

УДК 504.06

© **Н.А. Новохацька**, наук. співробітник

Інститут телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України, м. Київ

МЕТОДОЛОГІЯ ПРОСТОРОВОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЗОНИ ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛО МІСЦЬ ВИДАЛЕННЯ ВІДХОДІВ

У статті пропонується методологія просторового моделювання зони забруднення навколо місць видалення відходів, яка базується на застосуванні ГІС-технологій з отриманням триангуляційної моделі, комплексної картографічної моделі та моделі зони впливу полігону твердих побутових відходів, що значно підвищить рівень екологічної безпеки на регіональному і державному рівні та дасть можливість розробити комплекс заходів щодо зменшення цього впливу на довкілля.

Ключові слова: тверді побутові відходи, місця видалення відходів, державний облік, база даних, моделювання.

Вступ. Загальна маса світового потоку побутових відходів становить щорічно близько 400 мільйонів тонн, з них 80% знешкоджується шляхом поховання під землею; таку кількість без перебільшення можна вважати геологічним масштабом. Практично непомітна до середини 19 століття проблема у другій половині 20 сторіччя набула ознаки катастрофи.

Аналіз щоденного накопичення відходів вказує на потужний потік матеріалів усіх видів, який рухається лише в одному напрямку – від місця видобування ресурсів на смітник. Так само, як природні екосистеми залежать від кругообігу речовин, так стійке існування технологічного суспільства залежатиме від людської здатності і вміння рециклізувати практично всі види матеріалів. Із зростанням добробуту населення чисельність відходів постійно збільшується, що призводить до появи величезної кількості звалищ і полігонів для їхнього зберігання. В Київській області, наприклад, станом на 01.01.2013 р. налічується 30 полігонів для твердих побутових відходів (ТПВ) загальною площею 255,56 га.

Ситуація, яка склалася з утворенням, використанням і захороненням відходів, призводить до значних втрат природних ресурсів, виникнення незворотних процесів забруднення навколишнього середовища і завдає реальної загрози здоров'ю населення. Органічна речовина, що міститься в твердих побутових відходах, утворює фільтрат, складний за хімічним складом. Проникнення фільтрату в ґрунт і ґрунтові води може призвести до значного забруднення, яке поширюється на значні відстані від полігона ТПВ. До стійких токсикантів відносяться важкі метали, тому що вони в природних умовах погано розкладаються. Таким чином, звалище ТПВ, окрім відчуження значних кількостей землі, є джерелом забруднення

навколишнього середовища токсичними елементами, які не можуть бути включеними до природних циклів кругообігу речовин. Рухаючись трофічними ланцюгами, вони потрапляють до організму людини, завдаючи незворотних змін.

Постановка завдання. Враховуючи суттєвий вплив полігонів для твердих побутових відходів на довкілля, виникає необхідність дослідження зони ураження токсичними речовинами. На даному етапі забруднення навколишнього середовища контролюється контактними методами (прямими), але світова практика показує можливість і ефективність використання непрямих методів. Метою даного дослідження є розробка методології просторового моделювання зони забруднення навколо місць видалення відходів, яка базується на застосуванні ГІС-технологій для візуалізації прогнозного впливу та побудови моделі можливого забруднення.

Методика проведення досліджень. Відповідно до закону України “Про відходи” [1] оцінку потенційної екологічної небезпеки місць видалення відходів (МВВ) України необхідно проводити на підставі всього комплексу наявної інформації, включаючи вихідні дані проектів, матеріали виробничої паспортизації відходів (що утворювалися і видалялися), дані інвентаризаційних карток (якщо вони є) і відомостей прибутково-видаткових документів, дані моніторингу та спеціальних робіт, відомості спеціально уповноважених органів виконавчої влади у сфері поводження з відходами, матеріали постійно діючих комісій з питань поводження з безхазяйними відходами при місцевих державних адміністраціях та органах місцевого самоврядування. Сюди також відносяться дані, про обсяги накопичення відходів та клас їхньої небезпеки для людини, про наявність в районі розміщення МВВ забруднення вод, ґрунтів, атмосферного повітря та його рівень, про рівень природних та штучних засобів (водотривкі шари порід, ізоляційні екрани тощо) відвертання забруднення навколишнього природного середовища, про наявність та рівень моніторингу вод, ґрунтів, атмосферного повітря в районі МВВ, про особливості розташування МВВ, про рівень дотримання вимог експлуатації МВВ тощо.

Виконавши порівняльний аналіз усіх можливих методологій оцінки екологічної ситуації, розроблена методологія еколого-геохімічного моделювання екологічних ситуацій, яка базується на застосуванні ГІС-технологій. Саме ця технологія дає можливість врахувати весь комплекс наявної інформації та ефективно аналізувати її. Побудова результуючої карти завершується в програмному середовищі ГІС шляхом накладання відповідної таблиці середовища (шару), і вони в автоматичному режимі накладаються шарами, розміщуючись один над одним. Як результат системного аналізу, отримуємо комплексну картографічну модель у ГІС-середовищі, яка відображає вплив на абіотичні, біотичні, соціальні та техногенні чинники. Запропонована модель включає усі компоненти навколишнього середовища і автоматично враховує їх зміни під впливом природних і техногенних чинників. Процес оцінки сучасного екологічного стану завершується складанням еколого-геохімічної моделі у вигляді комплексу електронних карт як стосовно окремих компонентів довкілля і окремих елементів-забруднювачів, так і створенням синтетичної (інтегральної) карти, на якій визначаються зони екологічної небезпеки різного ступеня. Під час моделювання обов’язково враховуються

результати екологічного моніторингу стану всіх компонентів навколишнього середовища, визначаються їх зміни природним шляхом і під впливом техногенного навантаження [2].

Залежно від сценарію розвитку взаємодії між природою, техногенно-небезпечним об'єктом і суспільством виконується прогноз змін у навколишньому середовищі та задаються необхідні екологічні обмеження господарської діяльності на території МВВ [3].

Результати дослідження. Дослідження проводилось на прикладі Київської області. Найбільшим за площею в області є полігон ТПВ (15 га), розташований на землях Києво-Святошинського району Київської області на відстані 1,8 км від с. Тарасівка і 1,6 км від с. Крюківщина (рис. 1). Зазначений полігон розташований в яру біля автодороги, що з'єднує с. Тарасівку і с. Крюківщину і є основним сполученням з м. Київ, що характеризує полігон як дуже зручний та доступний для транспортування сміття. Одним із особливостей полігону є розташування поблизу (1 км) ставку, який має рибогосподарське та рекреаційне значення для населення прилеглих населених пунктів, а постійний дренажний стік утворює невелику річку Сіверку. Таке розташування сміттєзвалища дає підстави стверджувати про наявний постійний і значний вплив на навколишнє природне середовище та здоров'я населення, і є необхідність детального і систематичного моніторингу стану довкілля поблизу цього потенційно небезпечного об'єкта.

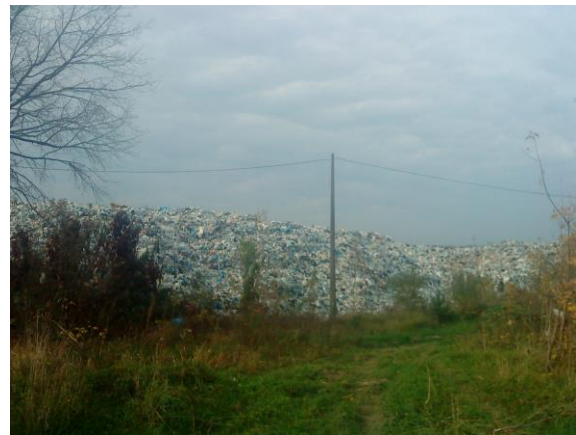


Рис. 1 – Космознімок та фото полігону ТПВ с. Тарасівка, Києво-Святошинський р-н, Київська обл.

Моделювання зони забруднення навколо полігону здійснювалося у середовищі ГІС, що потребує створення цифрової моделі рельєфу з метою визначення показників крутості, ухилу, довжини схилів та тальвегів, контурів і площі водозборів на основі оцифрованих топографічних карт і планів, наприклад, засобами ArcINFO/ArcGIS з модулями Spatial Analyst та ArcScene/3DAnalyst, які включають в себе індивідуальний набір геопросторових тематичних шарів у векторній або растровій формах, а також атрибутивних даних у табличній або текстовій формах об'єкта дослідження (рис. 2). Топографічна основа ГІС складається з електронних векторних карт території 1:200000, але для моделювання території полігону цього масштабу недостатньо, тому нами було відскановано растрову карту 1:10000 (рис. 3), прив'язано її до слів в модулі ArcMap та векторизовано. Окрім растрової карти, було додано космічний

Екологічна безпека та природокористування

знімок (рис. 4). Згідно з класифікатором [4] для успішного виконання зазначених цілей потрібно використання космічних знімків надвисокого просторового розрізнення (0,5–15 м) у спектральному діапазоні 0,4–1,1 мкм, а саме QuickBird, WorldView, GeoEye, Pleiades, Ikonos та ін. Для деталізації та актуалізації зображення було побудовано трек за допомогою GPS-приймача (Magelan Triton 400), безпосередньо на територію розташування полігону (рис. 4).

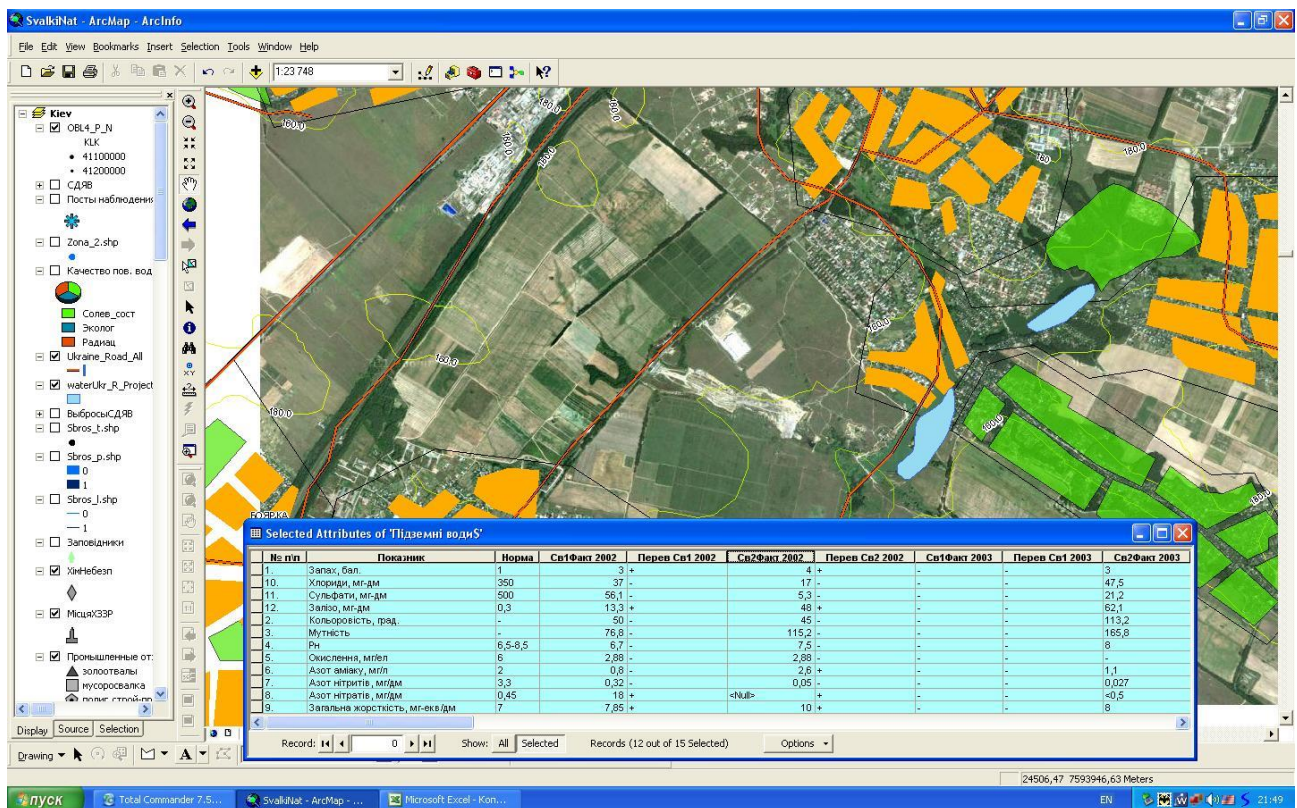


Рис. 2 – Робоче вікно ArcGis

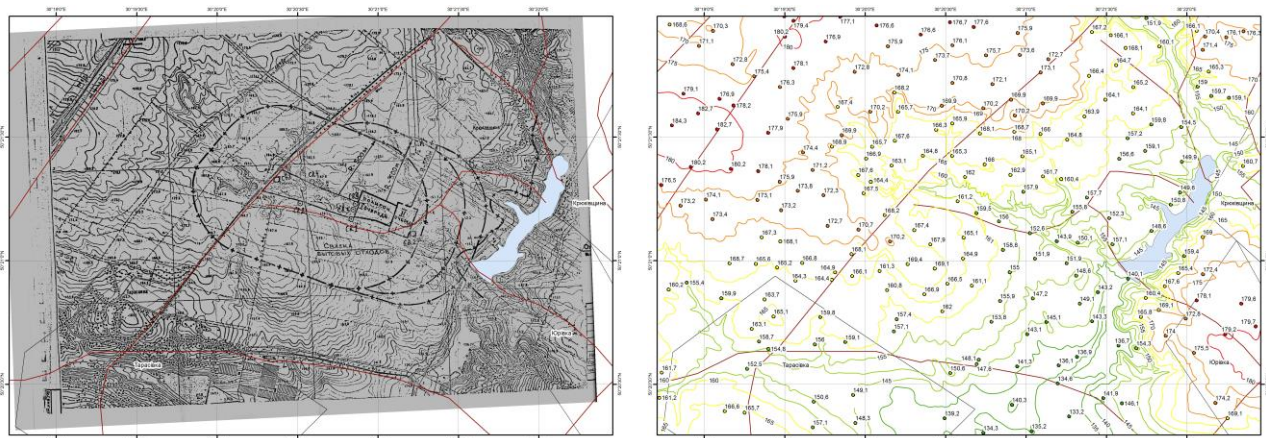


Рис. 3 – Карта території дослідження та результат її обробки

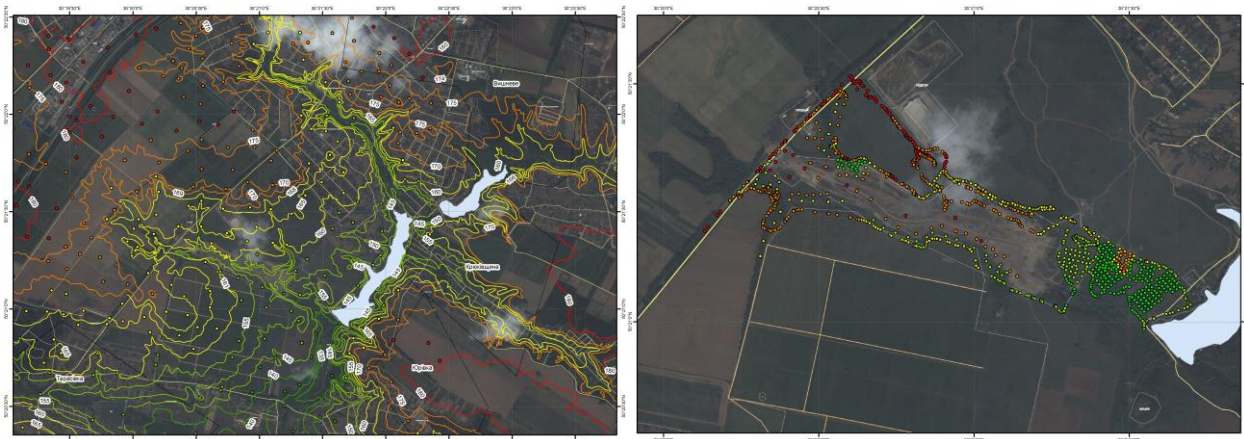


Рис. 4 – Актуалізація інформації

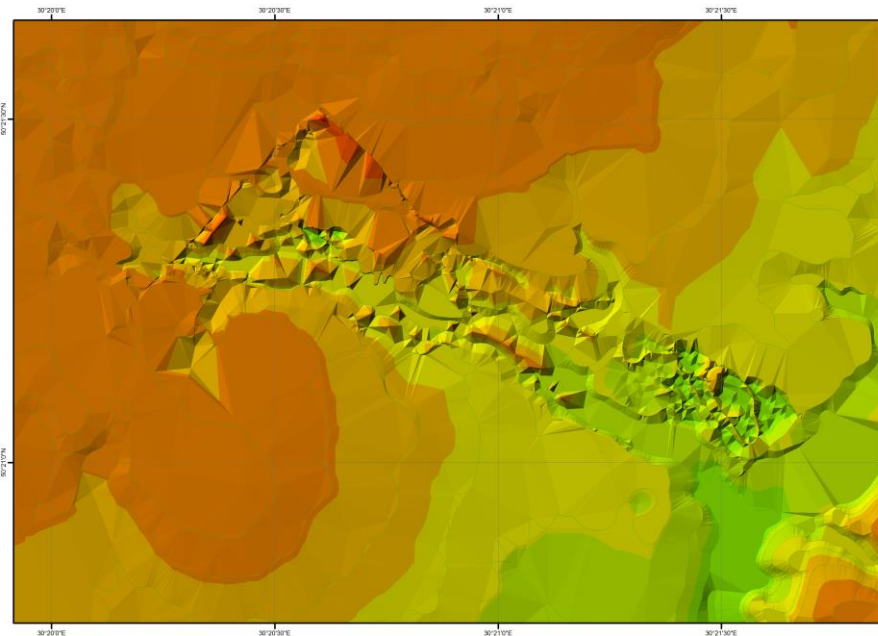


Рис. 5 – Триангуляційна модель території навколо полігону ТПВ

В результаті суміщення ізоліній топооснови та карти, а також актуалізації і деталізації зображення за допомогою космічних знімків та додаткового дослідження GPS-приймачом нами було отримано триангуляційну модель території навколо полігону ТПВ (рис. 5). Цю цифрову модель можна використовувати для анімації та створення відеофайла із 3-D зображенням досліджуваної території що дає змогу візуалізувати зображення та будувати прогнозні моделі можливого забруднення.

Так, наприклад, нами було побудовано модель наймасштабнішої за негативними наслідками надзвичайної ситуації (НС) у МВВ – залповий скид забруднених стоків з його території (злив) та/або з водойм-накопичувачів фільтрата (перелив через греблю чи її прорив) із токсичним та бактеріологічним забрудненням водойм, сільськогосподарських і рекреаційних угідь, ґрунтів та ґрунтових вод, що використовуються для водопостачання [5].

На рис. 6 ми бачимо досліджуваний полігон ТПВ, розташування ставка-накопичувача фільтрата та зону ймовірного затоплення при аварійному залповому витокі фільтраційних вод. Перелив через греблю можливий або навесні під час аномально високої повені (швидкого танення великих снігів), або влітку-восени через аномально високі зливові опади.



Рис. 6 – Імовірна надзвичайна ситуація на полігоні ТПВ з аварійним викидом забрудненого фільтрата

Розрахунок об'єму аварійного скиду передбачає визначення площі водозбору ставка-накопичувача, площі і середньої глибини ставка до НС та максимально припустимої (фактичний і резервний об'єми ставка), інтенсивності (мм/сек) і тривалості опадів, інтенсивності просочування, висоти снігового покриву, інтенсивності і тривалості сніготанення тощо. Встановлення площі водозбору вимагає морфометричного аналізу, однак у першому наближенні вона може бути апроксимована площею складування відходів або загальною площею МВВ.

Для досліджуваного полігону нами здійснено оцінку потенційного об'єму аварійного скиду на основі кліматичного параметру найбільших сумарних опадів за одну зливу у теплий період (квітень-листопад), що дорівнює 130 мм. Тривалість зливи прийнята у 0,5 годин (прирівняна до тривалості скидання забруднених стоків). Водозбірна площа ставка-накопичувача задана проектною площею полігону (15 га). Тоді максимальний об'єм аварійного стоку забруднених вод у ставок-накопичувач дорівнюватиме сумі стоку з полігону за цей час:

$Q_1 \approx 19500 \text{ м}^3$ ($Q_{(t)} \approx 39$ тис. $\text{м}^3/\text{год}$). Обсяг фільтрату до початку НС знайдено з його приблизних геометричних параметрів влітку 2011 р. (довжина – 100, ширина – 20, середня глибина – 2 м), тобто $\approx 4000 \text{ м}^3$. Резервний об'єм ставка (Q_2) прийнято у 30% від накопиченого обсягу фільтрату $\approx 1200 \text{ м}^3$. Тоді максимальний об'єм аварійного скиду забруднених стоків у балку нижче території полігону становитиме: $Q_e = Q_1 - Q_2 \approx 18300 \text{ м}^3$.

Впродовж руху приблизно у 1 км до рибогосподарського ставка (фронтом шириною до 200 м) хвиля поверхневого стоку забрудненого скиду зазнаватиме розбавлення відносно чистою водою (об'ємом $Q_3 = Q_{sv} + Q_{ds}$), а також просочування (приймаємо його максимальний обсяг у 10%, оскільки хвиля йтиме майже на 100% обводненими заболоченими луками і чагарниками). $Q_{sv} \approx 23400 \text{ м}^3$, це – зливові опади з урахуванням просочування ($k_{пр} = 0,1$) над площею, якою пройшла хвиля (добуток фронту хвилі на довжину шляху, сумарні опади і коефіцієнт просочування). Q_{ds} – додатковий зливовий стік з незабруднених площ, з урахуванням просочування (приймаємо $Q_{ds} = 0,2 \cdot Q_{sv} \approx 4680 \text{ м}^3$). За наведених припущень об'єм надходження відносно чистої води становитиме $Q_3 \approx 28080 \text{ м}^3$ і загальний об'єм стоків, що досягне рибогосподарського ставка, становитиме: $Q = Q_e + Q_3 \approx 46340 \text{ м}^3$; причому: $Q_e : Q \approx 39 : 100$. Обернено до цієї пропорції зменшиться концентрація забруднюючих речовин у аварійному стоці, що досягне рибогосподарського ставка.

За допомогою побудованої моделі нами було проведено аналіз можливого впливу полігону на підземні води, які використовуються для водопостачання населеними пунктами поблизу МВВ. На рис. 6 відмічено пункти відбору проб води для гідрохімічного дослідження, результати якого буде наведено в наступній статті.

Висновки

Розроблена методологія просторового моделювання зони забруднення навколо місць видалення відходів дозволяє візуалізувати вплив на довкілля, будувати моделі можливого забруднення досліджуваної території, проводити контроль і прогнозувати розвиток негативних явищ і процесів, що значно підвищує рівень екологічної безпеки на регіональному та державному рівні і надає можливість розробки комплексу заходів щодо зменшення впливу на довкілля ТПВ. Адекватне вирішення питання екологічно безпечного збереження побутових відходів забезпечить не тільки комфортні умови життя людей і оптимальні санітарно-гігієнічні умови їхньої діяльності, але і саму можливість існування атмосфери, гідросфери, літосфери та біосфери загалом.

Список використаної літератури

1. Закон України «Про відходи» від 05.03.1998 р.
2. Мельник Т.П. Застосування ГІС для потреби попередження стихійних гідрологічних явищ / Т.П. Мельник // Вісник Харківського національного університету. Вип. № 1037, 2012. – С. 125–132.
3. Космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом / Л.Д. Греков, Г.Я. Красовський, О.М. Трофимчук. – К.: Наук. думка, 2007. – 123 с.

4. Классификатор тематических задач оценки природных ресурсов и окружающей среды, решаемых с использованием материалов дистанционного зондирования Земли / [Редакция 6]. – Иркутск, Москва : ООО «Фирма АКИМ», 2002. – 53 с.

5. Можливості застосування ГІС і ДЗЗ для оцінки потенційних еколого-економічних збитків від місць видалення відходів / Н.А. Новохацька, О.Г. Рогожин, В.О. Трофимчук // Матеріали XII Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами з надзвичайних ситуацій» : збірник наукових праць. – Київ – Харків – АР Крим, 2013. – С. 158–165.

Стаття надійшла до редакції 11.02.14 українською мовою

© Н.А. Новохацькая

**МЕТОДОЛОГИЯ ПРОСТРАНСТВЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ЗОНЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОКРУГ ПОЛИГОНОВ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ**

В статье предлагается методология пространственного моделирования зоны загрязнения вокруг мест удаления отходов, основанная на применении ГИС-технологий с получением триангуляционной модели, комплексной картографической модели и модели зоны влияния полигона твердых бытовых отходов, что значительно повысит уровень экологической безопасности на региональном и государственном уровне и позволит разработать комплекс мер по уменьшению этого воздействия на окружающую среду.

© N.A. Novokhatska

**SPATIAL MODELING METHODOLOGY CONTAMINATION ZONE
AROUND SOLID WASTE LANDFILLS**

In the article proposes a methodology for modeling spatial contamination zone around waste disposal sites, based on the application of GIS technology to obtain triangulation model, integrated mapping model and model for the impact of waste storage, which will significantly increase the level of environmental security at the regional and state level and allow develop a set of measures to reduce this environmental impact.