

УДК 504.062 + 528.8

© **В.І. Клименко**, канд. техн. наук, учений секретар

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

ТЕХНОЛОГІЯ ЗАХИСТУ ҐРУНТІВ ВІД НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Запропонована технологія дозволяє здійснювати оцінювання техногенного впливу геохімічного забруднення ґрунтів на дослідній території вздовж автомобільних доріг та створювати картографічні матеріали на основі використання космічних знімків високої роздільної здатності.

Ключові слова: забруднення ґрунту, лісозахисні смуги, космічні знімки, картографічні моделі

Земельні ресурси кожної держави значною мірою обумовлюють ступінь збалансованості економічних і соціальних складових умов її сталого розвитку, принципи якого задекларовані конференцією ООН з навколишнього середовища і розвитку в Ріо-де Жанейро у 1992 році. Конституцією України визначено, що земля є основним національним багатством, що перебуває під особливою охороною держави. За земельною площею Україна - друга країна Європи, а за якісним складом та біопродуктивністю ґрунтів – одна з найбагатших держав світу. Проте високий рівень господарського освоєння її території обумовлює інтенсивний вплив антропо- та техногенезу на земельні ресурси, склад і характер процесів, які тут протікають. Незбалансоване антропогенне навантаження на землі всіх категорій, визначених Земельним кодексом України, досягло рівня, за яким можливі катастрофічні наслідки не тільки для всієї системи природокористування, але і для соціальної сфери в цілому. Як свідчать статистичні дані, спостерігається стала тенденція погіршення якісного стану земельного фонду. Особливе занепокоєння викликає зростання в останні роки процесів техногенного забруднення земель, що обумовлює неможливість виробництва на них екологічно чистої продукції. Сучасний еколого – економічний стан земельних ресурсів переважної території України, на думку авторів проекту “Концепції загальнодержавної програми використання та охорони земель” [1], можна охарактеризувати як напружений, а подекуди кризовий, з тенденцією до погіршення.

Вірний вибір методів відбору, аналізу проб та статистичної обробки ґрунту є достатньо важливим. Задачі для динамічних компонентів природного середовища (транспортуючого забруднення) відрізняються від депонуючих (накопичувального забруднення). До перших відносяться атмосферне повітря, поверхневі та підземні води; до других – ґрунт, донні

відкладення, сніг, лід, глибинні підземні води (зона повільного водообміну), рослинні тканини. Різниця між цими компонентами має не стільки кількісний показник, скільки якісний характер. Вона обумовлена різними показниками, наслідком яких є:

- складна мінливість концентрацій у динамічних компонентах середовища та відносне накопичування в депонуючих;

- різна роль у біосфері, так як динамічні компоненти середовища є безпосередньо життєзабезпечувальними, тоді як депонуючі впливають на здоров'я людей та стан біоти в цілому більш чи менш опосередковано.

Депонуючі компоненти можуть характеризувати забруднення за весь період антропогенної дії (грунти, донні відкладення), за ряд років (кора, деревні тканини) чи один сезон (сніговий покрив, зелені рослинні тканини).

Внаслідок антропогенної дії на ґрунти шкідливі речовини зберігаються досить довго, утворюючи безпосередньо загрозу населенню. Забруднення ґрунтів розглядаються у 2 аспектах:

- як самостійна екологічна проблема;

- як індикатор загального екологічного неблагополуччя території.

При першому аспекті проблема вивчається вибірково, там, де вірогідно є високий рівень тих чи інших специфічних речовин, як правило, високих класів небезпеки (радіонуклідів, пестицидів та ін.), та при масштабах від 1:10000 до 1:500, а в другому випадку охоплюються території міст та їх частин, іноді і регіонів, та проводяться роботи у великих та середніх масштабах (від 1:200000 до 1:10000) [2,3]. При моделюванні поширення забруднення від промислових викидів у роботі [4] використовувалася Лагранжова дисперсно-статистична модель переносу забруднювальних речовин. Модель враховує механізми, пов'язані з перенесенням забруднювальних речовин під дією вітру, процеси змін теплообміну і турбулентності атмосфери. Ця модель може бути корисною при оперативному контролі за якістю повітря у межах міста. Особливості забруднення ґрунтів при розміщенні промислових відходів та методичні підходи до економічної оцінки збитків від деградації земель розглядалися у різних працях [5], де визначаються основні положення методичних підходів, встановлюється ступінь деградації земель та порядок розрахунку розміру шкоди (збитків) від деградації земель.

Достатньо ефективним для визначення забруднення земель є використання у комплексі як стандартних методів оцінки, так і сучасних, таких як дистанційне зондування Землі з космосу. При дешифруванні за космічними знімками техногенного забруднення земель найбільш доцільним видається використання ознак, пов'язаних з варіаціями альбедо снігового покриву. Дійсно, в ряді багатьох чинників, які впливають на них, домінуючим є вміст акумульованого снігом техногенного пилу, який осаджується з атмосфери. Для картографування ареалів, в яких цей вміст перевищує фоновий рівень, залучались програмний комплекс ERDAS IMAGINE від Leica Geosystems GIS & Mapping і спеціалізована програма IMPROC. Засобами ERDAS IMAGINE виконувались окремі етапи первинної обробки космічних знімків, а також визначались межі кластерів «ліс» і «забудована територія» -

об'єкти, що маскують межі зон забруднення снігового покриву. Оконтурювання останніх виконувалось алгоритмом програми IMPROC, який забезпечував реалізацію наступних етапів:

- 1 - формування доповнюючої структурної дешифрувальної ознаки;
- 2 - побудови двовимірної гистограми у просторі «яскравість-структурна ознака»;
- 3 - побудови розпізнаючого правила.

Доповнюючою структурною дешифрувальною ознакою була обрана величина модуля градієнта яскравості - G , яка визначається шляхом просторового диференціювання, тобто

обчисленням похідних $\frac{\partial F}{\partial x}$ та $\frac{\partial F}{\partial y}$, де F – яскравість зображення, застосуванням згортки з масками оператора Собела H_x та H_y :

$$H_x = \begin{pmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix}; \quad H_y = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{pmatrix}.$$

Модуль градієнта G обчислюється як $G = \sqrt{\left(\frac{\partial F}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial F}{\partial y}\right)^2}$.

Припускається, що для лісу величина G повинна бути нижче, ніж для забрудненого снігу, так як у межах лісових масивів яскравість зображення змінюється лише внаслідок флуктуацій, а в межах ділянок забрудненого снігового покриву повинно спостерігатися збільшення яскравості в залежності від ступеня віддалення від джерела забруднення до периферії забруднення [6].

Використовуючи описані вище інформаційні ресурси і програмно-алгоритмічні засоби в деяких районах території Київської області були ідентифіковані топографічні параметри ділянок снігового покриву з аномальними рівнями альbedo. Кожен знімок засобами геоінформаційних систем проектувався з вирівнюванням масштабів на відповідну ділянку електронної карти України, що давало змогу визначати реальні контури урбанізованих територій і лісових масивів як чинників, що маскують забруднення снігу техногенним пилом, а також географічні або прямокутні координати контурів ідентифікованих ареалів забруднення снігового покриву.

Ситуація із сталим забрудненням довкілля, що склалася у великих містах, має загрозливий стан. Близько 70-80% від загальноміських забруднень у м. Києві складають викиди автотранспорту. У 2001 році від загальної кількості забруднювальних викидів з 172,9 тис. т частка автотранспорту склала 145,2 тис. т, що сягає більше 80%. Найбільш забрудненими є ділянки вздовж автомагістралей та на великих перехрестях, де спостерігається перевищення ГДК двоокису азоту, бенз(а)пірену, свинцю та інших речовин. Внаслідок зрос-

тання автомобільного транспорту екологічна ситуація з кожним роком значно погіршується, лише за останні 10 років його кількість зросла у 2,5 рази [7].

Внаслідок використання транспортних засобів з відпрацьованими газами виділяються токсичні речовини, підвищується рівень шуму, відбувається забруднення ґрунтів та водойм внаслідок протікання пально-мастильних матеріалів, стікання води з вмістом нафтопродуктів, вапна та інших компонентів після миття машин, через випаровування палива з баку та карбюратора, важкими вуглеводнями при стиранні шин, а також утворюється пил та інші шкідливі речовини [8]. Природному середовищу завдаються суттєві збитки внаслідок негативною екологічної ситуації в транспортній системі. За різними даними, забруднення важкими металами (свинцем, хромом, нікелем та ін.) характерне для прилеглих територій вздовж доріг від 50 до 200 метрів. На цих землях вміст важких металів перевищує ГДК в кілька разів, і тому такі землі є непридатними для випасу худоби, заготівлі сіна та для вирощування сільськогосподарської продукції [7].

При проходженні 15 тис. км один автомобіль викидає 3 250 кг вуглекислого газу, 530 кг - CO, 93 кг – вуглеводнів, 27 кг оксидів азоту та близько 1кг свинцю. У складі відпрацьованих газів міститься понад 170 шкідливих елементів [9].

Токсичні викиди, придорожній пил, речовини, що використовуються для зимового утримування доріг, та інші фактори разом утворюють комплекс з'єднань, які забруднюють повітря та біологічні об'єкти придорожніх смуг. Частина їх утворює більш складні частки з компонентами атмосфери чи розпадається, потрапляє до рослин та сорбується ґрунтом, інші – з турбулентними масами повітря переносяться на більш великі відстані.

Внаслідок великої кількості викидів в атмосферне повітря існує проблема кислотних дощів, які забруднюють значні площі земель, лісу та водойм. На відміну від точкових об'єктів забруднень промисловими викидами та просторово-розподілених забруднень, для транспорту характерним є лінійне та мережеве забруднення, яке є нефіксованим витоком забруднення з параметрами, змінними у часі та просторі. Розподіл випадку токсичних речовин залежить від метеорологічних умов, топографії місцевості, наявності захисних насаджень та іншої рослинності у придорожній смузі, інтенсивності руху транспорту та інших факторів. Також існують такі параметри, як кліматичні умови, частки небезпечних речовин у складі палива, час експлуатації та технічний стан автомобіля, тиск, волога та інші фізичні фактори. Стаціонарними чинниками є лісові насадження вздовж доріг, які екранують поширення газопилових сумішей, утворених автотранспортними засобами.

Рослини, уловлюючи частину забруднень, локалізують її у вузькій смузі. Листяні дерева можуть уловлювати в середньому 9-11% і хвойні – 13% (в деяких випадках навіть до 30%) пилу та аерозолі. Лісосмуга розсіює неабсорбовану частину забруднення на велику площу, при цьому не концентруючи забруднення речовин біля доріг у небезпечній кількості.

За вегетативний період зелені захисні смуги залежно від типу рослин поглинають різну кількість шкідливих речовин. Зелені насадження вздовж доріг відіграють роль не лише поглинальника шкідливих речовин від викидів автотранспорту, а й протиерозійну, меліоративну, снігозатримну та естетичну роль. Ефективність зелених насаджень залежить від багатьох

факторів: виду рослин, кількості дерев та рядів, висоти насаджень тощо.

Авторами [10] було встановлено, що на вузьких трасах концентрація шкідливих речовин на 30% більша, ніж на широких. Більшість шкідливих компонентів осідають на відстані до 40м від узбіччя дороги, потім концентрації зменшуються (табл.1.).

Таблиця 1 - Відносні концентрації окису вуглецю (%) на різних відстанях від дороги

Відстань від узбіччя, м	Тип дороги		
	Чотирьохсмужні закриті	Чотирьохсмужні відкриті	Шестисмужні
0	100	100	100
5	57	65	51
10	31	53	22
20	23	24	14
40	21	18	10

Зелені насадження між дорогою та житловими будинками знижують концентрації оксиду вуглецю в атмосфері, ступінь зменшення яких залежить від аеродинамічних властивостей деревних та кущових насаджень різного типу. У табл. 2. показана залежність зменшення концентрації шкідливих речовин від типу посадки біля доріг.

Таблиця 2 - Зменшення СО в повітрі внаслідок наявності зелених насаджень різних типів

Типи насаджень	Зниження концентрації, %	
	зима	літо
Однорядкова смуга дерев	0-3	7-10
Дворядкова смуга дерев	3-5	10-20
Те саме з дворядковим чагарником	5-7	30-40
Трьохрядкова смуга дерев з дворядковим чагарником	10-12	40-50
Чотирьохрядкова смуга дерев з дворядковим чагарником	10-15	50-60

Виходячи з цих даних, можна зробити висновок, що при збільшенні зелених насаджень вздовж доріг зменшується концентрація забруднювальних речовин.

Аналізуючи ці явища, пропонується при інтенсивності руху машин менше 10 000 машин на добу насаджувати два ряди високих листяних дерев на відстані 8-10 м від дороги та два ряди щільно посаджених ялинок висотою 3-4 м на відстані 20-22 м. При інтенсивності руху більше 10 000 машин на добу бажано перший ряд листяних дерев розташовувати на відстані 16-18 м від дороги, а огорожі з ялинок – на відстані 27-29 м. Пропонується відстань між листяними деревами – 6 м, між рядами дерев – 4 м, між ялинками – 1 м, між рядами ялинок – 1 м.

З вищесказаного зрозуміло, що ефективно насажені захисні лісосмуги дадуть змогу знизити негативний вплив на придорожню смугу, зменшити забруднення земель та зберегти їх господарську цінність, що є досить важливим, особливо для великих доріг України. Проблема знищень захисних лісових насаджень полягає не лише в забрудненні навколишнього природного середовища, а й у порушенні екосистем, коли нехтують нормативними інструкціями з охорони рослинного і тваринного світу.

Для захисту земель від шкідливих викидів автомобілів необхідно проводити моніторинг, визначати ступінь забруднення на ділянках із захисними лісосмугами та без них для з'ясування ефективності насаджень, використовувати різні методи досліджень і спостережень. Досить ефективним є використання у комплексі методів взяття проб із ґрунту, снігового покриву вздовж доріг, застосування даних метеорологічних спостережень (напряму та швидкості вітрів) та використання засобів дистанційного зондування Землі. Завдяки тому, що сніг має високу спектрально - яскравісну контрастність та відносну стабільність характеристик, можна використовувати космічні знімки при розпізнаванні снігу для отримання даних про динаміку та стан снігового покриву.

Найбільш інформативними для завдань інвентаризації лісосмуг є космічні знімки з надвисокою просторовою роздільною здатністю, порядку одного метру, типу – ICONOS або QUICKBIRD. Однак також можливе використання космічних знімків із супутників TERRA, SPOT, LANDSAT, METEOP – 3M, отриманих у період заключних фаз сходу снігового покриву. На цих знімках локалізацію лісосмуг можна ідентифікувати засобами програмного комплексу ERDAS IMAGINE від Leica Geosystems GIS & Mapping або спеціалізованих програм тематичної обробки космічних знімків за яскравісними та текстурними дешифрувальними ознаками, природа яких обумовлена різницею в темпах танення снігу на відкритих ділянках місцевості і акумульованого власне лісосмугами.

Із залученням даних про параметри вітрів у місцевості, де знаходиться розглянута ділянка автомобільної дороги, синтезуються картографічні моделі меж можливого забруднення прилеглих земель викидами автомобільного транспорту [11]. Класифікація ділянок основних автомобільних шляхів виконувалася із залученням наступних інформаційних ресурсів: космічних знімків надвисокої роздільності території в оптичному діапазоні і знімків середньої роздільності з надвисокочастотного діапазону; програмного комплексу цифрової обробки космічних знімків ERDAS; ГІС-платформи ArcGis 9.3. Для вирішення задачі залучався програмний комплекс ERDAS IMAGINE. При дешифруванні за космічними знімками для виявлення типів транспортних засобів найбільш доцільним видається використання наступних ознак об'єкта: форми; розміру; рисунку; кольору. Фрагмент знімка, завантажений у програмний комплекс ERDAS IMAGINE, наведений на рис.1.

Функції масштабування реалізовано в різних варіантах, один з яких - збільшуюча лінза - наведено на рис. 2. Ділянка, виділена курсором, відображається в окремому вікні. Переміщуючи курсор, переглядалися всі вибрані ділянки. Як свідчить рис. 2, збільшуюча лінза дає можливість надійно ідентифікувати на космічних знімках високої роздільності кількість

автомобілів, які одночасно знаходяться на визначеній ділянці автотраси. Для їх класифікації за введеними вище кластерами необхідно залучати космічні знімки надвисокого розрізнення.

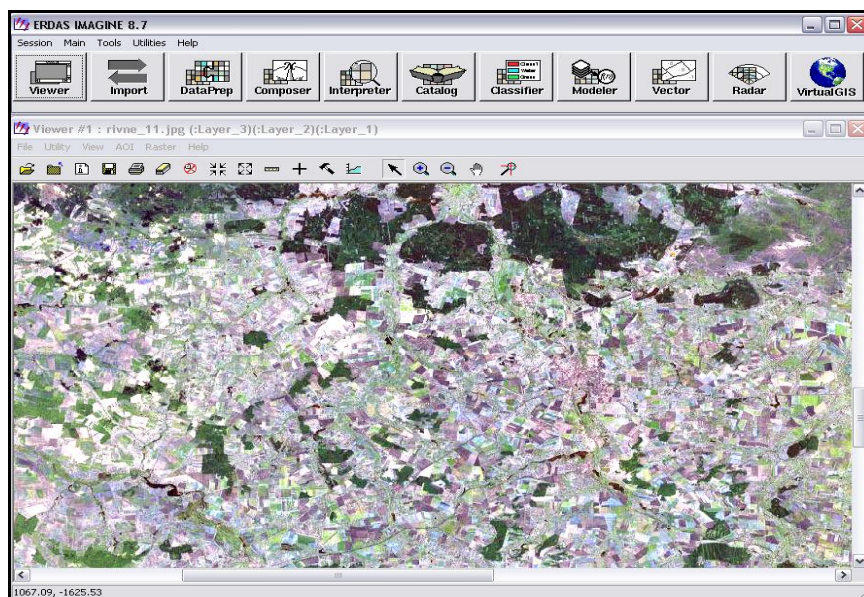


Рис. 1 - Фрагмент знімка, завантажений у програмний комплекс ERDAS IMAGINE

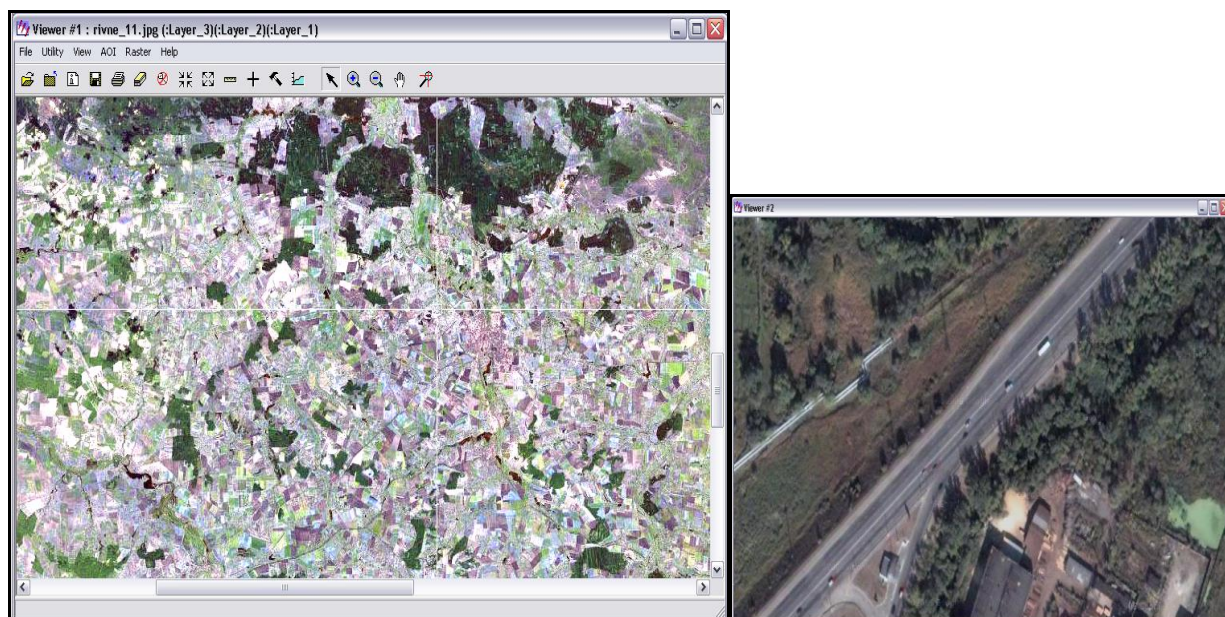


Рис. 2 - Використання збільшуючої лінзи

Проблема інвентаризації лісозахисних смуг актуальна в усіх аспектах їх ролі у захисті земель та водних об'єктів, що знаходяться поруч з автомобільними дорогами, а не тільки в захисті від забруднення викидами автотранспорту. Частково це обумовлено тим, що в останні роки лісосмуги стали об'єктом браконьєрських заготівок деревини для вирішення місцевих побутових проблем. Ці тенденції особливо характерні для південних областей України, з низьким рівнем заліснення. Тому перший етап інвентаризації лісосмуг уздовж автомобільних

шляхів полягає в класифікації окремих їх ділянок за трьома ознаками: наявність лісосмуги з одного боку дороги; наявність лісосмуг із двох боків дороги; відсутність лісосмуг. Завдання наступних етапів зводилося до визначення індивідуальних ознак кожного класифікаційного елемента, які обумовлюють його ефективність з позиції охорони прилеглих до автошляхів земель від забруднення викидами автотранспорту.

Перший етап інвентаризації лісосмуг виконувався тематичним дешифруванням космічних знімків середньої просторової роздільної здатності (порядку 20–30 м), отриманих у період танення снігового покриву. Це зумовлено тим, що сніг, акумульований у лісосмугах, сходить значно повільніше, ніж на відкритій місцевості.

Проаналізувавши текстурні ознаки снігових смуг уздовж шляхів, із залученням тематичного шару «автомобільні шляхи» з векторної топографічної карти відповідної місцевості, було визначено ділянки з характерними ознаками лісосмуг. Отриману картографічну модель, як у цьому випадку, доповнили деякими тематичними шарами на тлі космічного знімка, що значно збільшує наочність (рис. 3).



Рис. 3 - Землі вздовж ділянки автотраси завдовжки 10 км, забруднені викидами автотранспорту (площа – 4,8 км²)

Розроблена технологія синтезу картографічних моделей забруднення атмосфери техногенним пилом, зосередженими і просторово – розподіленими джерелами викидів відкриває нові можливості отримання оцінок впливів промислових об'єктів на навколишнє природне середовище, аналізу екологічного стану визначених територій, коригування існуючих розмірів санітарно-захисних зон промислових підприємств, оптимізації сітки станцій відбору проб повітря на виміри приземних концентрацій забруднювальних речовин суб'єктами Державної системи моніторингу навколишнього середовища.

Список використаної літератури

1. Концепція загальнодержавної програми використання та охорони земель / А.С. Даниленко, К.Г. Радченко, Ю.М. Альбоций [та ін.] // Землевпорядний вісник. – 2004. – № 4. – С. 54 – 59.
2. Медведєв В.В. Земельні ресурси України / В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова. – К.: Аграрна наука, 1998. – 150 с.
3. Стурман В.И. Экологическое картографирование / В.И. Стурман. – М.: Аспект Пресс, 2003. – 251 с.
4. Беликов Д.А. Моделирование распространения промышленных выбросов в атмосфере / Д.А. Беликов, А.В. Старченко // ENVIROMIS: междунар. конф., 6-12 июля 2002 г.: тезисы докл. – Томск, 2002. – С. 115 – 119.
5. Антропогенне забруднення геологічного середовища та ґрунтового-рослинного покриву / [Сафранов Т.А., Польовий А.М., Коніков Є.Г. та ін.]. – О.: Видавництво «ТЭС», 2003. – 260 с.
6. Красовский Г.Я. Введение в методы космического мониторинга окружающей среды / Г.Я. Красовский, В.А. Петросов. – Харьков: гос. аэрокосмический ун-т им. Н.Е. Жуковского (ХАИ), 1999 – 205 с.
7. Родзевич Н.Н. Геоэкология и природопользование / Н.Н. Родзевич. – М.: Дрофа, 2003. – 256 с.
8. Гавриленко Б.Б. Соціальна екологія / Б.Б. Гавриленко – Запоріжжя: «Дике поле», 2001. – 240 с.
9. Корабльова А.І. Екологія: взаємовідносини людини і середовища / А.І. Корабльова. – Дніпропетровськ, «Поліграфіст», 1999. – 253 с.
10. Капранов С.В. Автотранспорт, воздух и здоровье / С.В. Капранов. – Луганск: Изд-во Восточнoукраинского гос. ун - та, 1998. – 200 с.
11. Космічний моніторинг забруднення земель техногенним пилом / [Л.Д. Греков, Г.Я. Красовський, О.М. Трофимчук] // – К. – 2007. – 122 с.

Стаття надійшла до редакції 30.01.13 українською мовою

© В.И. Клименко

Технология защиты почв от отрицательного влияния автомобильного транспорта

Предложенная технология позволяет осуществлять оценивание техногенного влияния геохимического загрязнения почв на исследуемой территории вдоль автомобильных дорог и создавать картографические материалы на основе использования космических снимков высокого разрешения.

© V.I. Klimenko

Technology for soil protection against negative impact of motor transport

The proposed technology allows the estimation of anthropogenic influence of geochemical soil contamination in the study area along the roads and create cartographic materials through the use of satellite images of high distribution capacity.