

*Поморцева О.Є.*

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова

## МОДЕЛЮВАННЯ РОЗТАШУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

*У статті описано одну з нагальних проблем сучасності – проектування розташування екологічно небезпечних техногенних об'єктів на прикладі автозаправних станцій, що належать до об'єктів четвертої категорії небезпеки. Особливу увагу приділено використанню геоінформаційних систем для розв'язання вказаної проблеми. Саме останні дають змогу врахувати всі чинники для прийняття правильного рішення у процесі проектування. Також коротко описано послідовність дій, необхідних для виконання зазначеного завдання, а запропоновані рекомендації дозволять більш ефективно і з мінімальними часовими затратами розв'язувати схожі проблеми.*

**Ключові слова:** техногенний об'єкт, геоінформаційна система, геопросторові дані, геореляційна модель даних, база геоданих, санітарно-захисна зона, тривимірний модель, категорія небезпеки, супутниковий знімок.

**Постановка проблеми.** Одна з нагальних проблем сьогодення – це забруднення навколишнього середовища техногенними екологічно небезпечними об'єктами, пов'язаними, зокрема, з розвитком промисловості та транспорту.

Ознакою сучасності та результатом науково-технічного прогресу стало створення нового класу промислових об'єктів – екологічно небезпечних. Розташування їх поблизу великих промислових центрів і населених пунктів збільшує потенційну небезпеку для населення. Тому вкрай важливе прогнозування забруднення навколишнього середовища цими екологічно небезпечними об'єктами ще на стадії їх проектування. Указане дозволить запобігти техногенним катастрофам та поліпшити умови життя населення. Набагато простіше та доцільніше передбачити явище, ніж потім докладати зусиль для виправлення створеної ситуації.

Швидкий процес розвитку використання автотранспорту супроводжується цілою низкою гострих екологічних проблем. Світова тенденція щодо збільшення кількості автомобілів створює труднощі в боротьбі проти забруднення атмосфери, ґрунту, водойм, збільшення рівня шуму. У сучасних містах, де кількість автомобільного транспорту постійно зростає, вивчення впливу розташування автозаправних станцій (далі – АЗС) на навколишнє середовище є надзвичайно актуальною проблемою. Водночас у містах з'явилася необхідність розвитку інфраструктури сервісного обслуговування автотранспорту – створення АЗС, станцій та пунктів технічного обслуговування і ремонту автомобілів, автомийок, гаражів, автостоянок.

Значне зростання кількості автомобілів у нашій країні, а також відмова держави від монополії на ринку нафтопродуктів зумовили будівництво нових і переобладнання наявних АЗС, що стало одним із напрямів, який найбільш стрімко розвивається. У процесі експлуатації АЗС відбувається постійне забруднення атмосферного повітря, підземних і наземних вод та ґрунтів. Тому прогнозування впливу на довкілля цих екологічно небезпечних об'єктів і, у зв'язку із цим, вибір оптимального місця розташування майбутньої АЗС є вкрай необхідним завданням сьогодення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Варто зазначити, що навіть на найголовніших автомобільних дорогах нашої країни кількість АЗС значно менша від нормативної. Переважно вони сконцентровані поблизу великих населених пунктів.

Екологічна безпека АЗС визначається сукупністю забруднень, які надходять від автомобілів під час їх перебування на території заправної станції, та нафтопродуктами із самої АЗС. Ці забруднення формуються з відпрацьованих газів автомобільних двигунів, у результаті витоку палива і масел, за рахунок продуктів зносу деталей автомобілів і автомобільних шин, бруду з кузовів автомобілів, випарів із резервуарів АЗС для зберігання палива і паливороздавальних колонок. Газоподібні й аерозольні забруднювальні речовини надходять у повітря. Велика частина з них поширюється шляхом розсіювання, інша частина осідає на території АЗС і змивається поверхневими (дощовими і талими) та мийними водами у ґрунт прилеглих до АЗС територій, забруднюючи їх.

Деяка частина забруднень надходить шляхом фільтрації у ґрунтові води. На території України всі АЗС відповідно до проектів повинні бути обладнані спорудами для очищення поверхневих вод, що стікають із їхньої території. Тому автозаправні станції будуються з дотриманням цієї вимоги.

Забруднення, що надходять у повітря, очищенню не підлягають. Відтак через велику їх кількість забруднення повітряного середовища вважають надзвичайно небезпечним. Найбільш токсичними і шкідливими в еколого-гігієнічному плані є етиловий бензин, що містить тетраетил свинцю і спеціальні речовини (бромистий етил, диброметан, дихлоретан) для підвищення октанового числа палива. З 1 січня 2003 р. виробництво етилованого бензину (що містить тетраетил свинцю у кількості 0,37 г/л) в Україні заборонено [1, с. 2–3]. Однак можлива наявність цієї речовини в бензинах низьких марок у результаті діяльності недобросовісних виробників і постачальників палива.

Багато в чому кількість викидів забруднювальних речовин залежить від умов перебування автомобілів на території АЗС: рухаються вони чи стоять, працюють чи ні двигуни автомобілів, як довго залишається відкритою горловина бензобака автомобіля, як довго перебуває машина на території АЗС. Частина землі, що виділяється для будівництва АЗС, визначається не тільки нормативами відстаней між спорудами, а й тим, як розміщені ці споруди. Однак такі фактори на сьогодні залишаються без належної уваги у плануванні новостворюваних АЗС.

У процесі експлуатації автозаправних станцій відбувається забруднення ґрунтового покриву і ґрунтів нафтопродуктами. Для чорноземної зони України розроблено такі ступені градації забруднення ґрунтів нафтою і нафтопродуктами: незабруднені ґрунти – 400 мг/кг, слабе забруднення – 3 000–6 000 мг/кг, середнє забруднення – 6 000–12 000 мг/кг, сильне забруднення – 12 000–25 000 мг/кг, дуже сильне забруднення – більше 25 000 мг/кг [2, с. 57–58].

Актуальність проблеми вибору місця розташування АЗС також зумовлена тим, що вони найчастіше розміщені поблизу населених пунктів, тим самим негативно впливаючи на здоров'я людини, а також створюючи аварійну небезпеку. Деякі дані стверджують, що АЗС вносить зі стічними водами таку саму кількість забруднювальних речовин, що і 5 035 жителів міста.

Автотранспорт на АЗС є причиною не тільки хімічного забруднення, а й фізичного – як досить

сильне джерело шуму. Найбільші рівні шуму (90–95 дБ) фіксуються на АЗС, розташованих на магістральних дорогах із середньою інтенсивністю руху 2–3 тис. і більше транспортних одиниць за годину. Шум помітно знижується, якщо швидкість руху зменшується. Усі ці негативні явища особливо проявляються на автозаправних станціях.

В основу гігієнічно допустимих рівнів шуму для населення покладено дослідження з визначення наявних та порогових рівнів шуму. Сьогодні шуми для умов міської забудови нормують відповідно до ДБН та СНІП [3, с. 18–20; 4, с. 1–2]. Ці правила встановлюють шумові характеристики, методи їх вимірювання і допустимі рівні шуму транспортних засобів усіх зразків. Основною ознакою зовнішнього шуму вважається рівень звуку, який не повинен перевищувати для легкових автомобілів і автобусів 85–92 дБ, для мотоциклів – 80–86 дБ.

Таким чином, можемо зробити висновок, що АЗС значно впливають на компоненти навколишнього середовища. Відтак до вибору місця розташування новостворюваних станцій слід підходити з урахуванням усіх забруднювальних факторів і варто намагатися якомога знизити їхній вплив на довкілля та населення.

**Постановка завдання.** Серед підходів до гарантування заходів безпеки під час планування майбутнього місця розташування АЗС виділяють створення тривимірних моделей об'єктів та використання геоінформаційного аналізу.

Здатність геоінформаційної системи (далі – ГІС) здійснювати пошук у базі даних та створювати просторові запити дає змогу скоротити час отримання відповідей на поставлені запитання. За допомогою ГІС можливо знайти прийнятну територію для розташування нової АЗС з урахуванням багатьох факторів, виявити взаємозв'язки, які можуть спричинити збільшення впливу планованої АЗС на довкілля чи, навпаки, зменшення.

Однією із ключових особливостей даних у роботі з пошуку безпечного місця розташування АЗС є наявність просторових властивостей, які слід включати до аналізу. Для вирішення завдань, пов'язаних із маніпулюванням просторовими даними, традиційно застосовуються методи просторового аналізу – ГІС-аналізу – з використанням засобів геоінформаційних систем, які включають велику кількість функцій для створення, редагування, перетворення і представлення просторових даних, а також функції тематичної обробки даних просторово-розподілених об'єктів. Просторові дані – це цифрові дані про властивості просторових

об'єктів, що включають відомості про їх місцезнаходження, площі, форми. Просторовий аналіз є процесом пошуку географічних закономірностей і просторових взаємин між об'єктами дослідження з використанням засобів геоінформаційних систем. У цьому процесі можливо виділити такі основні етапи:

- створення цифрової карти досліджуваної території;
- накладення об'єктів дослідження на цифрову карту;
- аналіз закономірностей просторового розподілу об'єктів.

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

Саме у вказаній послідовності було здійснено пошук оптимального місця розташування АЗС поблизу міста Харкова на трасі Київ – Харків – Довжанський. На початку роботи було проведено аналіз території з використанням засобів супутникової геодезії для виявлення і вибору найприйнятнішого місця розташування (Рис. 1).



Рис. 1. Супутниковий знімок території

Автодорога М 03 Київ – Харків – Довжанський є основною транспортною артерією всієї області. Траса М 03 – автомобільна дорога міжнародного значення, яка проходить по території Київської, Полтавської, Харківської, Донецької, Луганської областей. Вона починається в Києві, проходить через Бориспіль, Яготин, Пирятин, Лубни, Хорол, Полтаву, Харків (на цій ділянці зберігається її назва Харків – Ростов), Чугуїв, Ізюм, Слов'янськ, Артемівськ, Дебальцеве, Красний Луч і закінчується на пропускному пункті «Довжанський», що веде через Новошахтинськ на Ростов-на-Дону в Росію.

Двома основними типами інформації, що може бути використана для ГІС, є картографічна (векторна або растрова) і семантична (описова). Картографічна інформація повинна містити координати й межі кордонів географічних об'єктів. Семантична інформація має описувати кількісні

та якісні характеристики об'єктів і зв'язків між ними. Картографічна і семантична інформація в базі даних пов'язується одна з одною за допомогою спеціальних ключових полів і повинна бути структурно об'єднаною у групи. Від того, як організовано структуру бази даних, залежить зручність подальшої роботи ГІС та ефективність розрахункових процедур.

На першому етапі моделювання вихідні дані слід проаналізувати, векторизувати та звести в єдину систему. Для подальшої роботи зі створення тематичних шарів було використано програмний продукт ArcGIS компанії «ESRI». Проаналізувавши отримані знімки, створили базу геоданих АЗС. У ній було сформовано набір просторових об'єктів із прив'язкою до системи координат Ukraine 2000 GK zone 7. Для подальшого аналізу території визначили тематичні шари. На підставі синтезу та аналізу вихідних даних за допомогою програмного забезпечення ArcGIS було реалізовано та збережено у базі геоданих необхідні класи просторових об'єктів. Для відображення споруд було створено клас Buildings (будівлі і споруди), тип – полігональний. Далі нормалізували бази геоданих: інформацію було організовано таким чином, щоб усі створені таблиці були зв'язані між собою відповідно до правил, які забезпечують захист інформації і роблять базу даних більш гнучкою, усуваючи надмірність і неузгоджені залежності [5, с. 40–45; 6, с. 224–225]. Надмірність призводить до непродуктивного витрачання вільного місця на жорсткому диску й ускладнює обслуговування баз даних. На Рис. 2 наведено схему бази геоданих проекту.

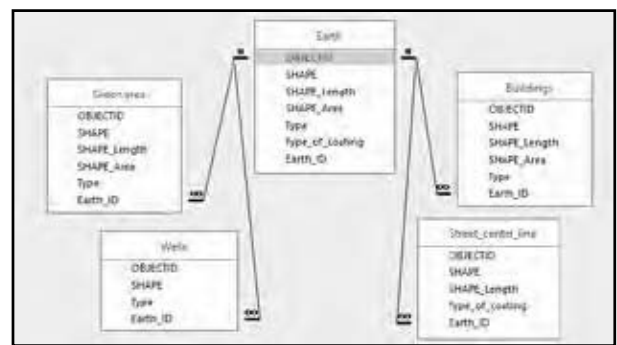


Рис. 2. Схема бази геоданих

Екологічні збитки повсякденної діяльності АЗС проявляються безпосередньо у багатьох явищах: забрудненні ґрунту, води, атмосфери, що веде до значного погіршення здоров'я людини, сприяє зниженню якості і скороченню життя населення. Згідно з Рекомендаціями щодо розподілу підприємств на категорії небезпеки залежно від

маси та видового складу забруднювальних речовин, що викидаються в атмосферу [7, с. 28–30], можливо розрахувати категорію небезпеки підприємства (далі – КНП) та визначити необхідний розмір санітарно-захисної зони.

$$КНП = \sum \left( \frac{M}{ГДК} \right)^\alpha,$$

де  $M$  – маса викиду  $j$ -ї речовини, т/рік; ГДК – середньодобова гранично допустима концентрація  $j$ -ї забруднювальної речовини, мг/м<sup>3</sup>;  $\alpha$  – безрозмірна константа, яка дозволяє порівняти ступінь шкідливості  $j$ -ї речовини зі шкідливістю сірчистого газу.

Для розрахунку категорії небезпеки підприємства за відсутності середньодобових значень гранично допустимих концентрацій використовують значення максимальних разових ГДК. За величиною КНП підприємства поділяються на чотири категорії небезпечності. Проведені розрахунки показали, що АЗС відносяться до 4-ої категорії, оскільки  $КНП < 1\ 000$ , тобто необхідна санітарно-захисна зона довкола АЗС, відповідно до санітарних норм, повинна становити 100 м. Нормативні розміри санітарно-захисної зони, як і можливі відступи від цих розмірів у проектах, мають уточнюватися як у бік збільшення, так і в бік зменшення залежно від рози вітрів району розташування підприємства. Далі розміри зазначеної зони можливо наносити на векторизовану карту. Для цього слід створити окремий шар та нанести буферну зону, дотримуючись тих просторових об'єктів, які були створені раніше.

Проектовану АЗС вирішено розташувати поблизу селища Кам'яна Яруга за 15 кілометрів від Харкова на трасі М 03. Селище лежить на пагорбах, площа проектованої ділянки становить 0,2163 га. Клімат населеного пункту помірно-континентальний. Середньорічна температура становить +7,5°C. Середньорічна кількість опадів – 515 мм. Поблизу немає ніякої височини, яка б істотно впливала на розу вітрів. Середньорічна швидкість вітру дорівнює 4,0 м/с, вона дещо зменшується в липні-серпні (3,3 м/с) і збільшується в лютому (4,7 м/с). Найчастіше дмуть східні вітри. Їхній напрям не повинен впливати на санітарно-захисну зону довкола АЗС (Рис. 3). Як видно з Рис. 3, у буферну зону станції житлові будівлі не потрапляють.

Особливо цікавим із погляду подальшого аналізу є тривимірне моделювання (далі – 3D) як новий спосіб подання інформації. Цей підхід останнім часом користується великою популярністю, застосовуючись у багатьох областях людської діяльності. Цінність тривимірного

моделювання в тому, що воно дозволяє відобразити в об'ємі не тільки наявні, але й спроектовані об'єкти інфраструктури. Одним із значущих напрямів використання тривимірних моделей є інформаційна підтримка проектних рішень. 3D-моделювання дозволяє випробувати останні безпосередньо у процесі проектування, що радикально скорочує часові витрати й істотно підвищує якість проектів.

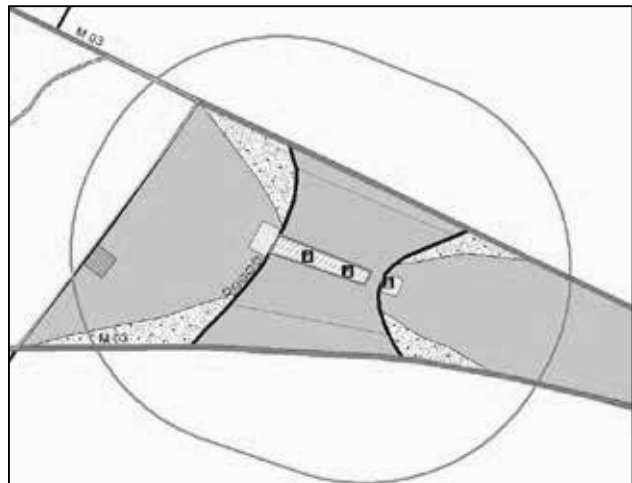


Рис. 3. Вигляд буферної зони навколо АЗС

Особливість проектних завдань полягає в моделюванні й оптимізації рішення, яке ще потрібно реалізувати. Контроль за результатами саме на цьому етапі особливо важливий, оскільки дозволяє скоротити кількість помилок проектування без помітного збільшення вартості проекту. У будь-якому разі загальна вартість створення 3D-моделей значно менша від витрат на внесення змін до побудованого об'єкта. Віртуальна тривимірна модель дозволяє проводити візуальний контроль і оптимізувати проектні рішення з урахуванням рельєфу місцевості, наявної і спроектованої інфраструктури. 3D-проекти, поєднані із тривимірною моделлю території, дають уявлення про те, як запропоновані об'єкти впишуться у ландшафт. Тривимірне моделювання широко застосовується для цілей моніторингу та управління об'єктами. Графічне представлення останніх у вигляді 3D-моделей надає інформацію в найбільш зручному і природному для людини вигляді, що позитивно позначається на якості й оперативності прийняття рішень. Зокрема, у цьому проекті зазначене дозволить скорегувати розмір санітарно-захисної зони навколо АЗС з урахуванням поверховості будівлі та рози вітрів у цій місцевості.

Для створення 3D-моделей будівель АЗС було використано можливості AutoCAD [8, с. 100–101].

У результаті отримали як самі моделі, так і реалістичні зображення (Рис. 4).



Рис. 4. Вигляд тривимірної моделі головної будівлі АЗС

На наступному етапі моделювання було поєднано побудовану тривимірну модель з ортофотознімком місцевості (Рис. 5).

Процес роботи над деталями тривимірної сцени дуже трудомісткий, однак, чим більше зусиль докладається до реалізації, тим кращий результат.

**Висновки.** Сучасне програмне забезпечення, яке використовувалося у проекті, дозволило полег-

шити роботу з пошуку оптимального місця розташування АЗС як об'єкта техногенно небезпечного, що відноситься до 4-ої категорії небезпеки. Практичне значення одержаних результатів полягає у розробці підходів до проектування місця розташування техногенно небезпечних об'єктів, зокрема АЗС. Реалізація цього проекту уможливить у разі розробки схожих об'єктів зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.



Рис. 5. Вигляд тривимірної моделі, поєднаної з ортофотознімком місцевості

#### Список літератури:

1. Про затвердження Програми поетапного припинення використання етилованого бензину в Україні: Постанова Кабінету Міністрів України від 1 жовтня 1999 р. № 1825.
2. ДСТУ 41-00032 626 00-007-97. Охорона довкілля за будівництва розвідувальних і експлуатаційних свердловин на нафту і газ / Правила проведення робіт.
3. Захист територій, будинків і споруд від шуму: Будівельні норми і правила ДБН В.1.1-31:2013.
4. Санітарні норми СНП П-12-77. Норми проектування. Захист від шуму.
5. Поморцева Е.Е. Проектирование баз геоданных: учеб. пособие. Харьков, 2016. 140 с.
6. Поморцева О.Є. Використання геоінформаційної системи у проектуванні інфраструктури міста. Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні методики, інновації та досвід практичного застосування у сфері технічних наук». Люблін, 2017. С. 223–226.
7. Екологія: метод. посібник для проведення лаб. робіт / укл. О.О. Коновалова, Г.П. Андрейко. Харків, 2014. 56 с.
8. Поморцева Е.Е., Маслий Л.А. Трехмерное моделирование в благоустройстве территории. Материали всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні аспекти формування ринку нерухомості: вітчизняний та міжнародний досвід», Харків, 2017. С. 100–101.

#### МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ С ПОМОЩЬЮ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*В статье описывается одна из насущных проблем современности по проектированию месторасположения экологически опасных техногенных объектов на примере автозаправочных станций, относящихся к объектам четвертой категории опасности. Особое внимание уделено использованию геоинформационных систем в решении этого вопроса. Именно такие системы могут учитывать все те факторы, которые позволяют принять верное решение при проектировании. Также вкратце описана последовательность действий, необходимых для выполнения данной задачи. Предложенные рекомендации позволяют более эффективно и с минимальными временными затратами решать подобные задачи.*

**Ключевые слова:** техногенный объект, геоинформационная система, геопространственные данные, геореляционная модель данных, база геоданных, санитарно-защитная зона, трехмерная модель, категория опасности, спутниковый снимок.

---

**MODELING OF THE LOCATION OF ENVIRONMENTALLY HAZARDOUS OBJECTS BY GEOINFORMATION SYSTEMS**

*A serious problem of our time is described in the article. Designing the location of environmentally hazardous man-made objects. An example is a gas station, an object of the fourth hazard category. Much attention is paid to the use of geoinformation systems. These systems allow you to take into account many factors and make the right decision when designing. Briefly describe the steps to perform the task. The proposed recommendations will make it possible to solve such problems more efficiently and with minimal time.*

**Key words:** *technogenic object, geoinformation system, geospatial data, georeferential data model, geodatabase, sanitary protection zone, three-dimensional model, hazard category, satellite image.*