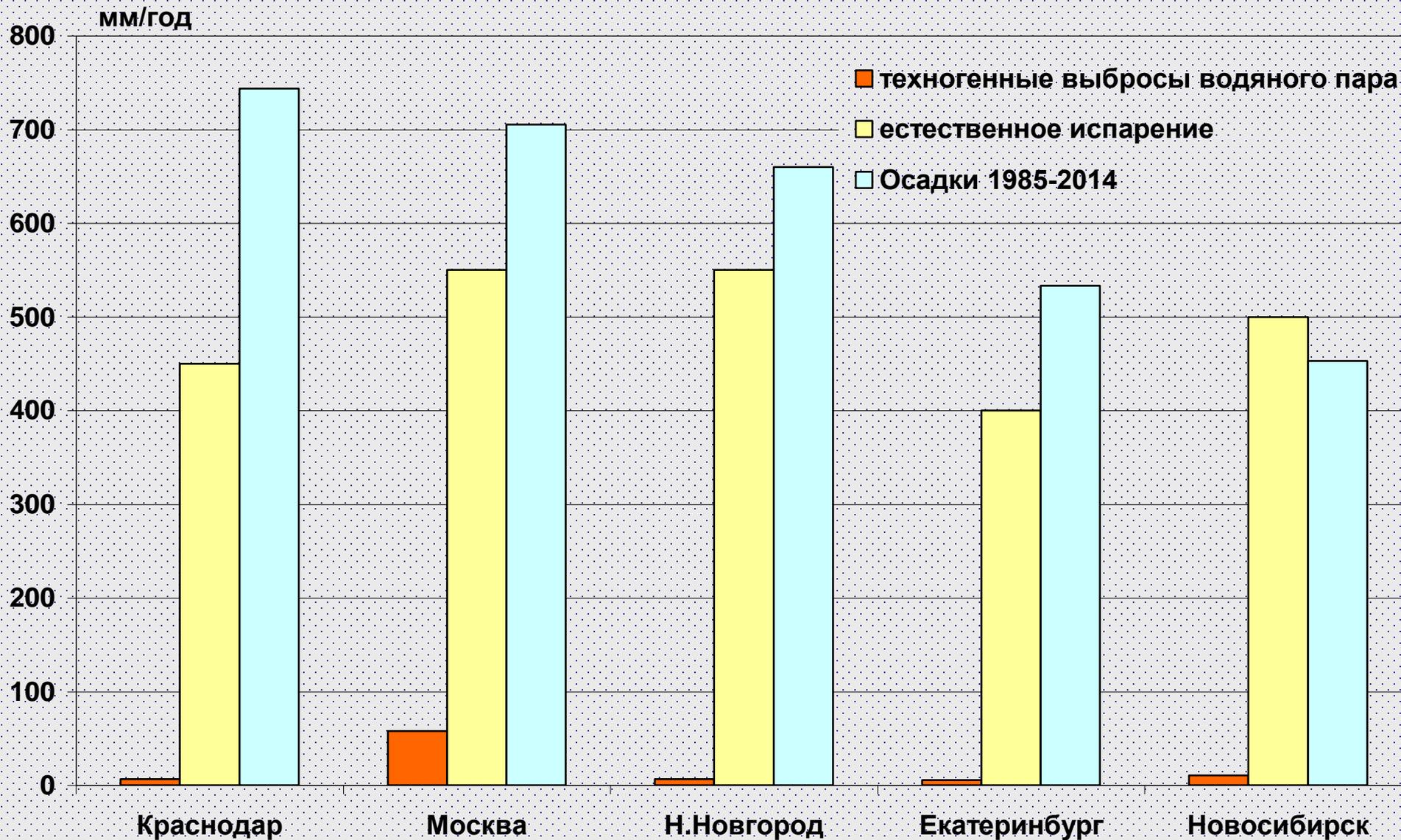
Техногенные поступления водяного пара в атмосферу некоторых городов России (2015 г.)



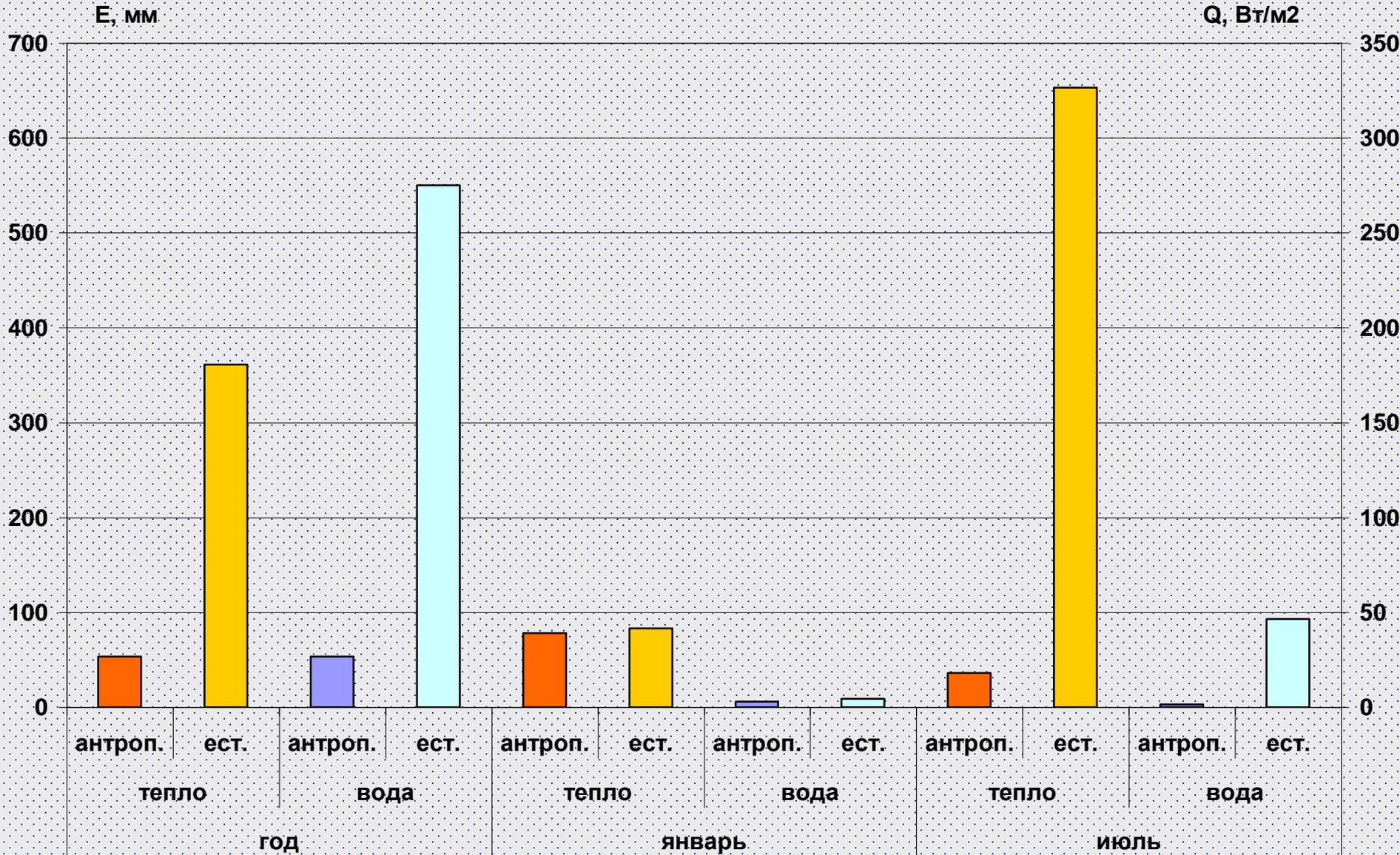
Структура техногенных поступлений водяного пара в атмосферу некоторых городов России (2015 г.)



Природные и техногенные элементы водного баланса атмосферы некоторых городов России (2015 г.)



Сравнение техногенных и природных поступлений тепла (Q) и водяного пара (E) в атмосферу Москвы (за год, зимой и летом)



5. Выводы

- Представлена простая методика, позволяющая с использованием стандартных массивов энергетической информации рассчитывать пространственно-временное распределение антропогенных потоков тепла и воды на урбанизированных территориях.
- Ее использование на примере г. Москвы показало, что техногенные источники являются существенным элементом теплового и водного баланса городской среды, особенно в зимний период.
- В грунт поступает примерно 30% суммарного годового объема тепла, распределенных по году практически равномерно.
- Антропогенные годовые потоки тепла и водяного пара в Москве на порядок меньше, чем региональные нормы солнечной радиации и естественной испаряемости соответственно, однако в зимний период величины антропогенных и естественных вкладов сопоставимы.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

-
- Результаты получены в рамках научного проекта, поддержанного Российским научным фондом (грант 16-19-10568).
 - В.В.Клименко благодарит Минобрнауки за финансовую поддержку (государственное задание № 13.4662.2017/ВУ)