

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ В СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ СТАЛОГО РОЗВИТКУ РЕГІОНУ

© 2016 АНДРЕЙШИНА Н. Б., ХАРІН С. А.

УДК 332.14:353

Андрейшина Н. Б., Харін С. А. Математичне моделювання в системі моніторингу сталого розвитку регіону

У статті обґрунтовано необхідність впровадження системи моніторингу соціо-еколого-економічних процесів на регіональному рівні. Основою системи є формалізовані алгоритми на основі математичних моделей. Це дозволить регіональним органам виконавчої влади постійно відслідковувати потреби населення, виявляти тенденції розвитку регіону, реалізовувати програму дій, орієнтовану на подолання наявних в екології, економіці та соціальній сфері негативних явищ. Запропоновано концептуальну схему організації системи моніторингу сталого розвитку регіону, яка складається з послідовних етапів: формування статистичної бази з показників розвитку регіону, аналіз та формування індикаторів сталого розвитку регіону, моделювання та прогнозування індикаторів, розробка рекомендацій щодо застосування побудованих моделей для управління регіоном на основі концепції сталого розвитку. На прикладі м. Жовті Води побудовано математичну модель взаємного впливу індикаторів сталого розвитку. Модель об'єктивно відображає вплив соціально-економічних показників на екологічний стан міста і може використовуватися для прогнозування кількості забруднюючих речовин.

Ключові слова: моделювання, моніторинг, сталий розвиток, індикатор, прогнозування, соціо-еколого-економічний стан регіону.

Рис.: 2. **Табл.:** 1. **Бібл.:** 9.

Андрейшина Наталія Борисівна – кандидат економічних наук, доцент, завідувачка кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і моделювання економіки, Інститут підприємництва «Стратегія» (вул. Гагаріна, 38, Жовті Води, Дніпропетровська обл., 52201, Україна)

E-mail: andrejshina@gmail.com

Харін Сергій Анатолійович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри комп'ютерних та інформаційних технологій і моделювання економіки, Інститут підприємництва «Стратегія» (вул. Гагаріна, 38, Жовті Води, Дніпропетровська обл., 52201, Україна)

E-mail: harinsa@inbox.ru

УДК 332.14:353

UDC 332.14:353

Андрейшина Н. Б., Харин С. А. Математическое моделирование в системе мониторинга устойчивого развития региона

В статье обоснована необходимость внедрения системы мониторинга соціо-еколого-економических процессов на региональном уровне. Основой системы являются формализованные алгоритмы на основе математических моделей. Это позволит региональным органам исполнительной власти постоянно отслеживать потребности населения, выявлять тенденции развития региона, реализовывать программу действий, ориентированную на преодоление имеющихся в экологии, экономике и социальной сфере негативных явлений. Предложена концептуальная схема организации системы мониторинга устойчивого развития региона, которая состоит из последовательных этапов: формирование статистической базы из показателей развития региона, анализ и формирование индикаторов устойчивого развития региона, моделирование и прогнозирование индикаторов, разработка рекомендаций по применению построенных моделей для управления регионом на основе концепции устойчивого развития. На примере г. Желтые Воды построена математическая модель взаимного влияния индикаторов устойчивого развития. Модель объективно отражает влияние социально-экономических показателей на экологическое состояние города и может использоваться для прогнозирования количества загрязняющих веществ.

Ключевые слова: моделирование, мониторинг, устойчивое развитие, индикатор, прогнозирование, соціо-еколого-економическое состояние региона.

Рис.: 2. **Табл.:** 1. **Библ.:** 9.

Андрейшина Наталья Борисовна – кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой компьютерных и информационных технологий и моделирования экономики, Институт предпринимательства «Стратегия» (ул. Гагарина, 38, Желтые Воды, Днепропетровская обл., 52201, Украина)

E-mail: andrejshina@gmail.com

Харин Сергей Анатольевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры компьютерных и информационных технологий и моделирования экономики, Институт предпринимательства «Стратегия» (ул. Гагарина, 38, Желтые Воды, Днепропетровская обл., 52201, Украина)

E-mail: harinsa@inbox.ru

Andreishyna N. B., Kharin S. A. The Mathematical Modeling within Terms of the System for Monitoring the Sustainable Development of Region

The article substantiates the necessity of introducing a system for monitoring the socio-ecological-economic processes at the regional level. Basis of the system are the formalized algorithms, which in turn are based on the mathematical models. Thus regional authorities will be able to continuously monitor the population's needs, identify trends in the development of region, implement a program of actions, aimed at overcoming the negative phenomena in ecology, economy, and social sphere. A conceptual framework of organization of a system for monitoring the sustainable development of region has been proposed, which consists of the following successive stages: formation of a statistical database of development indicators as to region, analysis and formation of indicators for sustainable development of region, modeling and forecasting the indicators, development of recommendations on the use of the models built aimed at managing region, based on the concept of sustainable development. On example of city of Zhovti Vody, the mathematical model of mutual influence of indicators of the sustainable development has been built. The model objectively reflects the influence of socio-economic indicators on the ecological status of the city and can be applied to forecast the amount of pollutants.

Keywords: modeling, monitoring, sustainable development, indicator, forecasting, socio-ecological-economic status of region.

Fig.: 2. **Tbl.:** 1. **Bibl.:** 9.

Andreishyna Nataliia B. – PhD (Economics), Associate Professor, Head of the Department of Computer and Information Technology and Economics Simulation, Institute of Business (38 Haharina Str., Zhovti Vody, Dnipropetrovska obl., 52201, Ukraine)

E-mail: andrejshina@gmail.com

Kharin Sergey A. – D. Sc.s (Engineering), Professor, Professor of the Department of Computer and Information Technology and Economics Simulation, Institute of Business (38 Haharina Str., Zhovti Vody, Dnipropetrovska obl., 52201, Ukraine)

E-mail: harinsa@inbox.ru

В умовах становлення ринкової економіки, проведення реформи децентралізації та прагнення України інтегруватися в європейський економічний простір необхідна переоцінка найважливіших напрямків реалізації політики сталого розвитку як у країні в цілому, так і в окремих її регіонах. Сучасна теорія регіонального розвитку надає перевагу соціально орієнтованій економіці, яка охоплює всі сфери життя регіону: економічну, екологічну та соціальну. Основною при розробці стратегії сталого розвитку регіону на тривалу перспективу має стати пошук компромісу між поточним і майбутнім споживанням природних благ.

Для відстеження результатів у досягненні сталого розвитку, контролю за реалізацією проведених заходів необхідне впровадження системи моніторингу та прийняття управлінських рішень, основою якої є математичні методи та моделі. Метод математичного моделювання є одним з ключових при дослідженні різних аспектів людської діяльності. Існує велика кількість моделей різного рівня складності та ступеня їх дослідження, які мають достатньо багато загальних рис, але зберігають специфічні особливості, притаманні кожній з наук, в яких використовуються. Особливо актуальним є застосування математичного моделювання в дослідженні та управлінні соціально-економічними процесами та об'єктами, де воно стає основою для обґрунтування рішень, які приймаються керівниками на всіх ланках регіонального управління.

Теоретичні та прикладні аспекти комплексної проблеми розробки, впровадження і реалізації стратегії сталого розвитку досліджено в наукових працях вітчизняних і зарубіжних учених: А. Кінга, А. Печчеї, Д. Форрестера, В. Вернадського, Денніса і Донеллі Медоуз, Е. Пестеля, Е. Реклю, М. Месаровича, М. Вавілова, Р. Солоу, Т. Шардена, Я. Тінбергена тощо. Останніми роками значно активізувалися комплексні дослідження передумов і умов сталого розвитку окремих регіонів. Так, слід зазначити роботи О. Власюка, В. Гейця, Б. Данилишина, М. Згуровського, А. Мельника, Л. Кваснія, М. Кизима, Ш. Омарова, Б. Панасюка, О. Пурського, С. Ромашка та інших. Незважаючи на велику кількість наукових праць на дану тему, вивчення взаємозв'язків між основними макроекономічними, соціальними, екологічними та демографічними індикаторами сталого розвитку потребують моделювання та подальшого комплексного дослідження.

З огляду на вищезазначене, особливий практичний інтерес набуває задача моделювання і прогнозування індикаторів у системі моніторингу сталого розвитку регіону, що і є *метою* даної статті.

В умовах децентралізації, що відбувається в Україні, кожен регіон отримує широкі повноваження та можливості для формування та реалізації довгострокової стратегії свого розвитку. Стратегія розвитку регіону має розроблятися в рамках офіційно признаного напрямку сталого розвитку, який дозволить забезпечити стабільне функціонування соціо-еколого-економічної системи регіону в умовах, які швидко змінюються.

Офіційно стратегія переходу до сталого розвитку була прийнята як «Порядок дій на ХХІ століття» на Конференції ООН з навколишнього середовища і розвитку в

Ріо-де-Жанейро в 1992 р. [1]. Подальше обговорення проводилося на Спеціальній Асамблеї ООН з проблем сталого розвитку в Нью-Йорку в 1997 р. і на Всесвітній нараді з питань сталого розвитку в Йоганнесбурзі у 2002 р. [2].

Найбільш визнаним значенням поняття «сталий розвиток» є те, що викладено в доповіді Міжнародної комісії з навколишнього середовища і розвитку ООН: «Сталим є такий розвиток, який задовольняє потребам теперішнього часу, але не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби» [1]. Це визначення стосується, перш за все, економічного й екологічного аспектів сталості.

Загострення екологічної ситуації в багатьох регіонах України, зростання антропогенних навантажень на природне середовище, нерациональне природокористування ставлять перед сучасною економічною наукою і практикою прийняття управлінських рішень у сфері охорони навколишнього середовища вимоги щодо формування принципово нових концепцій еколого-економічного розвитку. Україна офіційно підтримала ряд міжнародних рішень щодо сталого розвитку, проте за роки незалежності жодна зі спроб затвердити на законодавчому рівні концепцію сталого розвитку країни не увінчалася успіхом, жодна законодавча ініціатива щодо впровадження проекту стратегії сталого розвитку не була зареєстрована. Проекти концепції сталого розвитку, які були запропоновані, відображені в офіційних документах [3; 4], кожен з яких пропонує засоби та механізми переходу до сталого розвитку.

Воєнні дії на сході України та анексія Криму спричинили економічні та соціальні втрати, викликали макроекономічну та соціальну дестабілізацію, яка проявилася в руйнації інфраструктури та виробничих зв'язків, зменшенні експортного потенціалу, частковій втраті зовнішніх ринків, падінні обсягів виробництва, зростанні безробіття та соціальної напруги в суспільстві, загостренні екологічних проблем. За результатами аналізу статистичної звітності, за 2014–2016 рр. спостерігається негативна динаміка соціальних, економічних, демографічних та екологічних показників регіонів [5].

Одним з дієвих методів виявлення, аналізу та своєчасного реагування на проблеми, що виникають у процесі реалізації стратегії сталого розвитку в Україні, є система моніторингу соціо-еколого-економічних процесів, яка стала реальним інструментом управління в системі сталого розвитку в провідних країнах світу. Система моніторингу дозволяє регіональним і муніципальним органам виконавчої влади постійно відслідковувати потреби населення, які змінюються з часом, виявляти тенденції розвитку регіону, реалізовувати програму дій, орієнтовану на подолання наявних в екології, економіці і соціальній сфері негативних явищ.

Незважаючи на різні сфери застосування терміна «моніторинг», усе ж можна виділити єдине його визначення. *Моніторинг* – процес відстеження стану об'єкта за допомогою неперервного або періодично повторюваного збору даних, що представляють собою сукупність певних ключових показників. Строго кажучи, моніторинг – це систематичне, комплексне спостереження,

оцінка і прогноз стану навколишнього середовища у взаємозв'язку з господарською діяльністю людини [6].

Систему моніторингу сталого розвитку регіону можна представити як систему, спеціальним чином організовану і діючу постійно, яка допомагає збирати, аналізувати та обробляти інформацію, дозволяє вести статистичну звітність, проводити оцінку економічного, соціального, політичного, екологічного стану регіону, а також моделювати та прогнозувати його подальший розвиток і приймати рішення на основі отриманих модельних даних. Концептуальну схему організації системи моніторингу сталого розвитку регіону наведено на *рис. 1*.

Перший етап організації системи моніторингу сталого розвитку регіону полягає у формуванні інформаційного простору: заповнення статистичної бази соціо-еколого-економічними показниками, формування з них рядів динаміки, перевірка їх на наявність аномальних рівнів та зіставність. За вимогами до динамічних рядів вони мають бути зіставними за територією, колом об'єктів, які вони охоплюють, одиницями виміру, часом реєстрації, цінами, методологією розрахунку. Наявність аномальних рівнів може призводити до зсуву оцінок і перекручування результатів аналізу. Проводити перевірку на аномальність можна, наприклад, за методом Ірвіна [7].

На *другому етапі* проводиться аналіз та формування індикаторів сталого розвитку регіону. Всі наявні у статистичній базі даних показники діляться на три групи: соціальні, економічні, екологічні. Досліджується динаміка показників графічним методом або за допомогою побудови трендових моделей. Визначаються граничні показники, що характеризують соціо-еколого-економічний стан регіону. Розраховуються індикатори сталого розвитку, які є ключовою ланкою системи інформаційного забезпечення стратегії сталого розвитку. У наш час характерні два напрямки обчислення індикаторів сталого розвитку: розрахунок часткових індикаторів (економічний, соціальний, екологічний) і розрахунок єдиного індикатора.

Третій етап полягає в побудові моделей для дослідження взаємного впливу індикаторів сталого розвитку регіону та розробці прогнозних моделей. Слід зазначити, що математичне моделювання висуває жорсткі вимоги до якості інформації. У процесі підготовки інформації використовуються методи математичної статистики, а також економічної статистики для агрегування, групування, оцінки ймовірності даних та ін. Оскільки з погляду кібернетики модель являє собою систему, процес моделювання передбачає формалізацію структури моделі: елементів і зв'язків між ними. Формалізація зв'язків дає поєднання всіх факторів між собою відповідно до характеру їхнього впливу на поведінку моделі. При цьому виникає необхідність з'ясувати питання щодо коректності й повноти результатів моделювання та можливостей їхнього практичного використання.

На *четвертому етапі* функціонування системи моніторингу розробляються рекомендації щодо застосування побудованих моделей для управління регіоном. На основі можливих сценаріїв розвитку регіону, які

враховують поточний стан і прогнозні значення соціо-еколого-економічних процесів, регіональним органом виконавчої влади приймаються рішення щодо розробки та реалізації стратегії сталого розвитку.

Для прикладу моделювання індикаторів сталого розвитку на рівні регіону було обрано м. Жовті Води Дніпропетровської області.

За даними Міністерства економічного розвитку та торгівлі України, у 2015 р. Дніпропетровська область посіла друге місце (після м. Київ) у загальному рейтингу соціально-економічного розвитку регіонів України [8]. Розрахунок проводився за 64 показниками соціального, економічного та екологічного розвитку. Високий рейтинг області зумовлений значними обсягами виробництва промислової та сільськогосподарської продукції, розвиненою транспортною інфраструктурою, підприємницькою та зовнішньоекономічною діяльністю, високим оборотом роздрібною та оптовою торгівлі, рівнем зайнятості населення та оплати праці, інвестиційно-інноваційною діяльністю, високим рівнем науково-дослідної роботи. Перевагами в екологічній сфері є успішна реалізація екологічних проектів та найвищий рівень використання відходів серед регіонів України.

Серед проблем сталого розвитку слід зазначити: демографічну ситуацію, значну забрудненість атмосферного повітря, високе техногенне навантаження, значні площі сміттєзвалищ і сховищ відходів, у тому числі радіаційних.

Незважаючи на високий рейтинг усього регіону, місто Жовті Води має дотаційний бюджет і належить до депресивних міст. Усі перераховані проблеми регіону яскраво виражені в місті, особливо демографічна та екологічна ситуація, і, як наслідок, – економічні проблеми.

Побудуємо математичну модель для дослідження впливу соціально-економічних індикаторів на екологічний стан м. Жовті Води. Вихідні дані для моделювання були отримані з Головного управління статистики у Дніпропетровській області [9].

У *табл. 1* представлена вихідна статистика для побудови моделі. Дані щодо обсягу реалізованої продукції (товарів, послуг), капітальних інвестицій та поточних витрат на охорону навколишнього природного середовища були перераховані в доларах США, щоб девальвація національної валюти не впливала на розрахунки (наприклад, у 2015 р. індекс інфляції становив 43,3%).

Введемо позначення: Y – викиди забруднюючих речовин; X_1 – обсяг реалізованої промислової продукції (товарів, послуг); X_2 – кількість постійного населення; X_3 – капітальні інвестиції та поточні витрати на охорону навколишнього природного середовища. Приймемо гіпотезу, що між показником Y і чинниками X_i існує лінійна залежність, тоді математична модель буде мати вигляд:

$$Y = 9145,53 + 0,006X_1 + 0,22X_2 - 0,05X_3.$$

Коефіцієнт детермінації дорівнює 0,8, що свідчить про високу точність моделі.

На *рис. 2* наведено початкові та розрахункові значення викидів забруднюючих речовин.

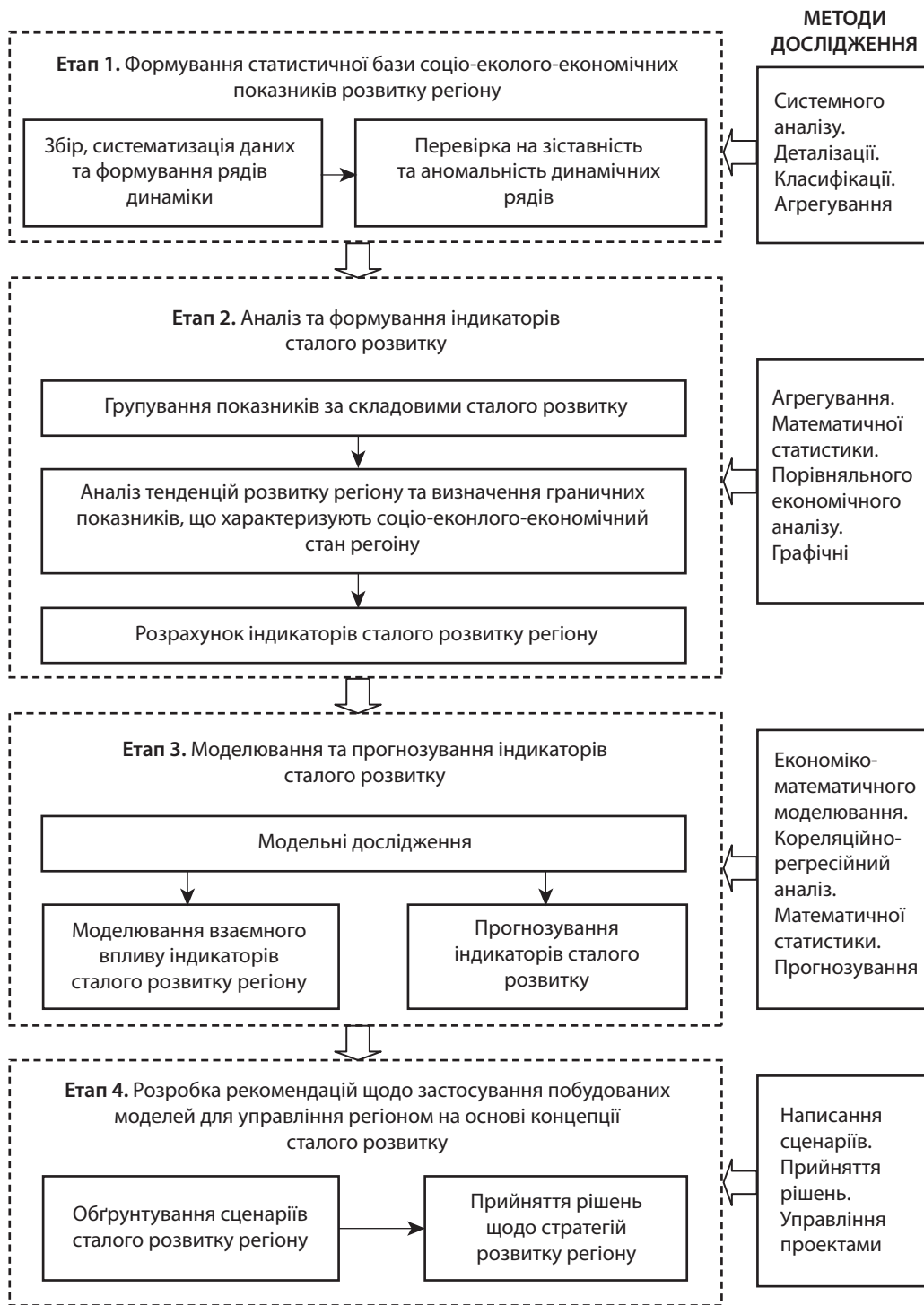


Рис. 1. Концептуальна схема організації системи моніторингу сталого розвитку регіону

Джерело: авторська розробка.

На підставі отриманої моделі можна зробити такі висновки:

- ✦ при збільшенні обсягу реалізованої промислової продукції на 1% кількість викидів забруднюючих речовин збільшиться на 0,006%;
- ✦ при збільшенні кількості постійного населення на 1% кількість викидів забруднюючих речовин збільшиться на 0,22%;
- ✦ при збільшенні капітальних інвестицій та поточних витрат на охорону навколишнього при-

родного середовища на 1% кількість викидів забруднюючих речовин зменшиться на 0,05%.

Отже, побудована модель об'єктивно відображає вплив соціально-економічних показників на екологічний стан міста і може використовуватися для прогнозування кількості забруднюючих речовин.

ВИСНОВКИ

У роботі обґрунтовано необхідність впровадження системи моніторингу соціо-еколого-економічних

Вихідна статистика

Рік	Викиди забруднюючих речовин (т)	Обсяг реалізованої промислової продукції (товарів, послуг), тис. дол.	Кількість постійного населення, осіб	Капітальні інвестиції та поточні витрати на охорону навколишнього природного середовища, тис. дол.
2008	3624,2	207672,06	53107	3528,49
2009	3281	134801,93	52550	2367,1
2010	3588,6	154962,8	52180	1975,29
2011	3661	197147,8	51784	3301,11
2012	3525,9	207303,63	51453	2787,45
2013	3365,5	211544,68	51280	5439,54
2014	2990,9	144347,43	51058	3527,01
2015	2767,5	144397,21	50534	1633,1

Джерело: складено за [9].

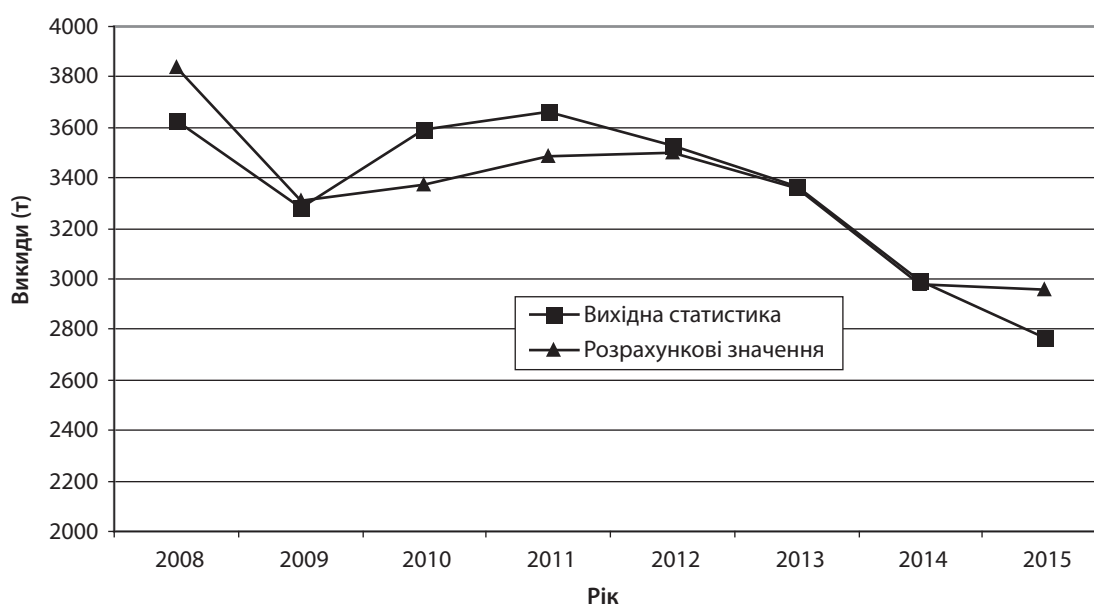


Рис. 2. Вихідна статистика та розрахункові значення викидів забруднюючих речовин м. Жовті Води

Джерело: авторська розробка.

процесів, основою якої мають бути формалізовані алгоритми на основі математичних моделей, що дозволить регіональним органам виконавчої влади постійно відслідковувати потреби населення, виявляти тенденції розвитку регіону, реалізовувати програму дій, орієнтовану на подолання наявних в екології, економіці та соціальній сфері негативних явищ.

Запропоновано концептуальну схему організації системи моніторингу сталого розвитку регіону, яка складається з послідовних етапів: формування статистичної бази з показників розвитку регіону; аналіз та формування індикаторів сталого розвитку регіону; моделювання та прогнозування індикаторів сталого розвитку; розробка рекомендацій щодо застосування побудованих моделей для управління регіоном на основі концепції сталого розвитку.

На прикладі м. Жовті Води побудована математична модель взаємного впливу індикаторів сталого розвитку. Модель об'єктивно відображає вплив соціально-

економічних показників на екологічний стан міста і може використовуватися для прогнозування кількості забруднюючих речовин. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Организация Объединенных Наций: основные факты. М.: Издательство «Весь Мир», 2005. 124 с.
2. Декларация та план виконання рішень Всесвітньої зустрічі на вищому рівні зі сталого розвитку. 26 серпня – 4 вересня 2002 року. Йоганнесбург, Південна Африка. 2-ге вид. Київ: ПРООН/МПВСР, 2007. 97 с.
3. Проект Закону України «Про Концепцію переходу України до сталого розвитку» від 19.12.2001 р. № 3234-1. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=11647
4. Проект Постанови «Про Концепцію переходу України до сталого розвитку» від 02.07.2004 р. № 5749. URL: http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_2?id=&pf3516=5749&skl=5
5. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>

6. Великий тлумачний словник сучасної української мови/гол. ред. В. Бусел. Київ; Ірпінь: ВТФ «Перун», 2005. 1728 с.
7. Піддубна О. О., Гоцуленко В. В., Андрейшина Н. Б. Моделювання економічної динаміки: навч.-метод. посіб. Дніпропетровськ: Біла К. О., 2010. 328 с.
8. Соціально-економічний розвиток регіонів. URL: <http://www.me.gov.ua/Documents/>
9. Головне управління статистики у Дніпропетровській області. URL: <http://www.dneprstat.gov.ua>

REFERENCES

Deklaratsiia ta plan vykonannia rishen Vsesvitnoyi zustrichi na vyshchomu rivni zi staloho rozvytku. 26 serpnia - 4 veresnia 2002 roku. Johannesburg, Pivdenna Afryka [The Declaration and plan of implementation of the world summit on sustainable development. From 26 August to 4 September 2002. Johannesburg, South Africa]. Kyiv: PROON/MPVSR, 2007.

Derzhavna sluzhba statystryky Ukrainy. <http://www.ukrstat.gov.ua/>

Holovne upravlinnia statystryky u Dnipropetrovskii oblasti. <http://www.dneprstat.gov.ua>

[Legal Act of Ukraine] (2004). http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_2?id=&pf3516=5749&skl=5

[Legal Act of Ukraine] (2001). http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=11647

Organizatsiya Obedinennykh Natsiy: osnovnyye fakty [The United Nations: basic facts]. Moscow: Ves Mir, 2005.

Piddubna, O. O., Hotsulenko, V. V., and Andreishyna, N. B. *Modeliuvannia ekonomichnoi dynamiky* [Modelling of economic dynamics]. Dnipropetrovsk: Bila K. O., 2010.

"Sotsialno-ekonomichni rozvytok rehioniv" [Socio-economic development of regions]. <http://www.me.gov.ua/Documents/>

Velykyi tлумachnyi slovnyk suchasnoi ukrainskoi movy [Big explanatory dictionary of modern Ukrainian language]. Kyiv; Irpin: Perun, 2005.