

УДК 33

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ И ЕГО ВЛИЯНИЕ
НА ОБЪЕМ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ В РОССИИ: АНАЛИЗ
И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ****Смирнова В.А.,**

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород,
email: vsgpp23@mail.ru, jashinsn@yandex.ru

Яшин С.Н.,

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского,
Нижний Новгород,
email: vsgpp23@mail.ru, jashinsn@yandex.ru

***Аннотация.** Система обращения с отходами является одной из актуальных проблем XX века, которая требует комплексного подхода со стороны государства по ее устранению. Данный вопрос является особенно значимым для Российской Федерации, поскольку более 4 млн га земли занято мусорными свалками и данные показатели, к сожалению, ежегодно увеличиваются. Для осуществления эконометрического моделирования использовалась программа gretl. Описанный в статье метод моделирования может быть полезен Министерством экологии и природных ресурсов для улучшения государственного управления в сфере обращения с отходами.*

Ключевые слова: государственное управление, промышленные отходы, коммунальные отходы, прогнозирование, окружающая среда, эконометрическое моделирование.

**STATE ADMINISTRATION AND ITS IMPACT ON THE VOLUME OF WASTE
GENERATED IN RUSSIA: ANALYSIS AND FORECASTING****Smirnova V.A.,**

Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod,
email: vsgpp23@mail.ru, jashinsn@yandex.ru

Yashin S.N.,

Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky, Nizhny Novgorod,
email: vsgpp23@mail.ru, jashinsn@yandex.ru

***Abstract.** The waste management system is one of the pressing problems of the 21st century, which requires a comprehensive approach from the state to eliminate it. This issue is especially significant for the Russian Federation, since more than 4 million hectares of land are occupied by garbage dumps and these figures, unfortunately, increase annually. The gretl program was used to carry out econometric modeling. The modeling method described in the article can be useful for the Ministries of Ecology and Natural Resources to improve public administration in the field of waste management.*

Keywords: public administration, industrial waste, municipal waste, forecasting, environment, econometric modeling.

Государственное управление играет ключевую роль в повышении эффективности управления отходами в России. Однако, несмотря на усилия властей, проблема накопления отходов остается актуальной и требует комплексного анализа.

Согласно статистике, Россия является одним из крупнейших производителей отходов в мире. Каждый год в стране накапливается огромное количество как производственного, так и бытового мусора, что создает серьезные экологические проблемы. Государство принимает ряд мер для минимизации негативного воздействия отходов на окружающую среду, однако важно провести анализ текущего состояния и спрогнозировать динамику развития ситуации.

Цель исследования

Провести анализ текущей ситуации объема образования отходов в России и выполнить расчет прогнозных значений до 2030 года.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- осуществить сбор исходных данных об объемах образования отходов в России;
- построить эконометрическую модель и произвести ее оценку для определения значимости выбранных показателей;
- выполнить расчет прогнозных значений объема образования отходов до 2030 года.

Методология исследования

В целях подготовки настоящего научного исследования были использованы метод сравнительного и системного анализа, метод эконометрического моделирования и прогнозирования, а также теоретический анализ научной литературы.

Результаты исследования

Для анализа и прогнозирования объёма образования отходов в России были взяты данные из государственных докладов о состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации, а также данные социально-экономических показателей из статистических сборников Росстата [1-7].

Набор данных состоит из 13 наблюдений, перечень исследуемых данных представлен в таблице 1. Рассмотрим подробнее исследуемые переменные.

В качестве зависимой переменной выступает:

- «Образovanie, mln Tonn» – образование отходов, млн. тонн, (переменная y).

В качестве независимых переменных (регрессоров) выступают:

- «Yrov zanatost, %» – уровень занятости, % (переменная x1);
- «Yrov bezrabort, %» – уровень безработицы, % (переменная x2);
- «VVP, trln. rub» – ВВП, трлн. руб. (переменная x3).

Таблица 1

Перечень исследуемых данных

Years	Obrazovanie, mln. Tonn	Yrov zanatost, %	Yrov bezrabort, %	VVP, trln. rub
2010	3734,7	62,7	7,3	46308,5
2011	4303,3	63,9	6,5	60114
продолжение табл. 1				

окончание табл. 1				
2012	5007,9	64,9	5,5	68103,4
2013	5152,8	64,8	5,5	72985,7
2014	5168,3	65,3	5,2	79030
2015	5060,2	65,3	5,6	83087,4
2016	5441,3	65,7	5,5	85616,1
2017	6220,7	59,5	5,2	91843,2
2018	7266	59,8	4,8	103861,7
2019	7750,9	59,4	4,6	109608,3
2020	6955,7	58,4	5,8	107658,1
2021	8448,6	59,4	4,8	135773,8
2022	9017,3	59,8	3,9	155350,4

1. Выявление и анализ имеющихся взаимосвязей.

Для определения линейной зависимости между исследуемыми переменными, прежде всего, необходимо выполнить корреляционный анализ. Выполнялся он в программе Microsoft Excel. Результат проведения корреляции представлен в таблице 2.

Таблица 2

Результат полученных коэффициентов корреляции

	Образование, млн. Tonn	Yrov zanatost, %	Yrov bezrabort, %	VVP, trln. rub
Образование, млн. tonn	1			
Yrov zanatost, %	-0,761391652	1		
Yrov bezrabort, %	-0,850044381	0,399944632	1	
VVP, trln. rub	0,975624176	-0,67014142	-0,847578537	1

Из данного исследования можно выделить сильную прямую зависимость (более 0,5) между образованием отходов и ВВП (0,975624176).

Также из данной таблицы видна сильная обратная зависимость между образованием отходов и «Yrov bezrabort, %» (-0,850044381), а также «Yrov zanatost, %» (-0,761391652). ВВП с уровнем занятости и уровнем безработицы также обратно зависимы, на -0,67014142 и на -0,847578537 соответственно. Сильная зависимость между объясняющими переменными обычно говорит о наличии мультиколлинеарности в модели. Поэтому далее был проведен тест на наличие мультиколлинеарности в модели (рис. 1).

Поскольку полученные значения менее 10, следовательно, можно сделать вывод, что мультиколлинеарность в модели отсутствует.

2. Подбор типа модели и ее построение

Построение модели производилось в программном пакете gretl с помощью функции «Модель/Метод наименьших квадратов» (рис. 2).

Для анализа зависимостей между показателями было использовано уравнение множественной линейной регрессии, принимающее вид:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3$$

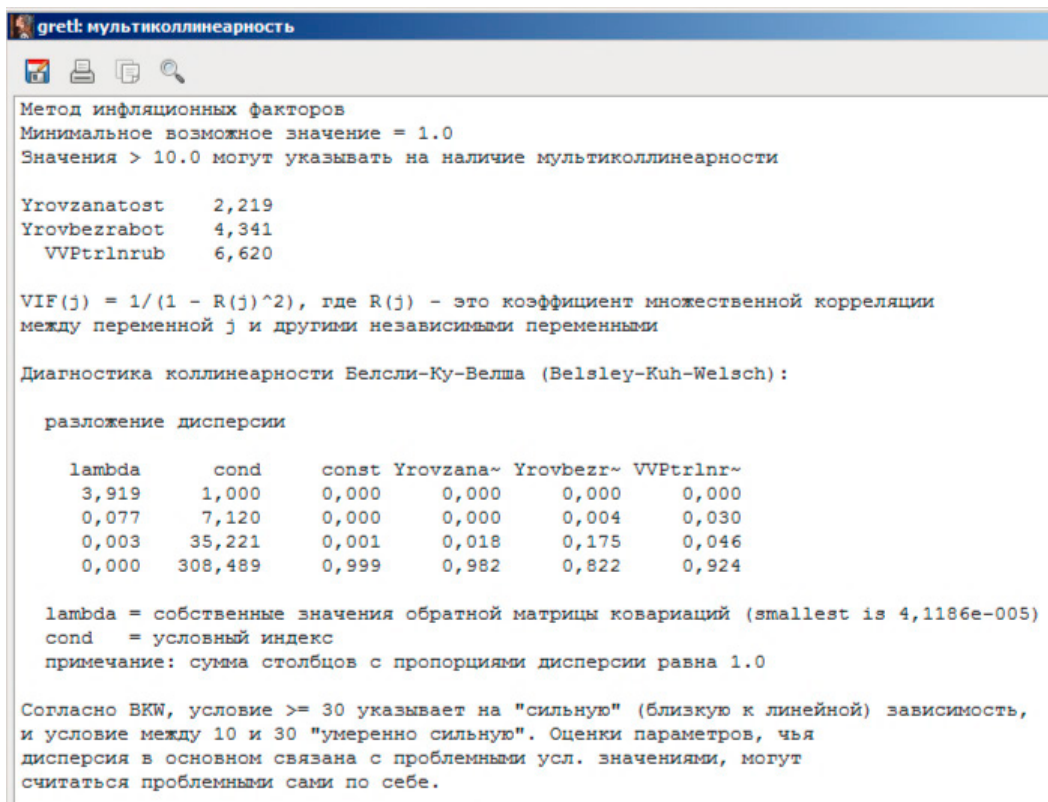


Рис. 1. Тест на отсутствие мультиколлинеарности в модели

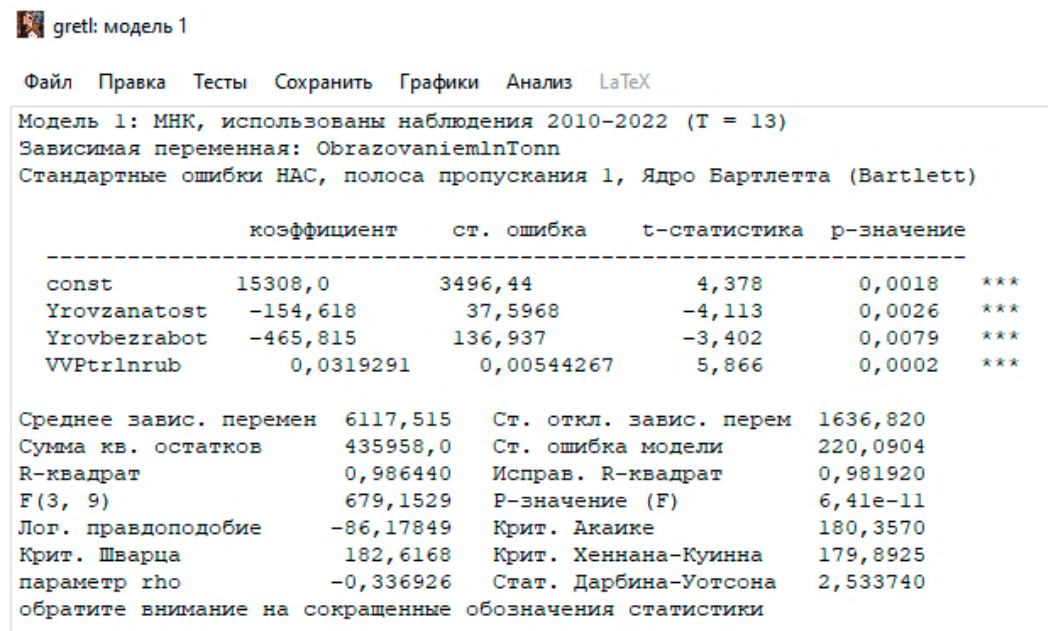


Рис. 2. Построение модели в программном продукте Gretl

В результате построенная модель приняла следующий вид:

$$\text{ObrazovaniemlnTonn} = 15308,0 - 154,618 * \text{Yrovzanatost} - 465,815 * \text{Yrovbezrabort} + 0,0319291 * \text{VVPtrlhrub}$$

Все переменные являются значимыми на 1% уровне значимости.

3. Оценка качества модели с помощью проверки выполнения предпосылок МНК.

Перед проверкой значимости и качества уравнения необходимо провести тесты на выполнение основных предпосылок линейной регрессионной модели (гомоскедастичность, отсутствие автокорреляции).

3.1. Проверка модели на гомоскедастичность.

Наличие гомоскедастичности говорит о постоянстве разброса остатков модели вокруг линии регрессии, в то время как наличие гетероскедастичности говорит о неравномерности разброса остатков, когда их степень разбросанности к концу существенно увеличивается или уменьшается.

Под гетероскедастичностью понимается нарушение второго условия Гаусса-Маркова, которое выглядит следующим образом:

$$D(u_i) = \sigma^2 = \text{const для всех } i$$

В этом случае случайный фактор модели называется гомоскедастичным.

В случае нарушения этого условия уравнение принимает следующий вид:

$$D(u_i) = \sigma_i^2,$$

то есть дисперсия случайного фактора оказывается неодинаковой в разных наблюдениях.

Для проверки модели на гомоскедастичность используется тест Уайта в программном пакете «gretl» (рис. 3). В первую очередь выдвигаются две гипотезы:

$$H_0 : \sigma_1^2 = \sigma_2^2 = \dots = \sigma_n^2$$

$$H_1 : \sigma_1^2 \neq \sigma_2^2 \neq \dots \neq \sigma_n^2$$

$$p\text{-значение} = P(\chi_{\text{и-квадрат}}(9) > 10,479885) = 0,313049 > 0,05,$$

значит, нулевая гипотеза об отсутствии гетероскедастичности принимается при уровне значимости 5%. Вторая предпосылка теоремы Гаусса-Маркова выполняется — случайная ошибка модели гомоскедастична.

3.3. Оценка полученного коэффициента детерминации.

Коэффициент детерминации — это статистическое измерение, которое исследует, как различия в одной переменной могут быть объяснены различием во второй переменной при прогнозировании исхода данного события, то есть оценивает, насколько сильна линейная связь между переменными.

Коэффициент детерминации, полученный в результате проведения регрессионного анализа методом наименьших квадратов, составил $R^2 = 0,986440$, что является довольно высоким и хорошим показателем.

 gretl: LM тест (гетероскедастичность)



Тест Вайта (White) на гетероскедастичность
МНК, использованы наблюдения 2010-2022 (T = 13)
Зависимая переменная: uhat^2

	коэффициент	ст. ошибка	t-статистика	p-значение
const	1,02418e+08	8,13923e+07	1,258	0,2973
Yrovzanatost	-2,09488e+06	1,78457e+06	-1,174	0,3252
Yrovbezrabot	-7,26276e+06	8,02341e+06	-0,9052	0,4321
VVPtrlnrub	-373,324	271,899	-1,373	0,2634
sq_Yrovzanatost	10925,4	11651,4	0,9377	0,4176
X2_X3	71806,8	63245,7	1,135	0,3387
X2_X4	3,66427	2,13165	1,719	0,1841
sq_Yrovbezrabot	134393	253959	0,5292	0,6333
X3_X4	14,3626	16,7832	0,8558	0,4550
sq_VVPtrlnrub	0,000356832	0,000291702	1,223	0,3085

Неисправленный R-квадрат = 0,806145

Тестовая статистика: $TR^2 = 10,479885$,
p-значение = $P(\text{Хи-квадрат}(9) > 10,479885) = 0,313049$

Рис. 3. Проверка модели на гомоскедастичность (тест Уайта)

Исходя из полученного значения можно сделать вывод, что изменчивость образования отходов на 99% объясняется показателями, присутствующими в модели и на 1% влиянием факторов не присутствующих в модели. Основываясь на данном выводе, можно сказать, что факторы, присутствующие в модели, хорошо объясняют вариативность зависимой переменной и данных для анализа в наборе достаточно.

3.4. Тест на нормальность распределения остатков [9].

 gretl: распределение остатков



Распределение частот для residual, наблюдения 1-13
количество столбцов = 5, среднее = -2,48362e-012, ст. откл. = 220,09

интервал	середина	частота	отн.	инт.
< -314,30	-397,80	1	7,69%	7,69% **
-314,30 - -147,29	-230,80	2	15,38%	23,08% *****
-147,29 - 19,712	-63,791	3	23,08%	46,15% *****
19,712 - 186,72	103,22	5	38,46%	84,62% *****
>= 186,72	270,22	2	15,38%	100,00% *****

Нулевая гипотеза - нормальное распределение:
Хи-квадрат(2) = 1,041 p-значение 0,59410

Рис. 4. Окно значений распределения остатков

P-значение = 0,5941 > 0,05. Нулевая гипотеза о соответствии остатков модели нормальному закону распределения, принимается (рис. 4).

 gretl: критические значения


F (3, 9)

Правосторонняя вероятность = 0,05

Дополняющая вероятность = 0,95

Критическое значение = 3,86255

Рис. 5. Результат нахождения F-критического значения

 gretl: критические значения


t (9)

Правосторонняя вероятность = 0,05

Дополняющая вероятность = 0,95

Двухсторонняя вероятность = 0,1

Критическое значение = 1,83311

Рис. 6. Нахождение T-критического значения

3.5. Оценка значимости регрессионного уравнения.

Оценим значимость регрессионного уравнения, для этого будет применён F-тест Фишера (рис. 5). Расчётное значение F-статистики, полученное после регрессионного анализа $F = 679,1529$.

F-критическое = 3,86255 и F-расчётное больше, чем F-критическое, поэтому нулевая гипотеза отклоняется и делается вывод о том, что построенная регрессионная модель является значимой.

3.6. Проверка значимости коэффициентов регрессии.

Затем проверяем значимость коэффициентов регрессии с помощью T-теста Стьюдента (рис. 6).

Сравнивая критическое значение с расчётными величинами t-статистики можно сказать, что критическое значение по модулю в разы меньше расчётных показателей. Из этого следует, что все коэффициенты регрессионного уравнения являются значимыми на 5% уровне значимости [8].

3.7. Прогноз.

Найдем прогнозные значения объема образования отходов на 8 лет вперед:

$$\begin{aligned} \text{ОбразованимлнTonn}(2023) &= 15308,0 - 154,618 \cdot 58,4 - 465,815 \cdot 4,2 + \\ &+ 0,0319291 \cdot 144528,4 = 8936,548 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ОбразованимлнTonn}(2024) &= 15308,0 - 154,618 \cdot 57,9 - 465,815 \cdot 4,0 + \\ &+ 0,0319291 \cdot 151995,7 = 9345,444 \end{aligned}$$

$$\text{ОбразованимлнТонн}(2025) = 15308,0 - 154,618 * 57,3 - 465,815 * 3,8 + 0,0319291 * 159463,0 = 9769,802$$

$$\text{ОбразованимлнТонн}(2026) = 15308,0 - 154,618 * 56,8 - 465,815 * 3,7 + 0,0319291 * 166930,4 = 10132,120$$

$$\text{ОбразованимлнТонн}(2027) = 15308,0 - 154,618 * 56,2 - 465,815 * 3,5 + 0,0319291 * 174397,7 = 10556,478$$

$$\text{ОбразованимлнТонн}(2028) = 15308,0 - 154,618 * 55,7 - 465,815 * 3,3 + 0,0319291 * 181865,1 = 10965,377$$

$$\text{ОбразованимлнТонн}(2029) = 15308,0 - 154,618 * 55,2 - 465,815 * 3,1 + 0,0319291 * 189332,4 = 11374,273$$

$$\text{ОбразованимлнТонн}(2030) = 15308,0 - 154,618 * 54,6 - 465,815 * 3,0 + 0,0319291 * 196799,8 = 11752,053$$

График прогнозных значений на 8-летний период представлен на рисунке 7.

 gretl: график

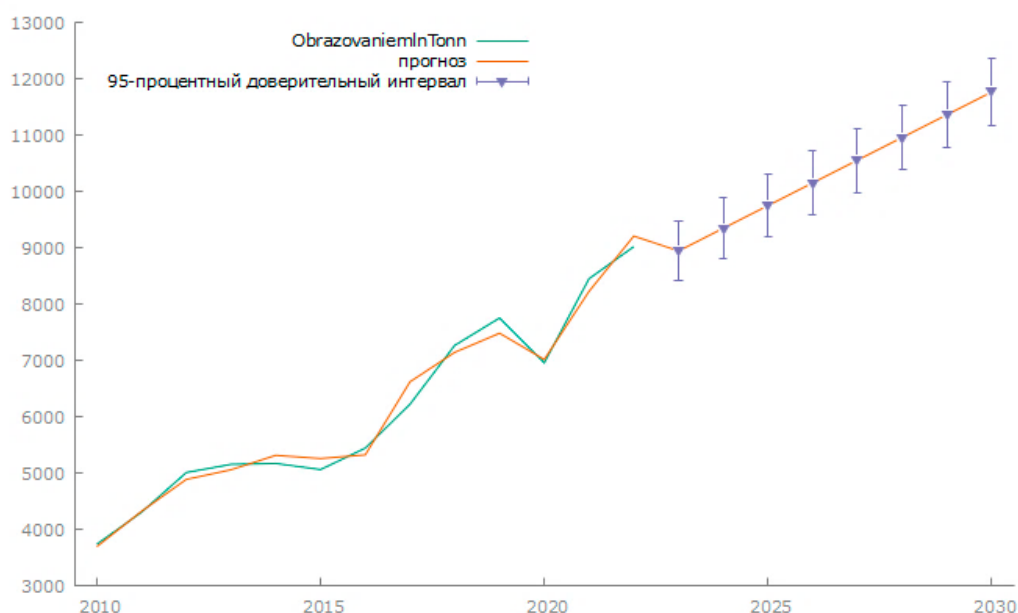


Рис. 7. График прогнозируемых значений с 2023-2030 гг.

Выводы

Можно сделать вывод, что набор данных благоприятный для анализа и имеет довольно высокий коэффициент детерминации. В результате расчёта прогнозных значений относительно объёма образования отходов в России была обнаружена

динамика роста, поэтому необходимо обратить особое внимание на данную тенденцию и приложить все усилия по ее устранению.

Таким образом, построенный прогноз об объеме образования отходов в России может быть полезен для государственного управления по следующим причинам:

- для планирования различных стратегий по управлению отходами, поскольку, зная прогнозные значения органы власти смогут разработать наиболее эффективные стратегии, такие как создание новых способов обработки мусора;
- для прогнозирования финансовых затрат, так как зная предполагаемые значения образования мусора можно более эффективно распределить бюджетные средства;
- для принятия решений, поскольку, на основе построенного прогноза органы власти смогут усовершенствовать инфраструктуру по переработке и утилизации мусора.

Литература

1. О состоянии и об охране окружающей среды Российской Федерации в 2010 году: государственный доклад. [Электронный ресурс]. URL: <https://ecology-gosdoklad.ru/> (дата обращения: 11.11.2024).
2. О состоянии и об охране окружающей среды российской федерации в 2015 году: государственный доклад. [Электронный ресурс]. URL: <https://ecology-gosdoklad.ru/> (дата обращения: 11.11.2024).
3. О состоянии и об охране окружающей среды российской федерации в 2020 году: государственный доклад. [Электронный ресурс]. URL: <https://ecology-gosdoklad.ru/> (дата обращения: 11.11.2024).
4. О состоянии и об охране окружающей среды российской федерации в 2022 году: государственный доклад. [Электронный ресурс]. URL: <https://ecology-gosdoklad.ru/> (дата обращения: 11.11.2024).
5. Регионы России. Социально-экономические показатели 2017: статистический сборник / Росстат. Москва, 2017. 1402 с.
6. Регионы России. Социально-экономические показатели 2020: статистический сборник / Росстат. Москва, 2020. 1112 с.
7. Регионы России. Социально-экономические показатели 2023: статистический сборник / Росстат. Москва, 2023. 1126 с.
8. Исмагилов И.И., Кадочникова Е.И. Многофакторная регрессия в среде Gretl: учебно-методическое пособие для студентов, обучающихся по направлению 38.04.01 «Экономика». Казань: Казан. ун-т, 2016. 62 с.
9. Оценивание нормальности распределения остатков модели. [Электронный ресурс]. URL: <https://univer-nn.ru/ocenivanie-normalnosti-raspredeleniya-ostatkov-modeli/> (дата обращения: 11.11.2024).