

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВРЕДА НА СТОИМОСТЬ НЕДВИЖИМОСТИ

Аннотация. В статье описывается поэтапный анализ влияния экологического вреда на стоимость недвижимости. В анализе проводится соотнесение экологических факторов со стоимостью коммерческой и жилой недвижимостью в г. Москве при помощи классических эконометрических инструментов регрессионного анализа: коэффициент детерминации, F-критерий Фишера, t-критерий Стьюдента, коэффициенты корреляции Спирмена и Пирсона. С помощью регрессионного анализа автор приходит к выводу о наличии статистической зависимости между ценами на отдельные виды недвижимости и загрязнениями почвы.

Ключевые слова: экономика, экологический вред, анализ влияния экологического вреда, оценка недвижимости, учет влияния экологического вреда, экологические факторы, эконометрический анализ, экологическая обстановка, отходы потребления, коэффициент детерминации.

Возрастающее внимание к проблемам экологического характера, трудности анализа и учета влияния экологических факторов на стоимость объектов недвижимости приобретает с каждым годом все более весомый характер. Отсюда появляется необходимость точной оценки стоимости объектов, в том числе объектов недвижимости. Для решения этой проблемы необходима разработка современного теоретического и методического инструментария, который позволит не только получить достоверный анализ влияния экологических факторов, но и точно определить стоимость недвижимого имущества. Результаты эконометрического анализа возможно использовать для выделения из стоимости недвижимости той ее части, которая обуславливает влияние экологического вреда. Данная экологическая составляющая оценки недвижимости рассматривается в качестве оценки вреда от экологических нарушений.

Для проведения анализа и выявления влияния экологических загрязнений на цены недвижимого имущества, были выделены следующие экологические факторы (далее регрессоры (предикторы)):

- загрязнение атмосферы:
 - оксид углерода (CO);
 - диоксид азота (NO₂);
 - оксид азота (NO).
- максимальный уровень загрязнения почвы;
- средний уровень загрязненности почв.

Исходя из того, что минимальный уровень загрязнения почв невозможно использовать из-за множества одинаковых нулевых значений данного показателя, для исследования были взяты максимальные и средние (производная от максимального и минимального значений) показатели для каждого района.

Уровень доверия по умолчанию для всех тестов будем считать равным 95%.

Для исследования были определены следующие зависимые переменные (отклики):

- цена 1 кв. м жилой площади в руб.;
- цена 1 кв. м аренды офисных помещений в руб.;
- цена 1 кв. м аренды торговой площади в руб.

Для проведения расчетов были использованы следующие данные базы данных:

- данные о средних ценах предложений квартир в г. Москве на май 2011 г. (Рейтинг районов Москвы по стоимости квартир в мае 2011 года»);¹

¹ РБК Рейтинг. Рейтинг районов Москвы по стоимости квартир в мае 2011 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rating.rbc.ru/article.shtml?2011/06/03/33312528>

- данные о средних ценах предложений по арендным ставкам² на офисные помещения на май 2011 г.;³
- данные о средних ценах предложений по арендным ставкам на торговые помещения на май 2011 г.;⁴
- данные о состоянии окружающей среды по районам г. Москвы на основе базы данных о загрязнении атмосферного воздуха и почвы, собираемых ГПУ «Мосэкомониторинг» (Доклады о состоянии окружающей среды в городе Москве в 2007 и 2008 гг.).

Разница во временном периоде данных о ценах на квартиры и состоянии окружающей среды можно считать несущественным фактором, т. к. согласно ретроспективной информации экологическая ситуация в г. Москве по данным ГПУ «Мосэкомониторинг» на протяжении 2003-2008 гг. существенно не меняется. Данный факт может говорить о продолжающейся тенденции. Кроме того, достоверной информации об экологической ситуации в г. Москве за 2009 и 2010 г. в открытых источниках информации найдено не было.

Для определения эффективности моделей, а также статистической проверки верности нулевых гипотез⁵ использовались классические эконометрические критерии.⁶

- **R²** – коэффициент детерминации.
- **F-критерий Фишера** – показатель качества модели и её необходимости;
- **t-критерий Стьюдента** – показатель значимости коэффициентов регрессии.
- **Коэффициенты корреляции Спирмена и Пирсона.**

Все зависимые переменные подвергались одинаковым процедурам исследования и тестирования.

На **первом этапе** каждая зависимая переменная попарно сравнивалась с предиктором при помощи инструмента CurveFit программного комплекса SPSS 16.0 и определялся характер зависимости. Для теста были выбраны три типовых характера возможной зависимости: линейная, квадратичная, кубическая. Для графической иллюстрации характера зависимостей к каждому тесту был построен график рассеивания.

Второй этап заключался в построении множественной линейной регрессии с заданной зависимой переменной и всеми возможными включенными предикторами. Этот этап разобран более подробно в исследовании.

Константа включена во все тесты и модели, поскольку ситуация когда при нулевом (близком к нулевому) показателю СО недвижимость перестаёт стоить денег логически противоречива и не осуществима в реальности.

Учет влияния экологического вреда на стоимость жилой недвижимости

Максимально близкие к статистически значимым показателям значения выделены в таблице. Однако даже среди них нет ни одной статистически значимой зависимости, которую можно описать функционально.

² Так как на рынке коммерческой недвижимости г. Москвы отсутствует достаточное количество предложений о продаже в каждом из выбранных районов, в работе использовались данные об арендных ставках.

³ <http://www.arendator.ru>, <http://www.irr.ru>, <http://www.realto.ru>.

⁴ <http://www.arendator.ru>, <http://www.irr.ru>, <http://www.realto.ru>.

⁵ Свободная энциклопедия «Википедия». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Нулевая_гипотеза.

⁶ Елисеева И. И., Юзбашев М.М. Е51 Общая теория статистики: Учебник / Под ред. И.И. Елисеевой. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 656 с: ил. ISBN 5-279-02414-7

Таблица 1

Анализ зависимостей между средней ценой на квартиры и экологическим вредом, руб./м²

| Предиктор | Тип зависимости | R ² | Значимость F-теста | Значимость t-теста коэффициентов | | |
|--|-----------------------|----------------|--------------------|----------------------------------|--------------|-------|
| | | | | Лин. | Кв. | Куб. |
| CO | Линейная | 0,002 | 0,682 | 0,682 | | |
| | Квадратическая | 0,055 | 0,136 | 0,072 | 0,051 | |
| | Кубическая | 0,067 | 0,183 | 0,168 | 0,229 | 0,349 |
| NO | Линейная | 0,002 | 0,724 | 0,724 | | |
| | Квадратическая | 0,021 | 0,479 | 0,287 | 0,247 | |
| | Кубическая | 0,021 | 0,688 | 0,806 | 0,933 | 0,918 |
| NO ² | Линейная | 0,017 | 0,266 | 0,266 | | |
| | Квадратическая | 0,026 | 0,397 | 0,579 | 0,433 | |
| | Кубическая | 0,035 | 0,470 | 0,533 | 0,484 | 0,408 |
| Максимальное значение загрязнение почв | Линейная | 0,044 | 0,073 | 0,073 | | |
| | Квадратическая | 0,087 | 0,039 | 0,031 | 0,071 | |
| | Кубическая | 0,087 | 0,039 | 0,031 | 0,071 | Искл. |
| Среднее значение загрязнение почв | Линейная | 0,040 | 0,087 | 0,087 | | |
| | Квадратическая | 0,080 | 0,052 | 0,039 | 0,084 | |
| | Кубическая | 0,081 | 0,114 | 0,817 | 0,842 | 0,766 |

Линиями обозначены графики линейной, квадратичной и кубической функций.

На графике рассеивания значений средней цены (y) и уровня CO (x) визуальная зависимость отсутствуют.

На графике рассеивания значений средней цены (y) и максимального значения загрязнения почвы (x) визуальная зависимость отсутствуют.

На графике рассеивания значений средней цены (y) и уровня NO² (x) визуальная зависимость отсутствуют.

На графике рассеивания значений средней цены (y) и среднего уровня загрязнённости почв (x) визуальная зависимость отсутствуют.

Таблица 2

Множественная регрессионная модель:
описательная статистика

| Переменная | Среднее значение | Ст. отклонение | N |
|----------------------------------|------------------|----------------|----|
| Средняя цена квартиры, руб./кв.м | 121665,84 | 12092,737 | 74 |
| CO | 1,326 | 0,5232 | 74 |
| NO | 0,03178 | 0,010212 | 74 |
| NO ₂ | 0,02335 | 0,006850 | 74 |
| Среднее значение | 72,95 | 80,631 | 74 |
| Максимальное значение | 140,92 | 156,446 | 74 |

График 1

Рассеивания значений цены и уровней загрязнений

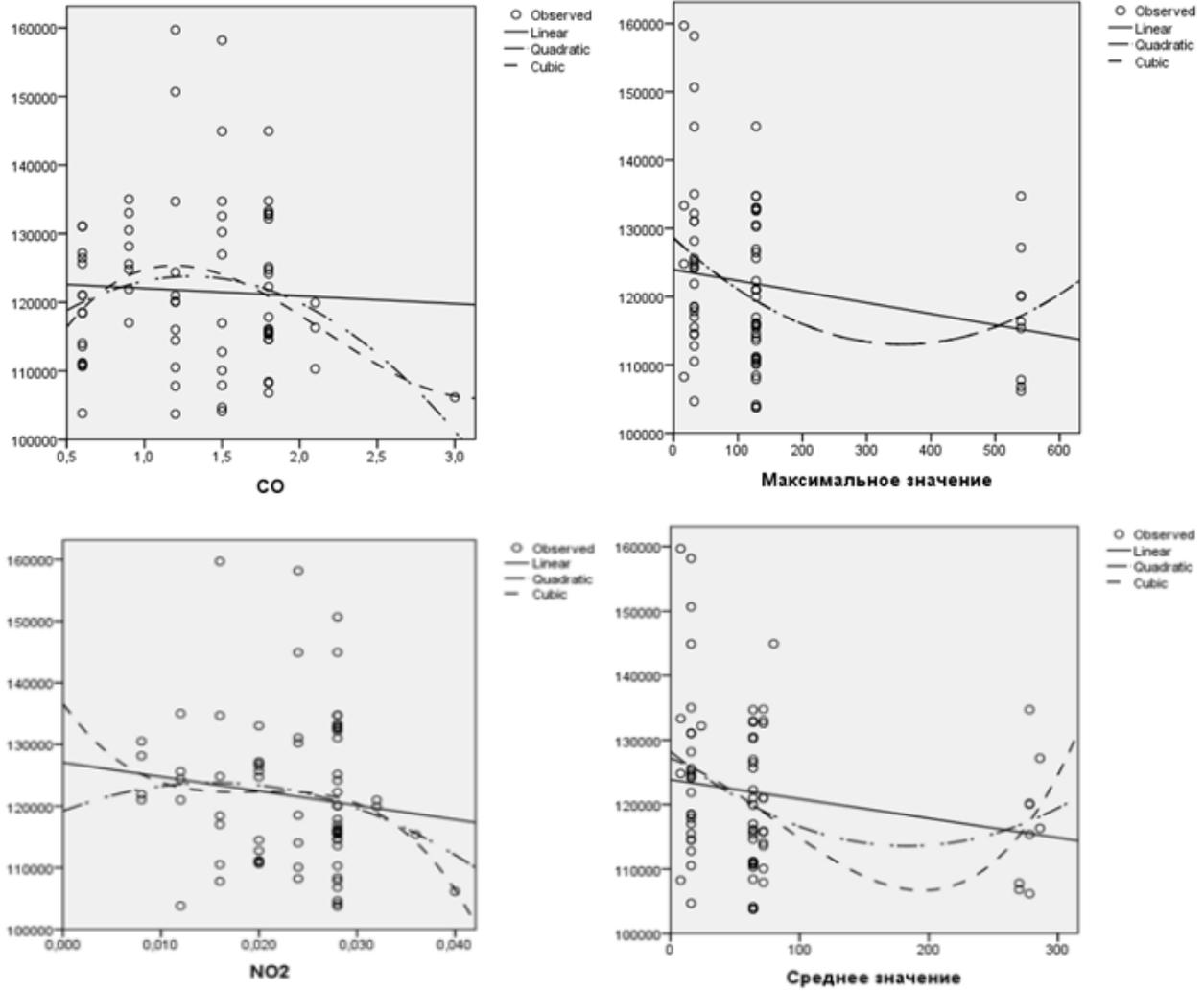


Таблица 3

Множественная регрессионная модель: корреляции

| | | Средняя цена квартиры, руб./кв. м | CO | NO | NO2 | Ср. значение | Макс. значение |
|--------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|-----------------|-------------------|
| Пирсон | Средняя цена квартиры, руб./кв. м | 1,000 | -0,048 | -0,042 | -0,131 | -0,200 | -0,209 |
| | CO | -0,048 | 1,000 | 0,267 | 0,661 | 0,189 | 0,187 |
| | NO | -0,042 | 0,267 | 1,000 | 0,510 | 0,099 | 0,096 |
| | NO2 | -0,131 | 0,661 | 0,510 | 1,000 | 0,305 | 0,298 |
| | Среднее значение | -0,200 | 0,189 | 0,099 | 0,305 | 1,000 | 0,999 |
| | Максимальное значение | -0,209 | 0,187 | 0,096 | 0,298 | 0,999 | 1,000 |

| | | Средняя цена квартиры, руб./кв. м | CO | NO | NO2 | Ср. значение | Макс. значение |
|-------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|-------|-----------------|-------------------|
| Значимость (правосторонн.) | Средняя цена квартиры, руб./кв. м | . | 0,341 | 0,362 | 0,133 | 0,044 | 0,037 |
| | CO | 0,341 | . | 0,011 | 0,000 | 0,054 | 0,055 |
| | NO | 0,362 | 0,011 | . | 0,000 | 0,201 | 0,208 |
| | NO2 | 0,133 | 0,000 | 0,000 | . | 0,004 | 0,005 |
| | Среднее значение | 0,044 | 0,054 | 0,201 | 0,004 | . | 0,000 |
| | Максимальное значение | 0,037 | 0,055 | 0,208 | 0,005 | 0,000 | . |

Из представленной выше таблице только 2 переменных (выделенные цветом) имеют статистически значимую корреляцию с описываемой переменной. Это показатели загрязненности почвы.

Также можно выделить статистически значимую корреляцию между предикторами: показатели CO, NO, NO² имеют умеренную связь друг с другом.

Распределение остатков подчиняется закону нормального распределения со смещенным средним. Это значит, что оставшиеся данные, не охваченные регрессионной моделью, сформированы случайно и нормально распределены.

Далее идут графики рассеивания отдельных переменных и цены на жилую недвижимость.

Таблица 4

Описание регрессионной модели

| Model | R | R ² | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|--------------------|----------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | 0,314 ^a | 0,099 | 0,032 | 11895,837 |

Коэффициент R² приблизительно равен 0,1, следовательно, регрессионная модель объясняет 10% общей дисперсии (разброса) данных. Это можно интерпретировать так, что на 10% стоимость жилья можно объяснить через показатели экологической обстановки района.

Как видно из графиков, явных визуальных связей и зависимостей не наблюдается, единственное, о чем можно рассуждать – это тенденции, что статистически не доказуемо в данной выборке.

Таблица 5

Результаты дисперсионного анализа (ANOVA^b (Analysis of variation))

| Model | | Сумма квадратов отклонений | Степени свободы | Средний квадрат | F | Значимость |
|-------|-----------|-------------------------------|--------------------|-----------------|-------|--------------------|
| 1 | Регрессия | 1,052E9 | 5 | 2,105E8 | 1,487 | 0,205 ^a |
| | Остатки | 9,623E9 | 68 | 1,415E8 | | |
| | Общее | 1,068E10 | 73 | | | |

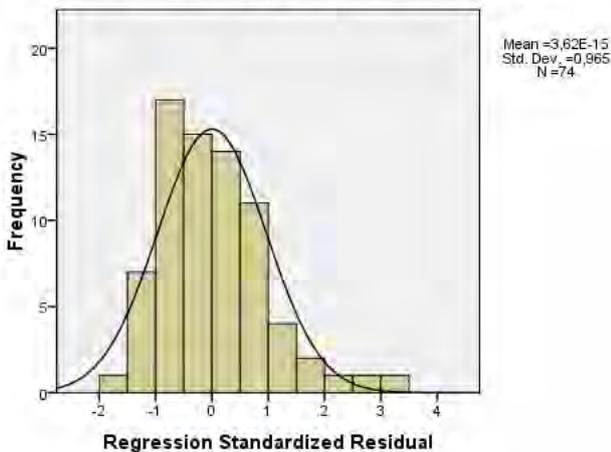
Коэффициенты регрессионной модели

| Model | Не стандартизированные коэффициенты | | Стандартизированные коэффициенты | t | Значимость. | 95% дов. интервал для B | |
|-----------------------|-------------------------------------|------------|----------------------------------|--------|-------------|-------------------------|-----------------|
| | B | Ошибка | Beta | | | Нижняя граница | Верхняя граница |
| (Constant) | 127059,615 | 5496,685 | | 23,116 | 0,000 | 116091,152 | 138028,078 |
| CO | 2129,869 | 3580,101 | 0,092 | 0,595 | 0,554 | -5014,111 | 9273,849 |
| NO | 39995,820 | 159957,160 | 0,034 | 0,250 | 0,803 | -279193,724 | 359185,363 |
| NO2 | -337868,626 | 319214,250 | -0,191 | -1,058 | 0,294 | -974850,745 | 299113,492 |
| Среднее значение | 716,888 | 381,669 | 4,780 | 1,878 | 0,065 | -44,720 | 1478,497 |
| Максимальное значение | -382,439 | 196,237 | -4,948 | -1,949 | 0,055 | -774,024 | 9,145 |

График 2

Распределение остатков

Dependent Variable: Средняя цена квартиры, руб./кв. м



Выводы по регрессионному анализу:

1. Статистически значимая корреляция обнаружена только между признаками:

- а. цена и средний уровень загрязнения почв;
- б. цена и максимальный уровень загрязнения почв.

Такое наблюдение довольно ожидаемо, поскольку средний уровень – производная от макси-

мального уровня. Поэтому мы можем утверждать, что статистически верно обнаружена корреляция $R_{pearson} = -0,2$ между ценой на жильё и загрязненностью почв.

Поскольку 0,2 по модулю число очень маленькое, то характер связи слабый. Знак минус говорит нам о том, что направленность связи обратная, т.е. при росте загрязненности почв падает цена на жильё.

2. Статистически верно, что при уровне доверия 95% (с вероятностью 0,95) максимально снижающие цену на жильё коэффициенты при переменных среднего и максимального уровня загрязнённости почв могут быть следующими:

- а. Средний уровень загрязнения почв = -44,72 руб. при увеличении показателя на 1;
- б. Максимальный уровень загрязнения почв = -774,024 при увеличении показателя на 1.

Учет влияния экологического вреда на стоимость офисной недвижимости

Максимально близкие к статистически значимым показателям значения выделены в таблице. Однако даже среди них нет ни одной статистически значимой зависимости, которую можно описать функционально.

Рассеивание отдельных переменных и цен на квартиры

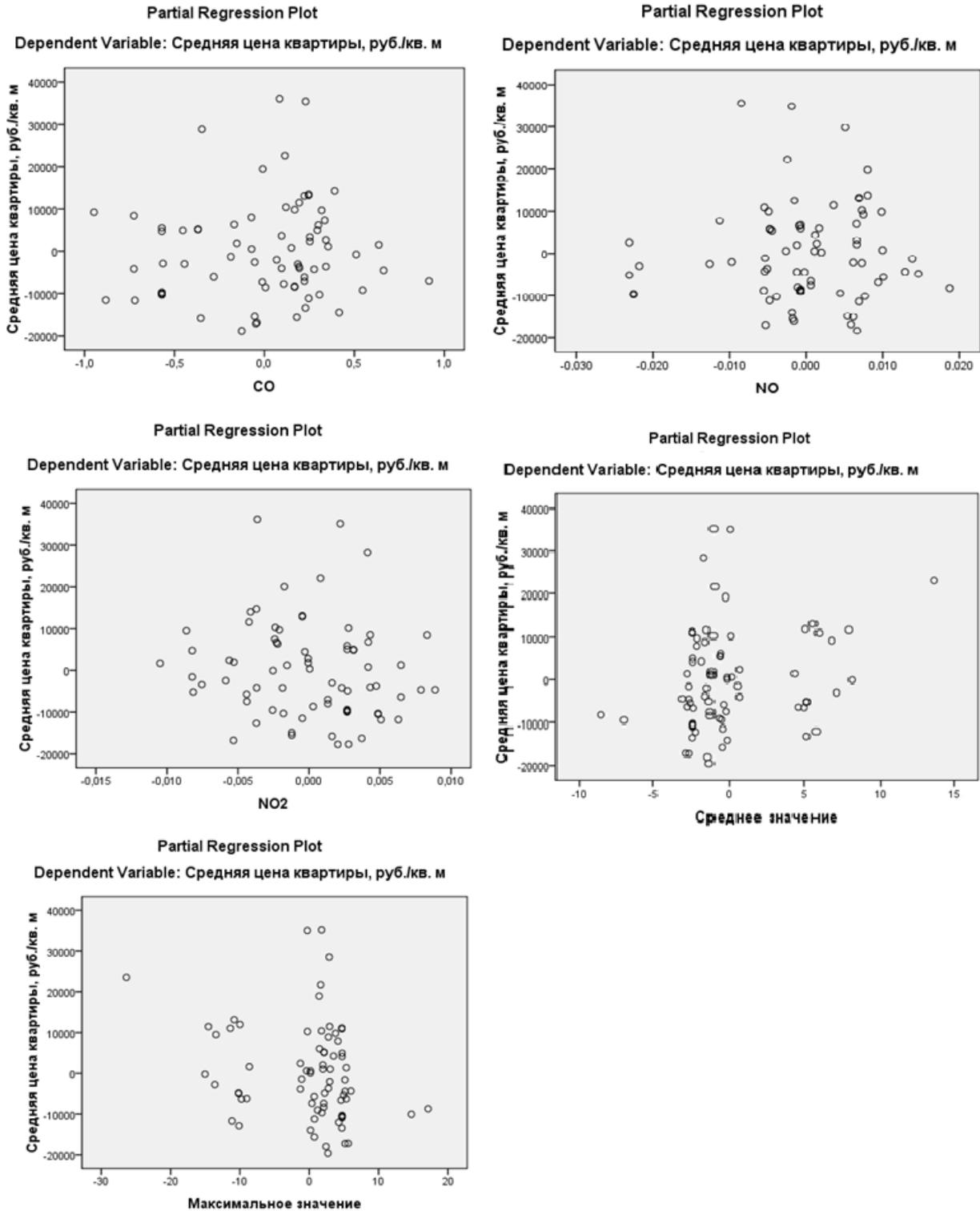


Таблица 7

Анализ зависимостей между средней ценой на офисные помещения и экологическим вредом, руб./кв. м.

| Предиктор | Тип зависимости | R ² | Значимость F-теста | Значимость t-теста коэффициентов | | |
|--|-----------------------|----------------|--------------------|----------------------------------|--------------|-------|
| | | | | Лин. | Кв. | Куб. |
| CO | Линейная | 0,008 | 0,443 | 0,443 | | |
| | Квадратическая | 0,085 | 0,043 | 0,033 | 0,017 | |
| | Кубическая | 0,092 | 0,077 | 0,197 | 0,278 | 0,452 |
| NO | Линейная | 0,043 | 0,076 | 0,076 | | |
| | Квадратическая | 0,104 | 0,021 | 0,080 | 0,032 | |
| | Кубическая | 0,105 | 0,049 | 0,366 | 0,484 | 0,721 |
| NO ² | Линейная | 0,041 | 0,084 | 0,084 | | |
| | Квадратическая | 0,085 | 0,044 | 0,149 | 0,070 | |
| | Кубическая | 0,086 | 0,097 | 0,893 | 0,971 | 0,753 |
| Максимальное значение загрязнение почв | Линейная | 0,040 | 0,087 | 0,087 | | |
| | Квадратическая | 0,058 | 0,120 | 0,134 | 0,249 | |
| | Кубическая | 0,058 | 0,120 | 0,134 | 0,249 | Искл. |
| Среднее значение загрязнение почв | Линейная | 0,039 | 0,092 | 0,092 | | |
| | Квадратическая | 0,056 | 0,127 | 0,138 | 0,256 | |
| | Кубическая | 0,060 | 0,225 | 0,384 | 0,561 | 0,605 |

Линиями обозначены графики линейной, квадратичной и кубической функций.

На графике рассеивания значений средней цены (y) и уровня CO, NO, NO², максимального значения загрязнения почвы и среднего уровня загрязнённости почв (x) визуальные зависимости отсутствуют.

Таблица 8

Множественная регрессионная модель: описательная статистика

| Переменная | Среднее значение | Ст. отклонение | N |
|-----------------------------------|------------------|----------------|----|
| Средняя цена квартиры, руб./кв. м | 10116,49 | 2422,674 | 74 |
| CO | 1,326 | 0,5232 | 74 |
| NO | 0,03178 | 0,010212 | 74 |
| NO ₂ | 0,02335 | 0,006850 | 74 |
| Среднее значение | 72,95 | 80,631 | 74 |
| Максимальное значение | 140,92 | 156,446 | 74 |

Рассеивания значений цены и уровней загрязнений

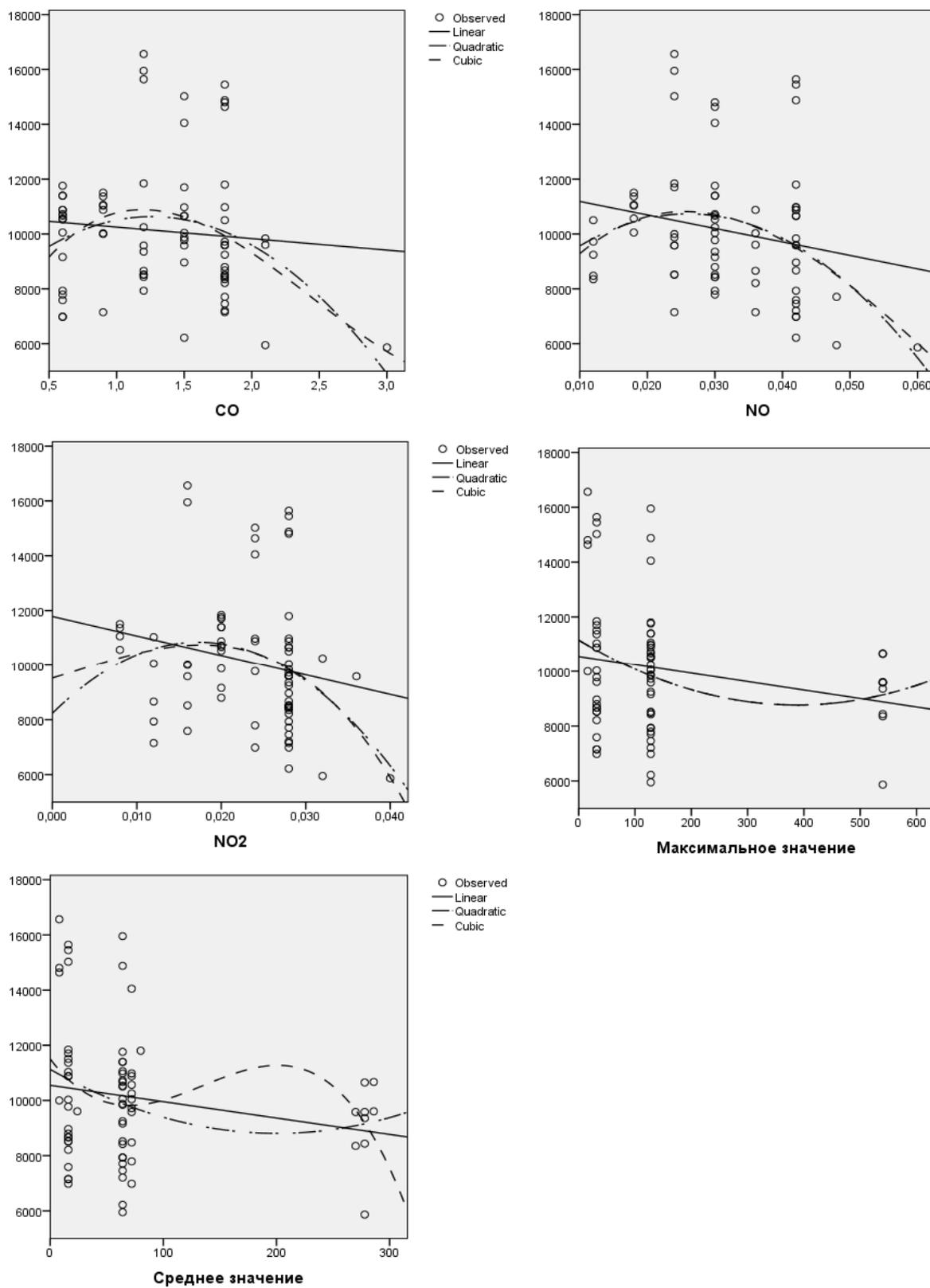


Таблица 9

Множественная регрессионная модель: корреляции

| | | Средняя цена квартиры, руб./кв. м | CO | NO | NO2 | Ср. значение | Макс. значение |
|------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------|--------|--------|-----------------|-------------------|
| Пирсон | Средняя цена квартиры, руб./кв. м | 1,000 | -0,091 | -0,207 | -0,202 | -0,197 | -0,200 |
| | CO | -0,091 | 1,000 | 0,267 | 0,661 | 0,189 | 0,187 |
| | NO | -0,207 | 0,267 | 1,000 | 0,510 | 0,099 | 0,096 |
| | NO2 | -0,202 | 0,661 | 0,510 | 1,000 | 0,305 | 0,298 |
| | Среднее значение | -0,197 | 0,189 | 0,099 | 0,305 | 1,000 | 0,999 |
| | Максимальное значение | -0,200 | 0,187 | 0,096 | 0,298 | 0,999 | 1,000 |
| Значимость (правосто- ронн.) | Средняя цена квартиры, руб./кв. м | . | 0,221 | 0,038 | 0,042 | 0,046 | 0,044 |
| | CO | 0,221 | . | 0,011 | 0,000 | 0,054 | 0,055 |
| | NO | 0,038 | 0,011 | . | 0,000 | 0,201 | 0,208 |
| | NO2 | 0,042 | 0,000 | 0,000 | . | 0,004 | 0,005 |
| | Среднее значение | 0,046 | 0,054 | 0,201 | 0,004 | . | 0,000 |
| | Максимальное значение | 0,044 | 0,055 | 0,208 | 0,005 | 0,000 | . |

Из представленной выше таблице можно сделать заключение, что все переменные (выделены цветом), кроме уровня CO, имеют статистически значимую корреляцию с описываемой переменной.

Также можно выделить статистически значимую корреляцию между предикторами: показателями загрязнения почвы и уровнем NO², которые имеют умеренную связь друг с другом.

Таблица 10

Описание регрессионной модели

| Model | R | R ² | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|--------------------|----------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | 0,297 ^a | 0,088 | 0,021 | 2397,028 |

Коэффициент R² приблизительно равен 0,09, следовательно, регрессионная модель объясняет 9% общей дисперсии (разброса) данных. Это можно интерпретировать так, что на 9% стоимость аренды офисных помещений можно объяснить через показатели экологической обстановки района.

Таблица 11

Результаты дисперсионного анализа (ANOVA^b (Analysis of variation))

| Model | Сумма квадратов отклонений | Степени свободы | Средний квадрат | F | Значимость. | |
|-------|-------------------------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|--------------------|
| 1 | Регрессия | 3,775E7 | 5 | 7550379,219 | 1,314 | 0,269 ^a |
| | Остатки | 3,907E8 | 68 | 5745743,305 | | |
| | Общее | 4,285E8 | 73 | | | |

Коэффициенты регрессионной модели

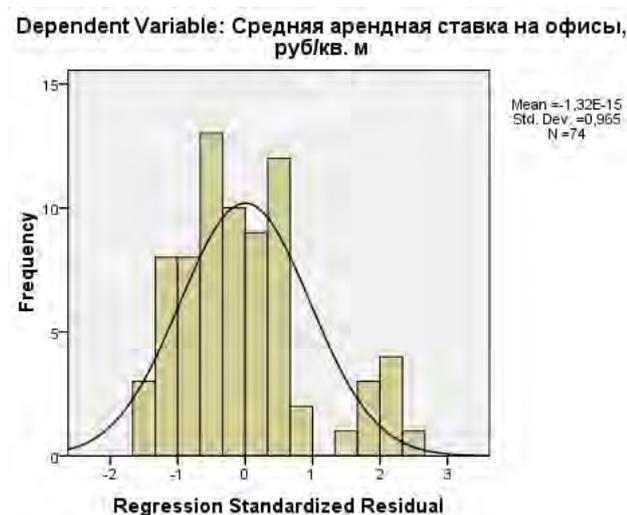
| Model | Не стандартизированные коэффициенты | | Стандартизированные коэффициенты | t | Значимость | 95% дов. интервал для В | |
|-----------------------|-------------------------------------|-----------|----------------------------------|--------|------------|-------------------------|-----------------|
| | В | Ошибка | Beta | | | Нижняя граница | Верхняя граница |
| (Constant) | 12265,963 | 1107,590 | | 11,074 | 0,000 | 10055,802 | 14476,124 |
| CO | 297,690 | 721,395 | 0,064 | 0,413 | 0,681 | -1141,832 | 1737,212 |
| NO | -34453,716 | 32231,595 | -0,145 | -1,069 | 0,289 | -98770,863 | 29863,431 |
| NO2 | -48246,674 | 64322,126 | -0,136 | -0,750 | 0,456 | -176599,477 | 80106,129 |
| Среднее значение | 54,570 | 76,907 | 1,816 | 0,710 | 0,480 | -98,895 | 208,035 |
| Максимальное значение | -30,536 | 39,542 | -1,972 | -0,772 | 0,443 | -109,441 | 48,369 |

Согласно полученным наблюдениям, ни один из коэффициентов не может считаться статистически значимым и использоваться в построении модели множественной линейной регрессии.

Как видно из графиков, явных визуальных связей и зависимостей не наблюдается, единственное, о чем можно рассуждать – это тенденции, что статистически не доказуемо в данной выборке.

График 5

Распределение остатков



Распределение остатков не подчиняется закону нормального распределения. Это говорит нам о том, что регрессионная модель не является статистически верной и не может быть использована.

Далее идут графики рассеивания отдельных переменных и арендной ставки на офисные помещения.

Выводы по регрессионному анализу:

1. Статистически значимая корреляция обнаружена между признаками:
 - a. Цена и уровень NO: $R_{\text{пирсона}} = -0,207$;
 - b. Цена и уровень NO²: $R_{\text{пирсона}} = -0,202$;
 - c. Цена и средний уровень загрязнения почвы: $R_{\text{пирсона}} = -0,197$;
 - d. Цена и максимальный уровень загрязнения почвы: $R_{\text{пирсона}} = -0,200$.

Все перечисленные выше коэффициенты корреляции статистически значимы, отрицательные числа и небольшие по модулю. Исходя из этого, можно сделать вывод о присутствии слабого обратного (негативного) влияния экологической обстановки на уровень арендной ставки офисных помещений.

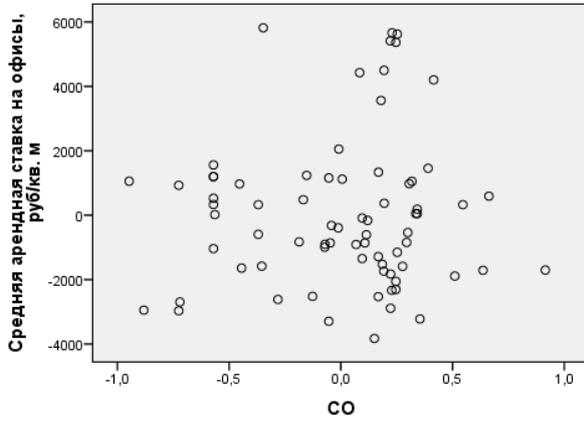
Регрессионная модель не может быть применена для поиска коэффициентов для предикторов, поскольку коэффициенты статистически не значимы, даже несмотря на наличие корреляции.

Учет влияния экологического вреда на стоимость торговых помещений

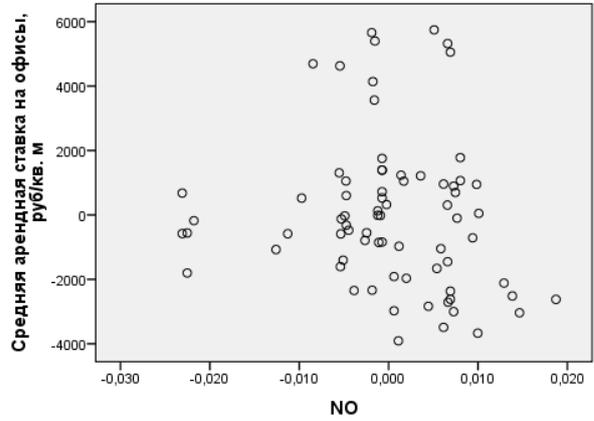
Статистически значимых или даже близких к статистически значимым показателей нет.

Рассеивание отдельных переменных и ставок аренды

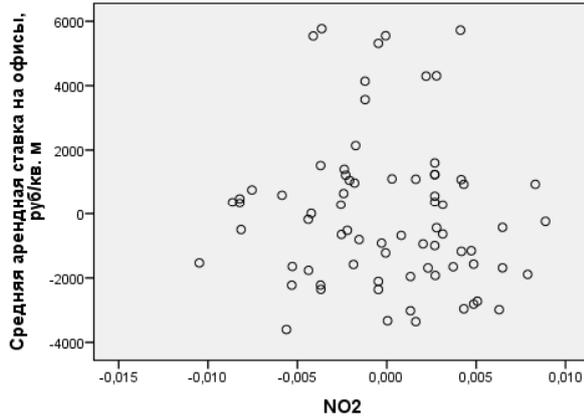
Dependent Variable: Средняя арендная ставка на офисы, руб/кв. м



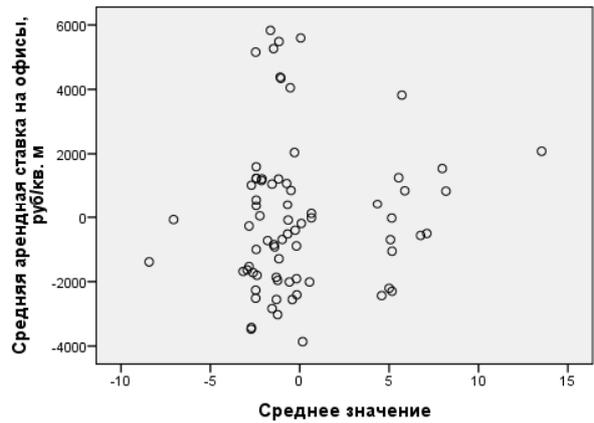
Dependent Variable: Средняя арендная ставка на офисы, руб/кв. м



Dependent Variable: Средняя арендная ставка на офисы, руб/кв. м



Dependent Variable: Средняя арендная ставка на офисы, руб/кв. м



Dependent Variable: Средняя арендная ставка на офисы, руб/кв. м

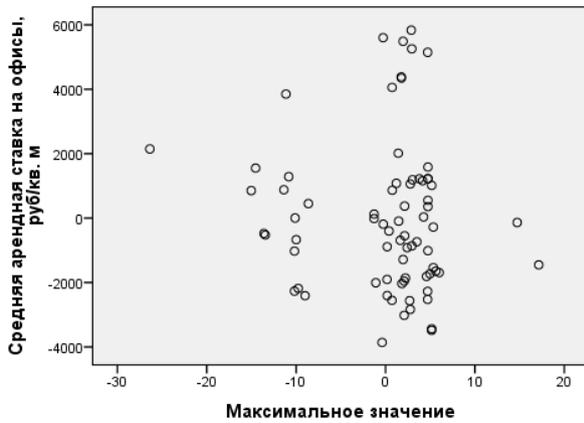


Таблица 13

Анализ зависимостей между средней ценой на торговые помещения и экологическим вредом, руб./кв. м.

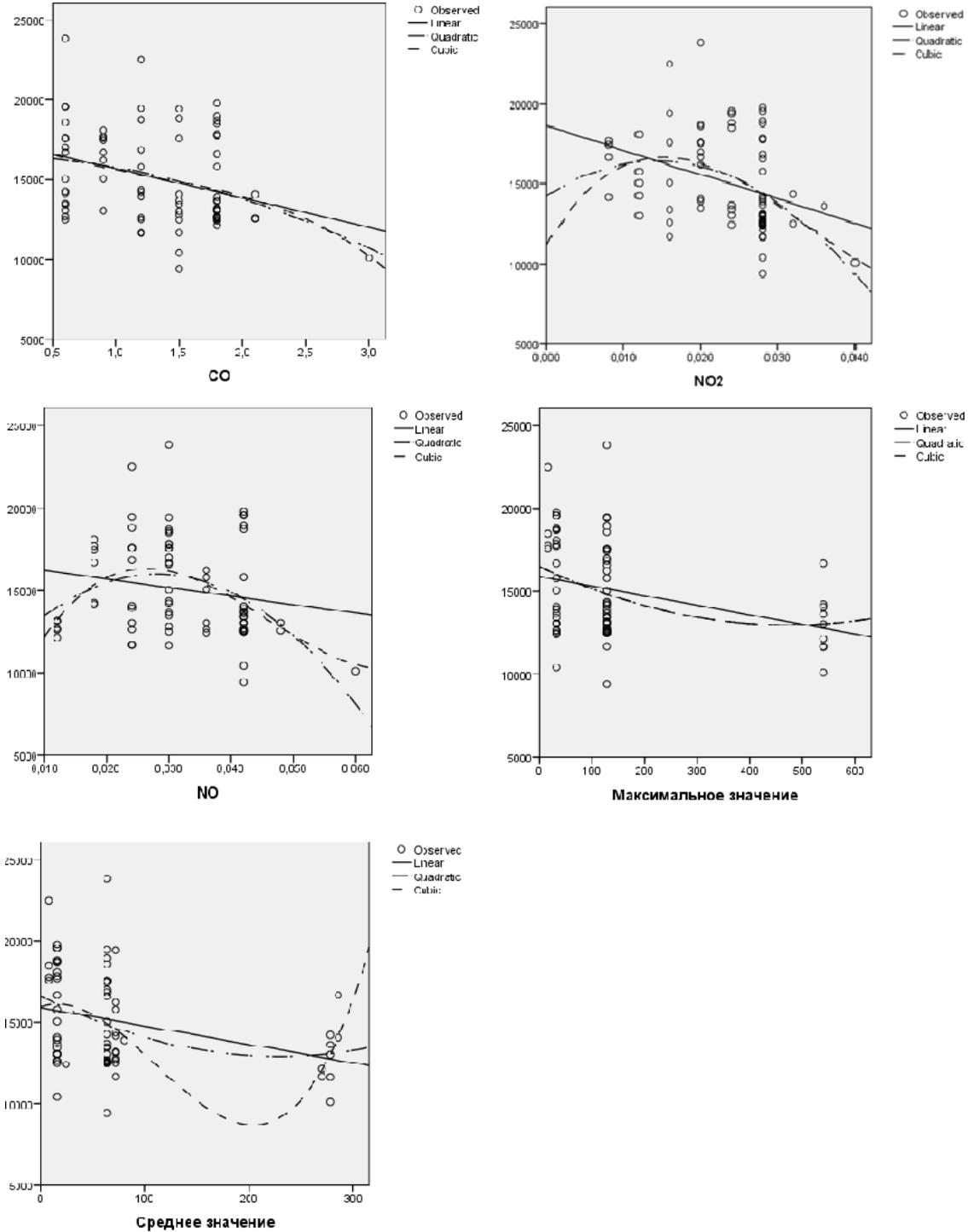
| Предиктор | Тип зависимости | R ² | Значимость F-теста | Значимость t-теста коэффициентов | | |
|--|-----------------|----------------|--------------------|----------------------------------|-------|-------|
| | | | | Лин. | Кв. | Куб. |
| CO | Линейная | 0,104 | 0,005 | 0,005 | | |
| | Квадратическая | 0,108 | 0,017 | 0,896 | 0,565 | |
| | Кубическая | 0,110 | 0,042 | 0,690 | 0,769 | 0,705 |
| NO | Линейная | 0,031 | 0,131 | 0,131 | | |
| | Квадратическая | 0,147 | 0,004 | 0,008 | 0,003 | |
| | Кубическая | 0,169 | 0,005 | 0,033 | 0,069 | 0,177 |
| NO ² | Линейная | 0,121 | 0,002 | 0,002 | | |
| | Квадратическая | 0,164 | 0,002 | 0,208 | 0,058 | |
| | Кубическая | 0,441 | 0,005 | 0,327 | 0,362 | 0,527 |
| Максимальное значение загрязнение почв | Линейная | 0,092 | 0,009 | 0,009 | | |
| | Квадратическая | 0,103 | 0,021 | 0,132 | 0,343 | |
| | Кубическая | 0,103 | 0,021 | 0,132 | 0,343 | Искл. |
| Среднее значение загрязнение почв | Линейная | 0,094 | 0,008 | 0,008 | | |
| | Квадратическая | 0,111 | 0,015 | 0,082 | 0,243 | |
| | Кубическая | 0,118 | 0,031 | 0,771 | 0,495 | 0,453 |

Таблица 14

Множественная регрессионная модель: описательная статистика

| Переменная | Среднее значение | Ст. отклонение | N |
|-----------------------------------|------------------|----------------|----|
| Средняя цена квартиры, руб./кв. м | 15081,45 | 2981,674 | 74 |
| CO | 1,326 | 0,5232 | 74 |
| NO | 0,03178 | 0,010212 | 74 |
| NO ₂ | 0,02335 | 0,006850 | 74 |
| Среднее значение | 72,95 | 80,631 | 74 |
| Максимальное значение | 140,92 | 156,446 | 74 |

Рассеивания значений цены и уровней загрязнений



Линиями обозначены графики линейной, квадратичной и кубической функций.

На графике рассеивания значений средней цены (y) и уровня CO, NO, NO₂, максимального значения загрязнения почвы и среднего уровня загрязнённости почв (x) визуальные зависимости отсутствуют.

Таблица 15

Множественная регрессионная модель: корреляции

| | | Средняя цена квартиры, руб./кв. м | CO | NO | NO2 | Ср. значение | Макс. значение |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| Пирсон | Средняя цена квартиры, руб./кв. м | 1,000 | -0,322 | -0,177 | -0,347 | -0,306 | -0,303 |
| | CO | -0,322 | 1,000 | 0,267 | 0,661 | 0,189 | 0,187 |
| | NO | -0,177 | 0,267 | 1,000 | 0,510 | 0,099 | 0,096 |
| | NO2 | -0,347 | 0,661 | 0,510 | 1,000 | 0,305 | 0,298 |
| | Среднее значение | -0,306 | 0,189 | 0,099 | 0,305 | 1,000 | 0,999 |
| | Максимальное значение | -0,303 | 0,187 | 0,096 | 0,298 | 0,999 | 1,000 |
| Значимость (правосторонн.) | Средняя цена квартиры, руб./кв. м | . | 0,003 | 0,066 | 0,001 | 0,004 | 0,004 |
| | CO | 0,003 | . | 0,011 | 0,000 | 0,054 | 0,055 |
| | NO | 0,066 | 0,011 | . | 0,000 | 0,201 | 0,208 |
| | NO2 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | . | 0,004 | 0,005 |
| | Среднее значение | 0,004 | 0,054 | 0,201 | 0,004 | . | 0,000 |
| | Максимальное значение | 0,004 | 0,055 | 0,208 | 0,005 | 0,000 | . |

Из представленной выше таблице можно сделать заключение, что все переменные, кроме уровня NO, имеют статистически значимую корреляцию с описываемой переменной, т.е. с арендной ставкой на торговые площади. Практически все предикторы коррелируют друг с другом, кроме уровня NO и показателей загрязнения почв.

Таблица 16

Описание регрессионной модели

| Model | R | R ² | Adjusted R Square | Std. Error of the Estimate |
|-------|--------------------|----------------|-------------------|----------------------------|
| 1 | 0,428 ^a | 0,183 | 0,123 | 2792,532 |

Коэффициент R² приблизительно равен 0,18, следовательно, регрессионная модель объясняет 18% общей дисперсии (разброса) данных. Это можно интерпретировать так, что на 18% стоимость аренды торговых площадей можно объяснить через показатели экологической обстановки района.

Таблица 17

Результаты дисперсионного анализа (ANOVA^b (Analysis of variation))

| Model | Сумма квадратов отклонений | Степени свободы | Средний квадрат | F | Значимость. | |
|-------|----------------------------|-----------------|-----------------|-------------|-------------|-------|
| 1 | Регрессия | 1,187E8 | 5 | 2,374E7 | 3,045 | 0,015 |
| | Остатки | 5,303E8 | 68 | 7798235,689 | | |
| | Общее | 6,490E8 | 73 | | | |

Так как коэффициент значимости F меньше, чем 0,05, то регрессионная модель лишена смысла, так как она хуже описывает данные, чем константа.

Таблица 18

Коэффициенты регрессионной модели

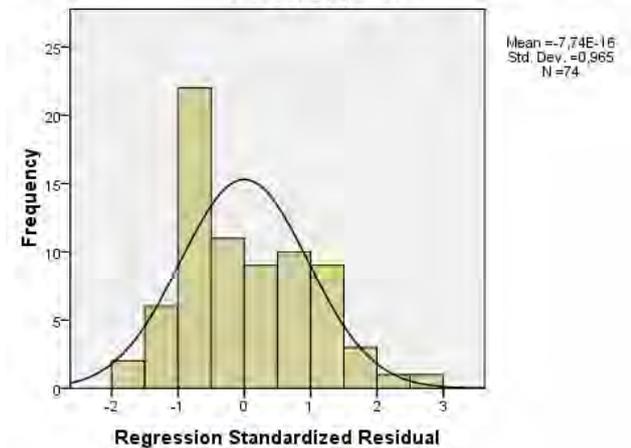
| Model | Не стандартизированные коэффициенты | | Стандартизированные коэффициенты | t | Значимость | 95% дов. интервал для B | | |
|-------|-------------------------------------|----------|----------------------------------|--------|------------|-------------------------|-----------------|----------|
| | B | Ошибка | Beta | | | Нижняя граница | Верхняя граница | |
| 1 | (Constant) | 127059,6 | 5496,685 | | 23,116 | 0 | 116091,2 | 138028,1 |
| | CO | 2129,869 | 3580,101 | 0,092 | 0,595 | 0,554 | -5014,11 | 9273,849 |
| | NO | 39995,82 | 159957,2 | 0,034 | 0,25 | 0,803 | -279194 | 359185,4 |
| | NO2 | -337869 | 319214,3 | -0,191 | -1,058 | 0,294 | -974851 | 299113,5 |
| | Среднее значение | 716,888 | 381,669 | 4,78 | 1,878 | 0,065 | -44,72 | 1478,497 |
| | Максимальное значение | -382,439 | 196,237 | -4,948 | -1,949 | 0,055 | -774,024 | 9,145 |

Согласно полученным наблюдениям, ни один из коэффициентов не может считаться статистически значимым и использоваться в построении модели множественной линейной регрессии.

График 8

Распределение остатков

Dependent Variable: Средняя арендная ставка на торговые площади, руб/кв. м



Распределение остатков не подчиняется закону нормального распределения. Это говорит нам о том, что регрессионная модель не является статистически верной и не может быть использована.

Далее идут графики рассеивания отдельных переменных и арендной ставки на торговые помещения.

Как видно из графиков, явных визуальных связей и зависимостей не наблюдается, единственное, о чем можно рассуждать – это тенденции, что статистически не доказуемо в данной выборке.

Выводы по регрессионному анализу:

1. Статистически значимая корреляция обнаружена между всеми признаками кроме NO:

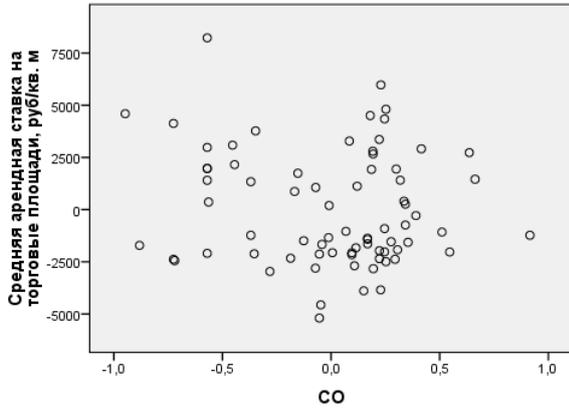
- a. Цена и уровень CO: $R_{\text{пирсона}} = -0,322$;
- b. Цена и уровень NO²: $R_{\text{пирсона}} = -0,347$;
- c. Цена и средний уровень загрязнения почвы: $R_{\text{пирсона}} = -0,306$;
- d. Цена и максимальный уровень загрязнения почвы: $R_{\text{пирсона}} = -0,303$.

Все перечисленные выше коэффициенты корреляции статистически значимые, отрицательные числа и небольшие по модулю. Исходя из этого, мы можем сделать вывод о присутствии слабого обратного (негативного) влияния экологической обстановки на уровень арендной ставки торговых помещений.

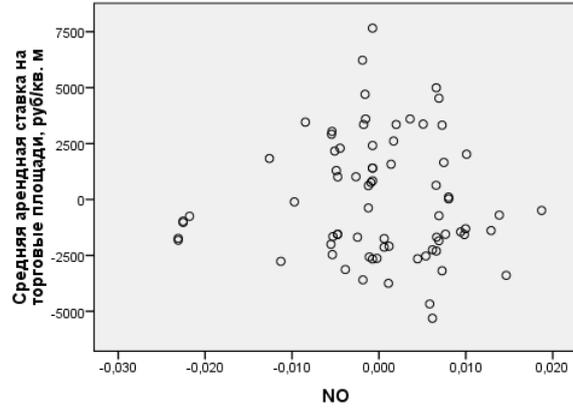
Регрессионная модель не может быть применена для поиска коэффициентов предикторов, поскольку коэффициенты и модель статистически не значимы, даже несмотря на наличие корреляции.

Рассеивание отдельных переменных и ставок аренды

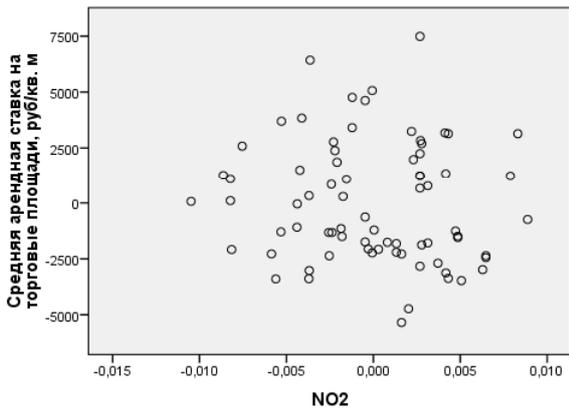
Partial Regression Plot
Dependent Variable: Средняя арендная ставка на торговые площади, руб/кв. м



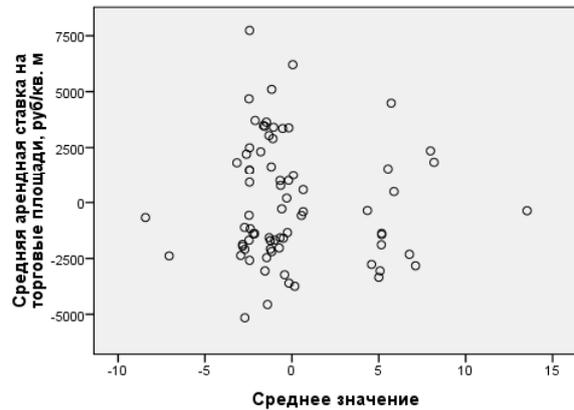
Partial Regression Plot
Dependent Variable: Средняя арендная ставка на торговые площади, руб/кв. м



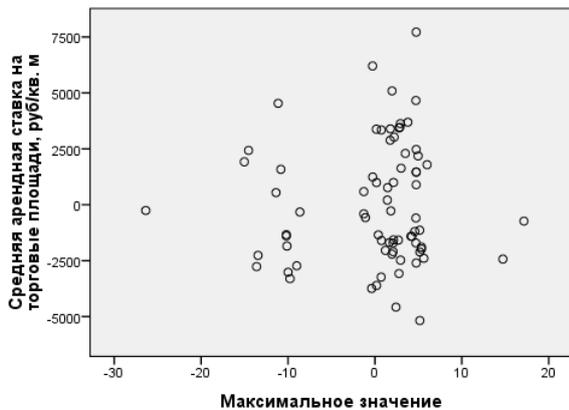
Partial Regression Plot
Dependent Variable: Средняя арендная ставка на торговые площади, руб/кв. м



Partial Regression Plot
Dependent Variable: Средняя арендная ставка на торговые площади, руб/кв. м



Partial Regression Plot
Dependent Variable: Средняя арендная ставка на торговые площади, руб/кв. м



Общие выводы:

Основываясь на проведенном регрессионном анализе с целью выявления зависимости стоимости недвижимости (квартир, офисных и торговых помещений) от экологической обстановки в районах г. Москвы, мы пришли к следующим выводам:

- влияние экологического вреда на стоимость недвижимости находится в обратной зависимости, т.е. чем хуже экологическая обстановка, тем дешевле объекты недвижимости в районе;
- анализ зависимостей между средней ценой на объекты недвижимости и экологическим вредом показал, что нет ни одной статистической значимой зависимости, которую можно описать функционально;
- анализ рассеивания значений цен на недвижимость и уровней загрязнений показал, что визуальные зависимости отсутствуют по всем объектам недвижимости;
- коэффициенты детерминации (R^2):
 - для квартир приблизительно равен 0,1, следовательно, регрессионная модель объясняет 10% общей дисперсии (разброса) данных;
 - для офисной недвижимости приблизительно равен 0,09, следовательно, регрессионная

модель объясняет 9% общей дисперсии (разброса) данных;

- для торговой недвижимости приблизительно равен 0,18, следовательно, регрессионная модель объясняет 18% общей дисперсии (разброса) данных.

Таким образом, стоимость недвижимого имущества зависит от показателей экологической обстановки района следующим образом:

- квартиры – 10%;
 - офисной недвижимости – 9%;
 - торговой недвижимости – 18%.
- Статистически верно, что при уровне доверия 95% (с вероятностью 0,95) максимально снижающие цену на жильё коэффициенты при переменных среднего и максимального уровня загрязнённости почв могут быть следующими:
 - средний уровень загрязнения почв = -44,72 руб. при увеличении показателя на 1;
 - максимальный уровень загрязнения почв = -774,024 при увеличении показателя на 1.

Таким образом, регрессионный анализ подтверждает наличие статистической зависимости только у цен на квартиры и загрязнений почвы.

Библиография

1. Елисеева И. И., Юзбашев М.М. Е51 Общая теория статистики: Учебник / Под ред. И.И. Елисеевой. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Финансы и статистика, 2004. — 656 с: ил. ISBN 5-279-02414-7.
2. РБК Рейтинг. Рейтинг районов Москвы по стоимости квартир в мае 2011 года. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rating.rbc.ru/article.shtml?2011/06/03/33312528>.
3. Свободная энциклопедия «Википедия». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ru.wikipedia.org/wiki/Нулевая_гипотеза.
4. <http://www.arendator.ru>.
5. <http://www.irr.ru>.
6. <http://www.realto.ru>.

References (transliteration)

1. Eliseeva I. I., Yuzbashev M.M. E51 Obshchaya teoriya statistiki: Uchebnik / Pod red. I.I. Eliseevoy. — 5-e izd., pererab. i dop. — M.: Finansy i statistika, 2004. — 656 s: il. ISBN 5-279-02414-7.
2. RBK Rejting. Rejting rayonov Moskvy po stoimosti kvartir v mae 2011 goda. [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: <http://rating.rbc.ru/article.shtml?2011/06/03/33312528>.
3. Svobodnaya entsiklopediya «Vikipediya». [Elektronnyy resurs]. – Rezhim dostupa: http://ru.wikipedia.org/wiki/Nulevaya_gipoteza.
4. <http://www.arendator.ru>.
5. <http://www.irr.ru>.
6. <http://www.realto.ru>.