



ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Комплексный анализ природоохранной деятельности промышленных систем регионального уровня

Салов А. Г., доктор техн. наук, Иванова Д. В., инж.

Самарский государственный архитектурно-строительный университет

Гаврилова А. А., канд. техн. наук

Самарский государственный технический университет

Исследована эффективность функционирования производственно-экономического объекта по экологическому критерию на примере промышленно развитого региона — Самарской области. Проведен статистический анализ производственно-технологических параметров, построена обобщенная математическая модель, позволяющая определить вклад различных ресурсов в конечные экологические показатели деятельности на основе методов имитационного моделирования. Модель, построенная в виде двухфакторной степенной производственной функции, может быть использована при прогнозировании различных сценариев развития промышленного потенциала региона.

Ключевые слова: системный анализ, вредные выбросы, математическая модель, производственная функция, имитационная модель, показатели эффективности, валовый региональный продукт, природоохранные мероприятия.

По базовым социально-экономическим показателям Самарская область занимает второе место среди субъектов Приволжского федерального округа, что характеризует высокое развитие региона с большими запасами природных ресурсов, сформировавшейся добывающей и обрабатывающей промышленностью [1]. Сосредоточение производств и населения в крупных центрах региона приводит к концентрации техногенной нагрузки на окружающую среду и соответственно на здоровье людей. Многокомпонентность состава выбросов, многообразие источников, фотохимических и метеорологических процессов делают оценку поступления загрязняющих веществ в атмосферу многофакторной задачей с высокой степенью неопределенности.

Вместе с тем приоритеты и цели региональной политики в сфере охраны окружающей среды определяют необходимость комплексного решения задач, направленных на повышение уровня экологической безопасности граждан и сохранение природных систем. Поэтому весьма актуальными представляются системное исследование всех аспектов производственной деятельности и оценка ее влияния на экологическую обстановку в области [2].

Наибольший уровень загрязнения отмечается в приземном атмосферном слое, при этом к основным источникам выбросов вредных веществ относятся транспорт и крупные промышленные предприятия. Значительное количество выбросов в области приходится на предприятия, осуществляющие добычу полезных ископаемых, — 93,9 тыс. т (34,08 %), на обрабатывающие производства — 100,3 тыс. т (36,41 %), компании транспортного кластера и связи — 47,7 тыс. т (17,31 %), предприятия производства и распределения тепловой, электрической энергии, газа и воды — 19,0 тыс. т (6,9 %).

Авторами выполнен комплексный анализ промышленной системы [3] — исследованы статистические данные о предельно допустимых концентрациях вредных веществ в атмосфере городского округа Самары. Уровень загрязнения атмосферы в городе оценивается по данным изменения концентрации вредных примесей на стационарных постах. Предельно допустимые концентрации были определены как комплексный показатель экологической эффективности деятельности региональной промышленной системы.

Анализ статистических данных показал неравномерность распределения промышлен-

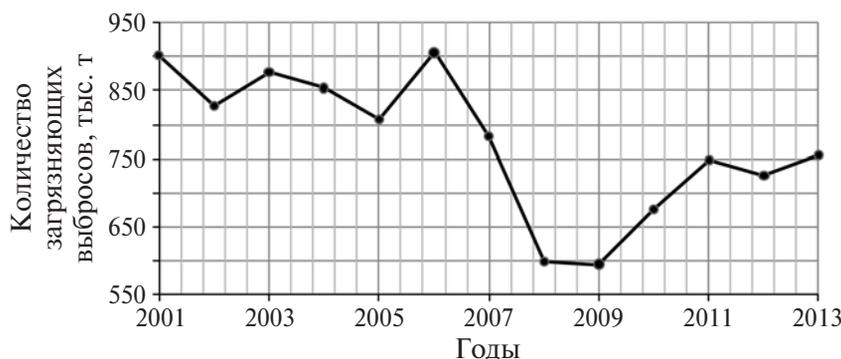


Рис. 1. Изменение выбросов загрязняющих атмосферу веществ от всех стационарных источников в 2001 – 2013 гг.

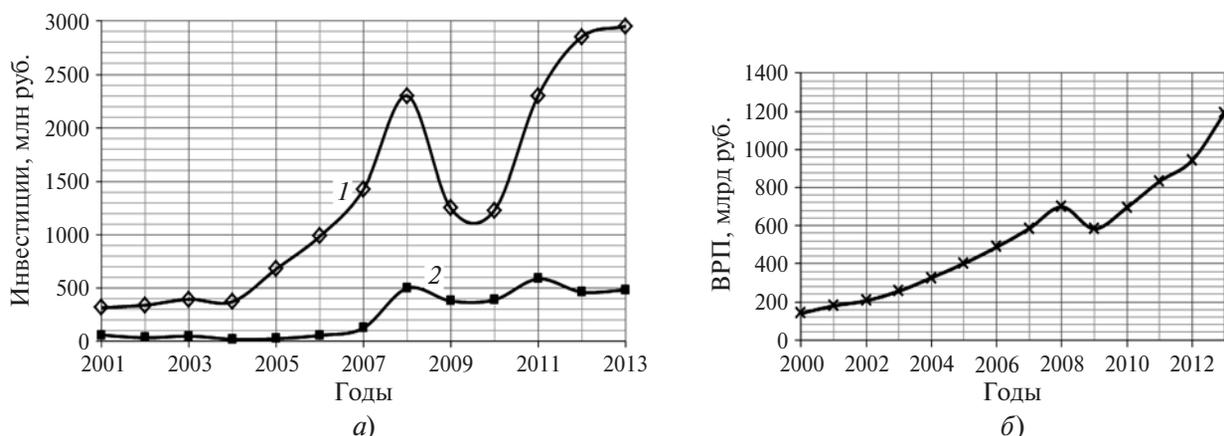


Рис. 2. Динамика инвестиций (а) в природоохранные мероприятия в целом (кривая 1), на охрану атмосферы (кривая 2) и изменение производства валового регионального продукта (б) в 2001 – 2013 гг.

ных предприятий по Самарской области. Измерения экологических показателей проводятся не во всех населенных пунктах, где расположены производства. Поскольку количество загрязняющих веществ от стационарных источников составляет около 80 % общего объема выбросов, целесообразно выбрать их в качестве косвенного комплексного показателя (без учета выбросов индивидуально-автомобильного транспорта) [4].

На рис. 1 показана динамика выбросов загрязняющих атмосферу веществ от всех стационарных источников в 2001 – 2013 гг. Как видно, в 2001 – 2005 гг. наблюдались колебания выбросов в диапазоне 3 – 8 % от значения в 2001 г., в 2006 г. они достигали максимума — 112 %. Снижение показателя на 33 % в 2007 – 2008 гг. сменилось ростом количества загрязняющих веществ примерно на 15 % в 2009 г. В конце исследуемого периода количество выбросов составило около 84 % от максимального значения в 2006 г.

На рис. 2 представлены динамика капиталовложений в природоохранную отрасль в целом по Самарской области, на охрану атмосферы и изменение производства валового

регионального продукта (ВРП) региона в 2000 – 2013 гг. с учетом инфляции. За исследуемый период производство ВРП возросло почти в 9 раз. Инвестиции в мероприятия по охране окружающей среды изменились от 3 до 30 %, затраты на природоохранные мероприятия увеличились более чем на 700 % по сравнению с 2001 г.

Анализ качественного состава загрязняющих веществ в атмосфере показал превышение допустимых норм концентрации наиболее вредных веществ (I класс опасности), что свидетельствует о недостаточном финансировании природоохранных мероприятий [2].

Проанализируем влияние объема ВРП и инвестиций в охрану окружающей среды на динамику валовых выбросов в 2001 – 2013 гг. методом математического моделирования. Реальные статистические данные приведем к максимальным значениям. Для описания агрегированных макрохарактеристик деятельности региона используем степенные производственные функции типа Кобба – Дугласа [5]. Построим производственную функцию в виде:

$$V = AH^\alpha F^\beta, \quad (1)$$

где A — масштабный коэффициент; α и β — коэффициенты эластичности, являющиеся функциями логарифмической чувствительности объема валовых выбросов вредных веществ к изменению выпуска продукции и финансирования экологических мероприятий.

Физический смысл коэффициентов эластичности можно пояснить следующими соотношениями:

$$\alpha = \frac{H \partial V}{V \partial H} = \frac{\partial \ln V}{\partial \ln H}; \quad \beta = \frac{F \partial V}{V \partial F} = \frac{\partial \ln V}{\partial \ln F}. \quad (2)$$

Значения α и β показывают, на сколько процентов изменятся валовые выбросы вредных веществ V при увеличении показателей H и F на 1%. Коэффициенты модели A , α и β идентифицируем по модели (1), используя метод наименьших квадратов — минимизируем отклонения расчетных модельных значений от статистических данных.

Качество предложенной модели оценим значениями коэффициента детерминации R^2 , t -критерия Стьюдента, F -критерия Фишера, среднеквадратического отклонения σ и критерия Дарбина — Уотсона DW . Показатели качества исследуемой модели вместе с идентифицированными параметрами приведены в таблице.

На рис. 3 сопоставлены результаты расчета по модели (1) с реальными объемами валовых выбросов от всех источников.

Следует отметить, что предложенная модель с достаточной точностью описывает значения объемов выбросов вредных веществ. Среднеквадратическая погрешность расчетов составила 8,12%, коэффициент детерминации R^2 значим по статистике Фишера и достигает

Параметры	Численные значения
A	0,7859
α	0,7034
β	-0,0702
DW	2,2173
R^2	0,7206
t_A	-5,8351
t_α	2,2726
t_β	-3,8829
F	12,8979
σ	0,0812

0,72. Модель обладает высокими прогнозными свойствами — критерий DW равен 2,22, что свидетельствует об отсутствии автокорреляции остатков [3]. Все идентифицированные параметры модели значимы по критерию Стьюдента.

Полученное значение факторной эластичности $\alpha = 0,70$ обуславливает значительное влияние изменения производства ВРП на экологический показатель — объем выбросов загрязняющих веществ. Положительное значение коэффициента эластичности показывает, что с увеличением ВРП на 1% количество выбросов в атмосферу возрастает на 0,7%.

Инвестирование в природоохранную отрасль незначительно влияет на уменьшение валовых выбросов, о чем свидетельствует значение коэффициента эластичности $\beta = -0,07$.

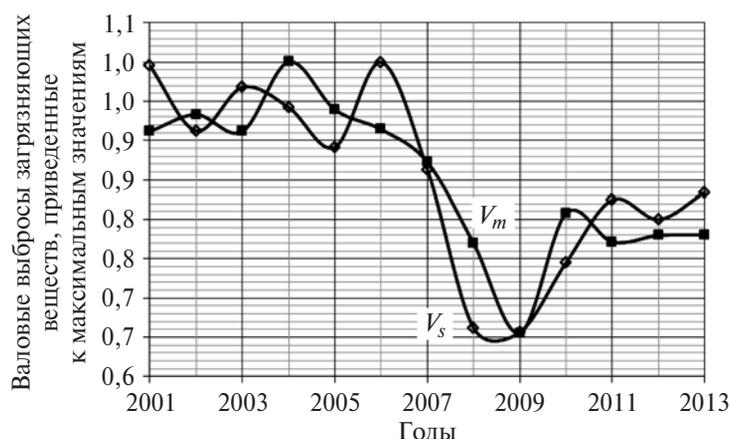


Рис. 3. Изменение валовых выбросов загрязняющих веществ от всех источников в 2001–2013 гг.:

V_s — реальные данные; V_m — расчетные данные по формуле (1)

Отрицательное значение коэффициента β означает, что с повышением инвестиций в охрану окружающей среды объем выбросов вредных веществ в атмосферу уменьшается на 0,07 %. Это свидетельствует о низкой эффективности проводимой инвестиционной политики в сфере экологии.

Выводы

1. Анализ коэффициентов эластичности показал, что эффективность инвестирования капиталовложений в охрану атмосферы близка к нулю, поэтому необходимо кардинальное увеличение финансирования.

2. Повышение ВРП приводит к увеличению загрязнения атмосферного воздуха.

3. Модель, построенная в виде двухфакторной степенной производственной функции, может быть использована при прогнозировании возможных сценариев развития промышленного потенциала региона.

Список литературы

1. **Государственная** программа Самарской области “Охрана окружающей среды Самарской области на 2014 – 2020 годы”. Утв. Постановлением правительства Самарской области № 668 от 27 ноября 2011 г.
2. **Экология:** Учебник / Под ред. Г. В. Тягунова, Ю. Г. Ярошенко. 2-е изд., стер. — М.: КНОРУС, 2014.
3. **Комплексный** анализ и имитационное моделирование загрязнений атмосферного воздуха города Самары / А. А. Гаврилова, А. Г. Салов, В. В. Саксонова, Д. В. Иванова. — Инфокоммуникационные технологии, 2013, т. 9, № 2.
4. **Природные** ресурсы и охрана окружающей среды. — Самарский статистический ежегодник, 2013 (<http://samarastat.gks.ru> //).
5. **Дилигенский Н. В., Гаврилова А. А., Цапенко М. В.** Построение и идентификация математических моделей производственных систем. — Самара: Офорт, 2005.

aleksey-salov@rambler.ru

