

П. К. Катышев, Ю. А. Хакимова

Экологические факторы и ценообразование на рынке недвижимости (на примере г. Москвы)

В статье рассматриваются модели ценообразования на рынке недвижимости Москвы, включающие факторы, характеризующие состояние окружающей среды. Установлена значимая связь между ценой квартиры и концентрацией оксида углерода в воздухе, а также с расстоянием до ближайших промышленных предприятий. Влияние концентраций других вредных примесей (оксида и диоксида азота) на цены квартир не выявлено.

Ключевые слова: гедонистические модели; рынок недвижимости; экологические факторы.

JEL classification: C21; C51.

1. Введение

Проблема загрязнения окружающей среды стала в последние десятилетия одной из наиболее важных для крупных городов во всех странах мира, и Москва не является исключением. Заметное сокращение числа промышленных предприятий в черте города и, как следствие, уменьшение вредных выбросов в значительной степени было «скомпенсировано» интенсивным ростом автомобильного парка. Высокий уровень загрязнения среды обитания оказывает отрицательное влияние на качество жизни горожан. У этой проблемы, естественно, много разных аспектов. В данной работе анализируется связь экологических факторов с ценами на рынке недвижимости. Очевидно, что чем выше качество окружающей среды, тем выше цена квартиры при прочих равных ее характеристиках. На рынке недвижимости Москвы это находит свое реальное отражение: квартиры на юге и юго-востоке в среднем дешевле аналогичных квартир на западе и юго-западе столицы, что, как правило, объясняется разным состоянием окружающей среды. Возникает естественный вопрос, можно ли количественно оценить влияние экологического фактора на цену квартиры. Ответ на него требует, в первую очередь, нахождения достаточно адекватных измерителей качества окружающей среды. В этом состоит главная трудность исследования, поскольку понятие «качество окружающей среды» в применении к городским квартирам включает большое число факторов, многие из которых трудно или невозможно описать в количественных терминах (наличие достаточного количества зеленых насаждений, возможность совершать комфортные прогулки недалеко от дома, близость крупных магистралей или промышленных предприятий и т. п.). Данная работа является продолжением статьи (Катышев, Эйсмонт, 2010), в которой использован подход, основанный на использовании гедонистических моделей. В (Катышев, Эйсмонт, 2010) удалось установить, что на цены квартир значимо влияет содержание вредных веществ в воздухе (окись углерода, двуокись азота). В данной работе расширяется набор экологических факторов, включаемых в модели,

что позволяет получить новые выводы об их влиянии на цены квартир в Москве. Следует также отметить два обстоятельства. Первое — статья (Катышев, Эйсмонт, 2010) основана на данных, полученных до начала финансового кризиса, так что можно ожидать некоторые изменения моделей ценообразования на рынке недвижимости. Второе — за последние годы появились более полные данные о содержании вредных примесей в воздухе, что позволяет уточнить полученные ранее результаты.

Для решения проблем экономической оценки качества окружающей среды, начиная с 70-х годов, в мире стали разрабатываться так называемые гедонистические модели (hedonic models). Суть этих моделей заключается в том, чтобы оценить готовность населения платить за качество окружающей среды на основе рыночных цен товаров, которые, в свою очередь, зависят от качества окружающей среды. Таким товаром могут служить, например, квартиры, для которых существует соответствующий рынок. Хотя эмпирические исследования по оценке готовности потребителей платить за качество окружающей среды проводились достаточно давно, научно обоснованный подход к решению этой проблемы был впервые изложен в (Rosen, 1974). С тех пор по этой тематике опубликовано большое количество работ (см., например, монографии (Braden, Kolstad, 1998; Champ et al., 2003)). Отметим статью (Magnus, Peresetsky, 2010), где также исследуется рынок недвижимости в Москве на основе гедонистических моделей. Для более подробного описания теории гедонистических моделей отсылаем читателя к работе (Катышев, Эйсмонт, 2010).

Сделаем еще одно важное замечание. Если в результате оценивания соответствующих моделей получается статистически значимая связь между уровнем загрязнения воздуха в окрестности квартиры и ее ценой, то из этого вовсе не следует, что продавец и покупатель непосредственно учитывают степень загрязненности воздуха при определении цены квартиры. Модель демонстрирует лишь наличие или отсутствие связи, но не всегда выявляет механизм реализации искомой зависимости. Тем не менее, модель позволяет получить количественную оценку влияния соответствующего фактора на цену квартиры, и этот фактор может быть использован для прогнозирования ценообразования. Кроме того, эти модели позволяют косвенно оценить готовность жителей Москвы платить за улучшение окружающей среды.

2. Исходные данные, первичный анализ данных

В работе использованы данные о 1016 квартирах, полученные с сайтов компаний «Real Estate» (<http://www.realestate.ru/>) и ЦИАН (<http://www.cian.ru/>). В качестве экологических факторов взяты средние за 2011 год значения концентраций оксида углерода (CO), оксида азота (NO) и двуоксида азота (NO₂). Эти данные доступны на сайте ГПБУ «Мосэкомониторинг» (<http://www.mosecom.ru/>). Помимо этого, рассматривалось расстояние от квартир до близлежащих промышленных предприятий. В качестве зависимых переменных рассматривались цена квартиры и стоимость одного квадратного метра общей площади квартиры. Объясняющие переменные можно разбить на следующие группы:

- характеристики площади (общая, жилая, кухня);
- местоположение квартиры (расстояние до центра, расстояние до ближайшей станции метро);
- тип дома (монолитный, панельный, блочный, кирпичный);

- этажность дома;
- количество комнат;
- экологические факторы (концентрация вредных примесей, расстояние до близлежащих промышленных предприятий).

Список переменных:

PRICE — цена квартиры (тыс. долл.);

TOTSP — общая площадь квартиры (кв. м);

LIVESP — жилая площадь (кв. м);

KITSP — площадь кухни (кв. м);

DIST — расстояние до центра (время поездки в минутах от ближайшей станции метро до станции «Охотный ряд»);

METRDIST — время достижения в минутах ближайшей станции метро пешком или на транспорте;

WALK — бинарная переменная, равная 1, если метро достижимо пешком;

MONO — бинарная переменная, равная 1, если дом монолитный;

BRICK — бинарная переменная, равная 1, если дом кирпичный;

PANEL — бинарная переменная, равная 1, если дом панельный;

BLOCK — бинарная переменная, равная 1, если дом блочный;

FLOORS — этажность дома;

FLOOR_1 — бинарная переменная, равная 1, если квартира расположена на первом этаже;

FLOOR_L — бинарная переменная, равная 1, если квартира расположена на последнем этаже;

ROOMS_<i> — бинарная переменная, равная 1, если в квартире *i* комнат (*i* = 1, 2, 3, 4);

CO — концентрация оксида углерода (угарного газа) в воздухе (мг/м³);

NO — концентрация оксида азота в воздухе (мг/м³);

NO₂ — концентрация диоксида азота в воздухе (мг/м³);

DIST_TO_FACTORY — расстояние до ближайшего промышленного предприятия (км).

В таблице 1 приведены основные описательные статистики цен, общей площади, жилой площади, площади кухни и расстояния до центра города квартир, вошедших в выборку.

Таблица 1. Описательные статистики цены площади и расстояния

	Цена (тыс. долл.)	Общая площадь (кв. м)	Жилая площадь (кв. м)	Площадь кухни (кв. м)	Расстояние до центра*
Среднее	277.3	53.1	32.3	8.5	24.4
Медиана	241.6	48.0	30.0	9.0	24.0
Максимум	961.5	148.0	105.0	25.0	50.0
Минимум	133.9	25.0	13.0	5.0	4.0
Стандартное отклонение	118.8	19.3	13.8	2.3	8.6
Число наблюдений	1016	1016	1016	1016	1016

Примечание. * — время в минутах поездки на метро от ближайшей станции до станции «Охотный ряд».

На рисунке 1 представлена гистограмма распределения цен квартир.

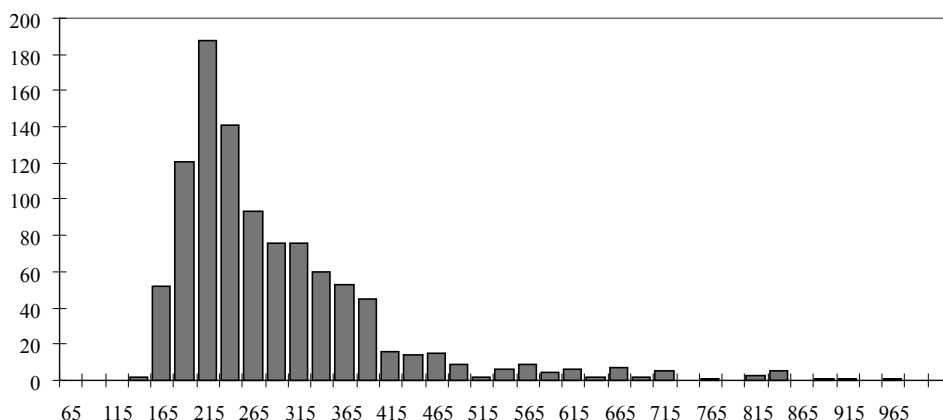


Рис. 1. Гистограмма цен квартир, *PRICE* (тыс. долл.)

Распределение скошено вправо, что является характерным для цен на недвижимость. По типу домов квартиры в выборке распределены следующим образом:

- панельные дома — 62.3%;
- кирпичные дома — 27.7%;
- блочные дома — 7.8%;
- монолитные дома — 2.2%.

Распределение по количеству комнат:

- однокомнатные — 31.8%;
- двухкомнатные — 40.6%;
- трехкомнатные — 22.3%;
- четырехкомнатные — 5.3%.

Из всей выборки 8.9% квартир расположены на первом этаже, 11.1% — на последнем. В таблице 2 приведены описательные статистики концентраций вредных примесей.

Таблица 2. Описательные статистики *CO*, *NO* и *NO₂*, мг/м³

	<i>CO</i>	<i>NO</i>	<i>NO₂</i>
Среднее	0.44	0.02	0.04
Медиана	0.40	0.02	0.04
Максимум	0.70	0.06	0.07
Минимум	0.30	0.01	0.02
Стандартное отклонение	0.11	0.01	0.01
Число наблюдений	1016	1016	1016

Эти показатели имеют довольно высокие коэффициенты корреляции: $\text{Corr}(CO, NO) = 0.419$, $\text{Corr}(CO, NO_2) = 0.629$, $\text{Corr}(NO, NO_2) = 0.647$, что при оценивании моделей может стать источником мультиколлинеарности.

Завершая первичный анализ данных, приведем гистограмму распределения переменной *DIST_TO_FACTORY* (расстояние до близлежащего промышленного предприятия) см. рис. 2.

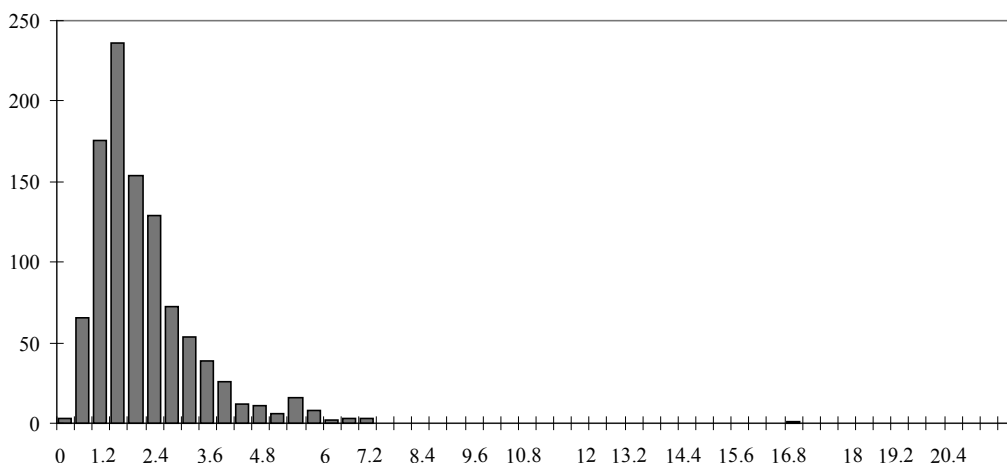


Рис. 2. Гистограмма расстояния до близлежащего предприятия, $DIST_TO_FACTORY$ (км)

Для выявления влияния экологических факторов на цену квартиры рассмотрим несколько моделей:

- линейные модели, зависимая переменная — цена квартиры;
- логарифмические модели, зависимая переменная — логарифм цены;
- линейные модели, зависимая переменная — цена квадратного метра общей площади.

3. Линейные модели

Приведем результаты оценивания линейных моделей для цены квартиры при различных наборах объясняющих переменных. Переменная $ADDSP$ определяется равенством $ADDSP = TOTSP - LIVESP - KITSP$ и представляет суммарную площадь дополнительных помещений (ванная комната, туалет, коридор и т. п.).

Поскольку тест Уайта уверенно отвергает нулевую гипотезу о гомоскедастичности, то в табл. 3 приведены состоятельные оценки стандартных ошибок, полученные с помощью процедуры Уайта.

Модель 1 — это обычная линейная модель для цены квартиры, учитывающая основные ее характеристики. В модель 2 в качестве объясняющих переменных включены только экологические факторы. Результаты оценивания выглядят парадоксальными: коэффициент при NO положителен и значим на 10%-ном уровне (чем выше концентрация оксида азота, тем дороже квартира), коэффициент при $DIST_TO_FACTORY$ отрицателен и значим на 5%-ном уровне (чем дальше от дома завод, тем дешевле квартира). Однако при объединении объясняющих переменных (модель 3) получается вполне осмысленный результат: концентрация CO высоко значимо отрицательно связана с ценой квартиры, а расстояние до ближайшего промышленного предприятия связано с ценой положительно и тоже имеет 5%-ный уровень значимости. Концентрации оксида и диоксида азота оказались незначимыми, что может быть следствием отмеченной выше достаточно высокой корреляции этих факторов с концентрацией CO . Исключая эти переменные, получаем модель 4, в которой уже все факторы значимы либо на 5%-ном, либо на 1%-ном уровнях. В соответствии с моделью 4 при прочих равных условиях:

Таблица 3. Линейные модели. Зависимая переменная — цена квартиры (*PRICE*)

Объясняющие переменные	Модель 1	Модель 2	Модель 3	Модель 4
<i>CONSTANT</i>	47.16*** (8.65)	337.03*** (17.85)	76.01*** (10.69)	76.01*** (10.67)
<i>LIVESP</i>	5.03*** (0.15)		5.03*** (0.15)	5.02*** (0.23)
<i>KITSP</i>	9.11*** (0.75)		9.02*** (0.75)	9.07*** (0.83)
<i>ADDSP</i>	4.98*** (0.43)		4.95*** (0.42)	4.97*** (0.54)
<i>DIST</i>	-2.92*** (0.19)		-3.13*** (0.20)	-3.11*** (0.24)
<i>METRDIST</i>	-2.27*** (0.37)		-2.40*** (0.37)	-2.44*** (0.37)
<i>MONO</i>	24.43** (10.74)		27.53*** (10.65)	27.48** (13.68)
<i>BRICK</i>	7.30* (3.74)		7.90** (3.65)	7.75** (3.68)
<i>BLOCK</i>	-8.09 (5.72)			
<i>FLOOR_1</i>	-27.67*** (5.22)		-26.98*** (5.15)	-27.05*** (4.20)
<i>FLOOR_L</i>	-14.87*** (4.72)		-13.95*** (4.66)	-13.90*** (4.11)
<i>WALK</i>	30.16*** (3.32)		29.32*** (3.31)	29.55*** (3.11)
<i>CO</i>		-146.72*** (38.22)	-64.83*** (17.54)	-62.45*** (14.50)
<i>NO</i>		654.57* (350.19)	167.59 (165.63)	
<i>NO₂</i>			-66.27 (180.86)	
<i>DIST_TO_FACTORY</i>		-7.00** (3.14)	3.13** (1.41)	2.94** (1.40)
<i>R²</i>	0.850	0.017	0.854	0.854

Примечание. В скобках указаны значения стандартных ошибок. ***, **, * — значимость на 1, 5 и 10%-ном уровне соответственно.

• увеличение концентрации оксида углерода на 0.1 мг/м³ связано с уменьшением цены квартиры в среднем на 6.2 тыс. долл.;

• увеличение расстояния до ближайшего промышленного предприятия на 0.5 км связано с увеличением цены квартиры в среднем на 1.5 тыс. долл.

Средняя цена квартиры по выборке равна 278 тыс. долл., поэтому оценка влияния концентрации угарного газа кажется завышенной. Это может быть следствием того, что линей-

ная спецификация не является достаточно адекватной. Рассматриваемые ниже логарифмические модели дают качественно те же выводы, что и линейные модели, но получаемая в них оценка влияния указанного фактора выглядит более правдоподобной.

4. Логарифмические модели

На рисунках 3 и 4 приведены графики зависимости (диаграммы рассеяния) цены квартиры от ее общей площади и логарифма цены квартиры от логарифма общей площади.

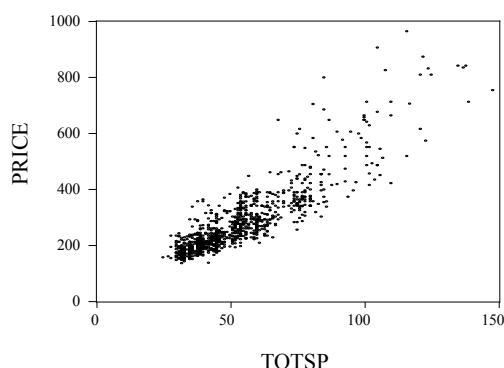


Рис. 3. Зависимость цены от общей площади

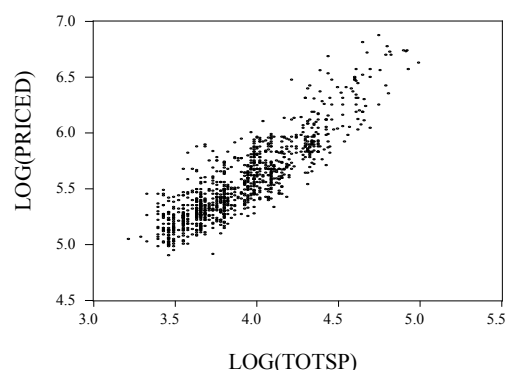


Рис. 4. Зависимость логарифма цены от логарифма общей площади

Видно, что на рис. 4 линейная зависимость проявляется более явно, чем на рис. 3. Поэтому целесообразно рассмотреть модели, где зависимой переменной является логарифм цены, а основными объясняющими переменными — логарифмы соответствующих факторов. Обозначать логарифм какой-либо переменной будем добавлением буквы *L* перед старым названием этой переменной, например, $\ln(PRICE) = LPRICE$, $\ln(LIVESP) = LLIVESP$ и т. д.

Таблица 4. Логарифмические модели. Зависимая переменная — логарифм цены квартиры (*LPRICE*)

Объясняющие переменные	Модель 1	Модель 2	Модель 3
<i>CONSTANT</i>	3.404*** (0.065)	3.484*** (0.067)	3.482*** (0.067)
<i>LLIVESP</i>	0.510*** (0.016)	0.513*** (0.016)	0.514*** (0.016)
<i>LKITSP</i>	0.293*** (0.018)	0.297*** (0.017)	0.295*** (0.017)
<i>LADDSP</i>	0.209*** (0.015)	0.202*** (0.015)	0.202*** (0.015)
<i>LDIST</i>	-0.218*** (0.012)	-0.230*** (0.013)	-0.229*** (0.013)
<i>LMETRDIST</i>	-0.041*** (0.007)	-0.043*** (0.007)	-0.042*** (0.007)

Окончание табл. 4

Объясняющие переменные	Модель 1	Модель 2	Модель 3
<i>MONO</i>	0.065* (0.036)	0.084** (0.034)	0.084** (0.034)
<i>BRICK</i>	0.017 (0.011)	0.022** (0.011)	0.023** (0.011)
<i>BLOCK</i>	-0.024* (0.013)	-0.024* (0.013)	-0.023* (0.013)
<i>FLOOR_1</i>	-0.095*** (0.013)	-0.095*** (0.012)	-0.095*** (0.012)
<i>FLOOR_L</i>	-0.052*** (0.012)	-0.050*** (0.012)	-0.050*** (0.012)
<i>WALK</i>	0.095*** (0.009)	0.095*** (0.009)	0.094*** (0.009)
<i>CO</i>		-0.084** (0.041)	-0.104*** (0.037)
<i>NO</i>		-0.463 (0.320)	
<i>LDIST_TO_FACTORY</i>		0.022*** (0.007)	0.023*** (0.007)
R^2	0.873	0.878	0.877

Примечание. В скобках указаны значения стандартных ошибок. ***, **, * — значимость на 1, 5 и 10%-ном уровне соответственно.

Логарифмические модели дают качественные выводы, похожие на те, что получены с использованием линейных моделей: из четырех экологических факторов значимыми оказались концентрация угарного газа и расстояние до ближайшего промышленного предприятия. Следует отметить небольшое повышение значимости модели — переменная *BLOCK* значима на 10%-ном уровне. В соответствии с итоговой моделью 3 (см. табл. 4):

- увеличение концентрации угарного газа на 0.1 мг/м³ связано с удешевлением квартиры примерно на 1%;
- увеличение расстояния до ближайшего промышленного расстояния на 1% связано с подорожанием квартиры на 0.023%.

В данном случае численная оценка влияния концентрации угарного газа выглядит более адекватной по сравнению с линейными моделями.

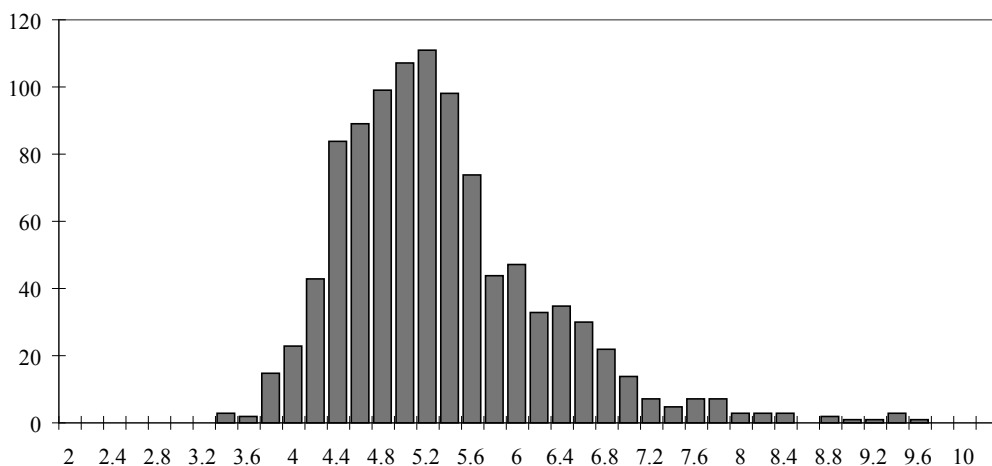
5. Модели для цены квадратного метра общей площади

Цена квадратного метра общей площади является (наряду с ценой квартиры) важнейшим показателем на рынке недвижимости. Поэтому интересно установить, находят ли в ней отражение экологические факторы. Обозначим эту переменную как *PRICE_M_SQ*, она определяется равенством $PRICE_M_SQ = PRICE / TOTSP$. Ее описательные статистики приведены в табл. 5.

Таблица 5. Описательные статистики цены квадратного метра общей площади (тыс. долл.)

Среднее	Медиана	Максимум	Минимум	Стандартное отклонение	Число наблюдений
5.23	5.07	9.49	3.23	0.918	1016

На рисунке 5 представлена гистограмма распределения этой переменной.

**Рис. 5.** Гистограмма цены квадратного метра общей площади, *PRICE_M_SQ* (тыс. долл.)

Как и в предыдущих разделах, рассмотрим модели без экологических факторов, только с экологическими факторами и модели с объединенными факторами (см. табл. 6).

Таблица 6. Линейные модели для цены квадратного метра общей площади (*PRICE_M_SQ*, тыс. долл.)

Объясняющие переменные	Модель 1	Модель 2	Модель 3	Модель 4
<i>CONSTANT</i>	6.555*** (0.116)	6.101*** (0.124)	6.123*** (0.136)	6.617*** (0.173)
<i>DIST</i>	-0.048*** (0.003)	-0.051*** (0.003)		-0.055*** (0.004)
<i>METRDIST</i>	-0.037 (0.005)	-0.039*** (0.005)		-0.043*** (0.005)
<i>MONO</i>	0.338* (0.179)			
<i>BRICK</i>	0.112* (0.061)	0.260*** (0.063)		0.248*** (0.062)
<i>FLOORS</i>		0.039*** (0.005)		0.039*** (0.005)
<i>FLOOR_1</i>	-0.561*** (0.072)	-0.468*** (0.071)		-0.453*** (0.067)
<i>FLOOR_L</i>	-0.338*** (0.067)	-0.224*** (0.066)		-0.204*** (0.064)
<i>ROOMS_2</i>	-0.196*** (0.052)	-0.174*** (0.051)		-0.166*** (0.050)

Окончание табл. 6

Объясняющие переменные	Модель 1	Модель 2	Модель 3	Модель 4
<i>ROOMS_3</i>	–0.446*** (0.062)	–0.416*** (0.061)		–0.415*** (0.059)
<i>WALK</i>	0.525*** (0.048)	0.553*** (0.047)		0.551*** (0.048)
<i>CO</i>			–1.888*** (0.337)	–1.093*** (0.222)
<i>NO</i>			–0.074 (3.518)	
<i>NO2</i>			4.399 (3.471)	
<i>DIST_TO_FACTORY</i>			–0.144*** (0.024)	0.063* (0.037)
<i>R</i> ²	0.380	0.414	0.057	0.441

Примечание. В скобках указаны значения стандартных ошибок. ***, * — значимость на 1, 10%-ном уровне соответственно.

Сравнение моделей 1 и 2 показывает, что для цены квадратного метра значимым фактором является этажность дома, в то время как тип дома практически не оказывает значимого влияния. Как и в предыдущих случаях, включение в модель только экологических факторов приводит к неадекватным результатам (модель 3). Итоговая модель 4, оцененная по совокупности факторов, вновь демонстрирует значимое отрицательное влияние концентрации угарного газа на цену квадратного метра. Следует отметить, что расстояние до ближайшего промышленного предприятия значимо лишь на 10%-ном уровне.

Наконец, приведем в табл. 7 результаты оценивания логарифмических моделей, полученные по той же схеме, что и для линейной модели. Зависимой переменной является логарифм цены квадратного метра общей площади.

Таблица 7. Логарифмическая модель для цены квадратного метра

Объясняющие переменные	Модель 1	Модель 2	Модель 3
<i>CONSTANT</i>	2.273*** (0.040)	1.748*** (0.022)	2.353*** (0.047)
<i>LDIST</i>	–0.214*** (0.011)		–0.225*** (0.013)
<i>LMETRDIST</i>	–0.040*** (0.007)		–0.042*** (0.007)
<i>BRICK</i>	0.035*** (0.010)		0.041*** (0.011)
<i>FLOORS</i>	0.007*** (0.001)		0.007*** (0.001)
<i>FLOOR_1</i>	–0.078*** (0.014)		–0.077*** (0.013)
<i>FLOOR_L</i>	–0.035*** (0.013)		–0.033*** (0.012)
<i>ROOMS_2</i>	–0.030*** (0.009)		–0.031*** (0.009)

Окончание табл. 7

Объясняющие переменные	Модель 1	Модель 2	Модель 3
<i>ROOMS_3</i>	−0.086*** (0.011)		−0.087*** (0.011)
<i>WALK</i>	0.094*** (0.009)		0.093*** (0.008)
<i>CO</i>		−0.229*** (0.048)	−0.107*** (0.036)
<i>LDIST_TO_FACTORY</i>		−0.032*** (0.007)	0.022*** (0.007)
R^2	0.444	0.035	0.462

Примечание. В скобках указаны значения стандартных ошибок. *** — значимость на 1%-ном уровне.

Вновь наблюдаем эффект неадекватности модели, включающей только экологические факторы: цена падает с увеличением расстояния до ближайшего промышленного предприятия. Наиболее приемлемой является модель 3: в ней все переменные имеют «правильные» знаки и значимы на 1%-ном уровне. Нетрудно заметить, что результаты оценивания хорошо согласуются с теми, что получены в разделах 4 и 5. В частности, увеличение концентрации угарного газа на 0.1 мг/м³ приводит к удешевлению на 1% цены квартиры (модель 3 в разделе 4, и фактически такой же вывод дает последняя модель (табл. 7)).

6. Заключение

Модели, рассмотренные в работе, выявляют устойчивую и значимую связь между двумя экологическими факторами — концентрацией оксида углерода (угарного газа) и расстоянием до ближайшего промышленного предприятия — и ценой недвижимости в Москве. Значимого влияния других факторов (концентрации оксида азота и диоксида азота) не обнаружено. Несмотря на то что по сравнению с концентрацией угарного газа вклад второй переменной невелик, она служит значимым индикатором экологической обстановки и также может использоваться как для прогнозирования цен недвижимости, так и для косвенной оценки готовности москвичей платить за улучшение качества окружающей среды.

Список литературы

Катышев П. К., Эйсмонт О. А. (2010). Оценка эффективности экологических проектов на примере г. Москвы. *Экономика и математические методы*, 46 (2), 23–34.

Braden J. D., Kolstad C. D. (1998). *Measuring the demand for environmental quality*. Elsevier Science B. V.

Champ P. A., Boyle K. J., Drown T. C. (Eds.) (2003). *A primer on nonmarket valuation*. Kluwer Academic Publishers.

Magnus J. R., Peresetsky A. A. (2010). The price of Moscow apartments. *Прикладная эконометрика*, 17(1), 89–105.

Rosen S. (1974). Hedonic prices and implicit markets: Product differentiation in pure competition. *Journal of Political Economy*, 82, 34–55.