

І. Е. Линник

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків

ПРОГНОЗУВАННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТІВ ТА ДЖЕРЕЛ ВОДИ
УЗДОВЖ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Визначені основні шкідливі речовини, що забруднюють ґрунт і джерела води. Наведена методика прогнозування екологічного стану ґрунтів, поверхневих і ґрунтових вод уздовж автомобільних доріг, переходів через водотоки. Запропоновано методику оцінки екологічного стану ґрунтів та джерел води уздовж автомобільних доріг.

Ключові слова: прогнозування, шкідливі речовини, екологічний стан, екологічна безпека.

Постановка проблеми і аналіз
літературних джерел

Інтенсивна урбанізація породила цілу низку складних екологічних проблем, до яких можна віднести забруднення ґрунтів і джерел води. Питаннями забруднення ґрунтів і джерел води займалися такі вчені, як Н. П. Орнатський, І. С. Евгеньєв, Я. В. Хом'як, В. Ф. Скорченко та інші [1–10].

Причинами забруднення є несанкціоновані звалища побутових відходів, каналізаційні вигреби садибної забудови, накопичення промислових відходів на територіях підприємств, а, особливо, транспортна проблема.

Небезпека забруднення хімічними речовинами у результаті функціонування дорожнього комплексу оцінюється рівнем її можливого негативного впливу на атмосферу, ґрунти, ґрунтові та поверхневі води, рослинність, тварин та людей.

Для оцінки забруднення ґрунтів і джерел води застосовуються методи біотестування, біодіагностики. Теперішнім часом, коли загострене протиріччя між економікою та екологією, важливо, щоб методи оцінки могли не лише давати об'єктивне уявлення про стан ґрунтів і джерел води, але й були доступні в матеріальному плані.

Основні шкідливі речовини, що забруднюють ґрунт і джерела води

Основним джерелом виділення і викиду шкідливих речовин на автомобільних дорогах є транспортні засоби.

У відпрацьованих газах двигуна внутрішнього згоряння міститься понад 170 шкідливих компонентів, з них близько 160 – похідні вуглеводнів. Наявність у відпрацьованих газах шкідливих речовин обумовлена видом палива, присадок і олій, умовами згоряння палива, режимом роботи двигуна, його

технічного стану, умов руху автомобіля та ін. Приблизний склад відпрацьованих газів приведений у табл. 1.

Гранично допустимі концентрації деяких хімічних речовин у ґрунті представлені у табл. 2 [11].

Таблиця 1. Склад відпрацьованих газів, %
(по об'єму)

Компоненти	Двигуни	
	карбюраторні	дизельні
Азот	74 – 77	76 – 78
Кисень	0,3 – 8	2 – 18
Пари води	3 – 5,5	0,6 – 4
Вуглекислий газ	5 – 12	1 – 10
Окис вуглецю	1 – 10	0,01 – 0,5
Окиси азоту	0,1 – 0,5	0,001 – 0,4
Альдегіди (у перерахунку на формальдегіди)	0 – 0,2	0 – 0,009
Вуглеводні	0,01 – 0,1	0,01 – 0,5
Сірчистий газ	0 – 0,002	0 – 0,03
Сажа	0 – 0,04	0,01 – 1,1
Бенз(а)пирен	До 0,00002	До 0,00001

Таблиця 2. Гранично допустимі концентрації (ГДК)
хімічних речовин у ґрунті

Речовина	ГДК ґрунту, мг/кг
1	2
Бенз(а)пирен	0,02
Бензин	0,1
Ванадій	150,0
Ванадій + марганець	100,0 + 1000,0
Свинець	32,0
Сірководень	0,4

Продовження табл. 2

1	2
Формальдегід	7,0
Ртуть	2,1
Нітрати	130,0
Сірчана кислота	160,0
Рухливі форми	
Марганець	700
Мідь	3,0
Нікель	4,0
Свинець	6,0
Цинк	23,0
Хром	6,0
Кобальт	5,0

Гранично допустимі концентрації деяких хімічних речовин у воді представлені у табл. 3 [13].

Таблиця 3. Гранично допустимі концентрації (ГДК) хімічних речовин у воді водних об'єктів господарсько-питного і культурно-побутового користування

Назва речовини	Гранично допустима концентрація, мг/л
Аміак (по азоту)	2,0
Нікель	0,1
Нітрати (по азоту)	10,0
Свинець	0,03
Формальдегід	0,05
Ванадій	0,1
Цинк	1,0
Кобальт	1,0
Вуглець чоти- рьоххлористий	0,3
Залізо	0,5
Керосин	0,1
Етилен	0,5
Бензин	0,1
Гас	0,1
Мідь	1,0
Нафта багато сірчиста	0,1
Нафта інша	0,3
Сірковуглець	1,0
Бенз(а)пирен	0,000005
Ртуть	0,005
Бутилацетат	0,1
Ізопрен	0,005
Хром	0,5
Фенол	0,001

Прогнозування стану ґрунту

Один з компонентів забруднення навколишнього середовища автомобільним транспортом – поєднання свинцю. Небезпека накопичення їх у

ґрунті обумовлена високою доступністю його рослинами і переходом по ланках харчового ланцюга у тварин, птахів і людину. Концентрація свинцю у ґрунті придорожньої смуги [12]

$$C_{Pb} = 10 + a_2 l^{-0,65}, \quad (1)$$

де C_{Pb} – концентрація свинцю у ґрунті, мг/кг; l – відстань від брівки земляного полотна, м; a_2 – коефіцієнт, що враховує ширину зони забруднення:

$$a_2 = 20 \text{Ш}_3^{0,65}, \quad (2)$$

Ш_3 – ширина зони забруднення, м.

Ширину зони забруднення розраховують за формулою

$$\text{Ш}_3 = \text{Ш}_0 K_a K_t K_n K_v, \quad (3)$$

де Ш_0 – ширина зони забруднення в еталонних умовах, які характеризуються такими параметрами: кількість автомобілів, що проїхали по дорозі, 41 млн. одиниць; висота насипу 1 м; середні витрати бензину одним автомобілем 25,27 кг/100 км; K_a – коефіцієнт, що враховує кількість автомобілів з карбюраторними двигунами, що проїхали по дорозі за розрахунковий період T , років (табл. 4), обумовлений у залежності від відношення автомобілів, що проїхали, N до еталонної кількості $N_{\text{ет}}$ (41 млн); K_t – коефіцієнт, що залежить від відношення питомих витрат бензину у розрахункових q і еталонних $q_{\text{ет}}$ умовах (табл. 5); K_n – коефіцієнт, що враховує вплив висоти земляного полотна на розподіл свинцю у ґрунтах придорожньої смуги (табл. 6); K_v – коефіцієнт, що враховує вплив швидкості і напрямку вітру на ступінь забруднення придорожньої смуги (табл. 7).

Коефіцієнт K_v визначають залежно від показника W , що враховує швидкість і повторність вітрів різних напрямків, а також напрямку траси дороги.

Значення показника W знаходять окремо для вітрів, що дують ліворуч і праворуч від дороги:

$$W = \sum_{i=1}^4 W_i p_i \sin \beta_i, \quad (4)$$

де W_i – середня швидкість вітрів для i -того румба, м/с; p_i – повторність вітрів i -того румба, %; β_i – кут між i -тим румбом і напрямком траси дороги.

Таблиця 4. Коефіцієнт K_a

$N/N_{\text{ет}}$	K_a
0,25	0,12
0,50	0,34
0,75	0,64
1,0	1,0
1,25	1,41
1,5	1,86
1,75	2,36
2,0	2,90
3,0	5,42

Таблиця 5. Коефіцієнт K_t

$q/q_{\text{ет}}$	K_T
0,25	0,12
0,50	0,34
0,75	0,64
1,0	1,0
1,25	1,41
1,5	1,86
1,75	2,36
2,0	2,90
3,0	5,42

Таблиця 6. Коефіцієнт K_n

Висота насипу, м	K_n
1,0	1,0
2,0	1,16
3,0	1,24
4,0	1,30
5,0	1,33
6,0	1,35
7,0	1,37
8,0 – 10,0	1,38

Таблиця 7. Коефіцієнт K_b

W	K_b
800	1,38
1000	1,59
1200	1,85
1400	2,16
1600	2,51
1800	2,91
2000	3,36
2200	3,78

Прогнозування стану поверхневих і ґрунтових вод

Забруднення водотоків (водоймищ) поверхневими стічними водами з автомобільних доріг і мостів складає незначну вагу від забруднення водного середовища відходами промислового і хімічного виробництва.

Осідаючи на покритті автомобільних доріг пил, продукти зношення покриття, шин і гальмових колодок, викиди від роботи двигунів автомобілів, матеріали, що використовують для боротьби з ожеледицею, пилом та ін. приводять при змиванні їх дощовими і поталими водами до насичення вод поверхневого стоку різними забруднюючими речовинами, у числі яких зважені речовини, нафтопродукти (бензин, дизельне паливо, олії, мазут та ін.), які потім можуть попадати у водотоки.

Для прогнозування забруднення водних об'єктів часто використовують індекс забруднення вод (ІЗВ). Розрахунок ІЗВ виконують за обмеженим

числом інгредієнтів. Як правило, визначають середнє арифметичне значення результатів хімічних аналізів по кожному з таких показників: азот амонійний, нафтопродукти, феноли, розчинений кисень, біологічне споживання кисню БСК-5 [12].

Середні концентрації (C) азоту амонійного, азоту нітратного, нафтопродуктів і фенолів відносять до гранично допустимих концентрацій (ГДК) цих речовин:

$$\frac{C}{\text{ГДК}} \quad (5)$$

Для оцінки показника розчиненого кисню використовують відношення

$$\frac{H_{O_2}}{C_{O_2}}, \quad (6)$$

де C_{O_2} – концентрація кисню, мг/л; H_{O_2} – норматив концентрації кисню, мг/л.

Для характеристики БСК-5 використовують зворотне співвідношення

$$\frac{C_{O_2}}{H_{O_2}}. \quad (7)$$

Індекс забруднення вод

$$\text{ІЗВ} = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{C_i}{\text{ГДК}} + \frac{H_{O_2}}{C_{O_2}} + \frac{C_{O_2}}{H_{O_2}}}{6}. \quad (8)$$

Прогнозування стану переходів через водотоки

У зв'язку із стисненням заплавних потоків підходами до моста у паводковий період міняється побутовий режим ріки. Перед мостом рівні води підвищуються за рахунок підпору. Через злив води з заплав у підмостовий отвір може збільшуватись швидкість течії, відбуватись загальний розмив під мостом і на ділянці вище моста та відкладення наносів на ділянці нижче за течією [13].

Підвищення рівнів води у верхньому б'єфі моста при проході паводків може викликати підтоплення населених місць, підприємств і коштовних сільськогосподарських угідь.

Оцінки вільної поверхні води варто визначати на основі значень характерних підпорів: ΔZ_0 – початкового, ΔZ – повного, ΔZ_m – підмостового. Величини характерних підпорів визначають розрахунком методом послідовних наближень.

Максимальне значення підпору (повний підпір) ΔZ знаходиться на відстані l_z від моста і визначається за формулою:

$$l_z = \frac{\frac{\chi}{\Sigma^{1,67}} - 1}{\chi - 1} l_{\text{сж}}, \quad (9)$$

де χ – ступінь стиснення потоку підходами, у першому наближенні приймається $\chi = Q/Q_{\text{рп}}$; Q і $Q_{\text{рп}}$

– відповідно повні і побутові руслові витрати води;
 Σ – відносний підпір:

$$\Sigma = \frac{h_6 + \Delta Z_0}{h_6}, \quad (10)$$

h_6 – глибина води у побутових умовах; $l_{сж}$ – довжина зони стиску перед мостом чи відстань до початкового підпору ΔZ_0 , що дорівнює довжині більшого підходу до моста.

Підпір поширюється вище за течією від початкового підпору на значну відстань, поступово зменшуючись до нуля у створі з побутовими умовами ріки. Величина підпору на відстані l_1 вище за течією від початкового підпору

$$\Delta Z_1 = \Delta Z_0 - J_n l_1 \left(\frac{\Sigma_{CP}^{3,33} - 1}{\Sigma_{CP}^{3,33}} \right), \quad (11)$$

де J_n – побутовий ухил ріки; Σ_{CP} – середній відносний підпір на ділянці.

Уздовж верхівкової сторони підходів підпір від моста зростає від підмостового підпору ΔZ_m до максимального підпору у насипу ΔZ_n , що знаходиться на відстані l від моста:

$$\Delta Z_n = \Delta Z_m + J_n \cdot l. \quad (12)$$

Далі до межі розливу встановлюється постійний рівень води.

При прогнозуванні меж підтоплення варто також враховувати можливе збільшення рівнів води за рахунок утворення у районі мостового переходу природних заторів льоду. Для того, щоб затори льоду у створі мостового переходу не виникали, мінімально допустимі розміри прогонів моста для беззаторного пропуску льодоходу варто визначати за існуючими методами розрахунку.

Оцінка екологічного стану ґрунтів та джерел води уздовж автомобільних доріг

Екологічна безпека автомобільних доріг оцінюється показником відповідності принципів її функціонування принципам функціонування живої природи [14]. Показник відповідності ϕ розраховують за формулою:

$$\phi = F + m + \lambda, \quad (13)$$

де F – показник сумарної дії факторів, що забруднюють навколишнє середовище за умовою, що кожен з них не перевищує гранично допустиме значення; m – показник, що враховує дію факторів, що перевищують свої гранично допустимі значення; λ – показник посилення чи ослаблення взаємодіючих факторів на навколишнє середовище з урахуванням їхніх абсолютних величин, для приблизних розрахунків приймають $\lambda = 0$.

Показник сумарної дії факторів обчислюють за формулою:

$$F = \frac{\sum_{i=1}^n f_i \alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}, \quad (14)$$

де f_i – частковий показник екологічної безпеки i -того фактора; α_i – ваговий коефіцієнт i -того часткового показника екологічної безпеки; n – кількість факторів, що забруднюють навколишнє середовище.

Частковий показник екологічної безпеки i -того фактора визначають за формулою:

$$f_i = \frac{FM_i}{NM_i}, \quad (15)$$

де FM_i – фактичний викид у навколишнє середовище i -тої забруднюючої речовини; NM_i – нормальний викид i -тої забруднюючої речовини у навколишнє середовище.

Ваговий коефіцієнт i -того часткового показника розраховують за формулою:

$$\alpha_i = \frac{NM_i}{DM_i}, \quad (16)$$

де DM_i – гранично допустимий викид i -тої забруднюючої речовини.

Показник m знаходять за формулою:

$$m = \sum_{i=1}^n \left[1 + \left(f_i - \frac{1}{\alpha_i} \right) \right], \quad \text{при } FM \geq DM, \quad (16)$$

$$m = 0, \quad \text{при } FM < DM,$$

де n – кількість факторів, для яких $FM \geq DM$.

Нормальний викид i -тої забруднюючої речовини розраховують за формулами:

$$NM_i = \frac{W_d p x (HC_i - C_\phi) \Gamma L}{1000 \exp \left[-\frac{H}{p x} \right]}, \quad \text{при } x < (B_3 - L_T) \quad (17)$$

$$NM_i = \frac{W_d p x (HC_i - C_\phi) \Gamma L}{1000 \eta \exp \left[-\frac{H}{p x} \right]}, \quad \text{при } (B_3 - L_T) \leq x \leq B_3,$$

де NM_i – нормальний викид i -тої забруднюючої речовини, г/км; HC_i – нормальна концентрація i -тої забруднюючої речовини (табл. 8), мг/м³; T – час проходження 1 км дороги з розрахунковою швидкістю руху V_a , с; C_ϕ – фонові концентрації i -тої забруднюючої речовини, мг/м³; W_a – швидкість вітру, перпендикулярна напрямку дороги, м/с; x – відстань від джерела забруднення до розрахункової точки, м (значення « x » приймають як величину санітарно-захисної зони залежно від інтенсивності руху автомобілів чи категорії дороги згідно з табл. 9); H – висота джерела забруднення над поверхнею проїзної частини дороги (табл. 10), м; p – коефіцієнт, що враховує кут розсіювання забруднюючих речовин у вертикальній площині за рахунок турбу-

лентності атмосфери ($p \approx 0,3$); η – коефіцієнт впливу забудови, який визначають за формулою:

$$\eta = 1 + 0,044(x - B_3 + L_T) + 0,0013(x - B_3 + L_T)^2, \quad (18)$$

де B_3 – відстань від джерела забруднення до забудови, м; L_T – довжина аеродинамічної тіні, м:

$$L_T = H_3 \quad \text{при } H_3 \leq L_{\text{ш}}, \\ L_T = L_{\text{ш}} \quad \text{при } H_3 > L_{\text{ш}}. \quad (19)$$

Тут H_3 – висота забудови, м; $L_{\text{ш}}$ – ширина забудови, м.

Гранично допустимий викид i -тої забруднюючої речовини визначають за формулами:

$$DM_i = \frac{W_d p x (ГДК_i - C_{\phi}) \Gamma L}{1000 \exp\left[-\frac{H}{p x}\right]}, \quad \text{при } x < (B_3 - L_T) \quad (20)$$

$$DM_i = \frac{W_d p x (ГДК_i - C_{\phi}) \Gamma L}{1000 \eta \exp\left[-\frac{H}{p x}\right]}, \quad \text{при } (B_3 - L_T) \leq x \leq B_3$$

де $ГДК_i$ – гранично допустима концентрація i -тої забруднюючої речовини (табл. 2, 3), мг/м^3 .

Таблиця 8. Значення нормативних концентрацій забруднюючих атмосферу речовин

Речовини	Концентрації забруднюючих речовин, мг/м^3	
	нормальна, НС	гранична, ГС
Оксид вуглецю	3,0	5,0
Диоксид азоту	0,04	0,085
Оксид азоту	0,06	0,400
Вуглеводні (по гексану)	1,5	60,0
Свинець	0,0001	0,0003
Бенз(а)пирен	$1 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$
Сажа	0,05	0,15
Сумарна концентрація, приведена до СО (СО + NO + СН + сажа)	3,68332	9,400

Граничний викид i -тої забруднюючої речовини розраховують за формулами:

$$ГМ_i = \frac{W_d p x (ГС_i - C_{\phi}) \Gamma L}{1000 \exp\left[-\frac{H}{p x}\right]}, \quad \text{при } x < (B_3 - L_T) \quad (21)$$

$$ГМ_i = \frac{W_d p x (ГС_i - C_{\phi}) \Gamma L}{1000 \eta \exp\left[-\frac{H}{p x}\right]}, \quad \text{при } (B_3 - L_T) \leq x \leq B_3,$$

де $ГС_i$ – гранична концентрація i -тої речовини (табл. 8), мг/м^3 .

Таблиця 9. Зони впливу автомобільної дороги на навколишнє середовище (екологічний клас дороги)

Назва зони	Відстань від крайки проїзної частини до зовнішньої межі по горизонталі, м			
	Інтенсивність руху, авт./добу			
	Категорія дороги			
	більше 7000, I	від 3000 до 7000, II	від 700 до 3000, III	до 700, IV, V
А. Резервно-технологічна	30	30	12	6
Б. Санітарно-захисна зона	250/500	150/90	60/30	50/30
В. Зона впливу	3000/1500	2000/1000	600	300

Таблиця 10. Висота джерела забруднення атмосфери залежно від складу транспортного потоку

Склад транспортного потоку, %	Висота джерела забруднення, м
Легкових автомобілів більше 70 %	0,40
Легкових автомобілів від 45 до 70 %	0,50
Легкових автомобілів менше 45 %	0,60

Нормальне значення часткового показника екологічної безпеки знаходять:

$$f_{\text{н}} = \frac{НМ_i}{НМ_i} = 1. \quad (21)$$

Граничне значення часткового показника екологічної безпеки обчислюють за формулою:

$$f_{\text{г}} = \frac{ГМ_i}{НМ_i}. \quad (22)$$

Гранично допустимий частковий показник екологічної безпеки визначають:

$$f_{\text{гд}} = \frac{ДМ_i}{НМ_i}. \quad (23)$$

Нормальне значення показника сумарної дії факторів розраховують за формулою:

$$F_{\text{н}} = \frac{\sum_{i=1}^n f_{\text{н}} \alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i}. \quad (24)$$

Граничне значення показника сумарної дії факторів

$$F_r = \frac{\sum_{i=1}^n f_{ir} \alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (25)$$

Гранично допустиме значення показника сумарної дії факторів

$$F_d = \frac{\sum_{i=1}^n f_{id} \alpha_i}{\sum_{i=1}^n \alpha_i} \quad (26)$$

Оцінку екологічної безпеки автомобільних доріг здійснюють на основі порівняння фактичного показника ϕ з нормативним відповідно з табл. 11.

Таблиця 11. Градація показника екологічної безпеки автомобільних доріг

Модальна оцінка екологічної безпеки дороги	Якісна оцінка стану навколишнього середовища	Показник екологічної безпеки дороги
Екологічно безпечна	відмінний	$\phi \leq 1$
Екологічно слабо безпечна	добрий	$1 < \phi \leq F_r$
Екологічно умовно безпечна	задовільний	$F_r < \phi \leq F_d$
Екологічно небезпечна	незадовільний	$F_d < \phi$

Висновки

Наведена методика дозволяє виконувати прогнози і оцінювати екологічний стан ґрунтів і джерел води уздовж автомобільних доріг, міських вулиць і доріг при розробці Генеральних планів, Комплексних транспортних схем будь-яких міст, проектів реконструкції та розвитку транспортних мереж автомобільних доріг та міських вулиць.

Література

1. Орнатский Н. П. Автомобильные дороги и охрана природы [Текст] / Н. П. Орнатский. – М. : Транспорт, 1982. – 176 с.
2. Евгеньев И. Е. Защита природной среды при строительстве, ремонте и содержании автомобильных дорог [Текст] / И. Е. Евгеньев, В. В. Савин. – М.: Транспорт, 1986. – 239 с.
3. Миронов А. А. Автомобильные дороги и охрана окружающей среды [Текст] / А. А. Миронов, И. Е. Евгеньев. – Томск : Изд-во ТГУ, 1986. – 284 с.

4. Хомяк Я. В. Автомобильные дороги и окружающая среда [Текст] / Я. В. Хомяк, В. Ф. Скорченко. – К. : Вища школа, 1983. – 159 с.
5. Pollution of Groundwater and Soil by Road and Traffic Sources: dispersal mechanisms, pathways and mitigation measures. RO-97-SC.1027. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.transport-research.info/Upload/Documents/200310/polmitrep.pdf>.
6. Amrhein, C. Effect of deicing salts on metal and organic matter mobilization in roadside soils [Text] / C. Amrhein, J. E. Strong, P. A. Mosher // Environmental Science and Technology 26, 1992. – P. 703–709.
7. Armstrong, L. J. Contribution of heavy metals to storm water from automotive disc brake pad wear [Text] / L. J. Armstrong // Report for Santa Clara Valley Nonpoint Source Pollution Control Program, Woodward-Clyde Consultants, Oakland, California. 1994. – P. 1–37.
8. Ball, D. The influence of highway related pollutants on environmental quality [Text] / D. Ball, R. Hamilton, R. Harrison // Highway Pollution. Elsevier Science Publishing Company, Inc., New York, 1991. – P. 1–47.
9. Gjessing, E. Effect of highway runoff on lake water quality [Text] / E. Gjessing, E. Lygren, L. Berglund, T. Gulbrandsen, R. Skaane // Science of the Total Environment 33, 1984. – P. 245–257.
10. Asubiojo, O. I. Effects of cement production on the elemental composition of soils in the neighbourhood of two cement factories [Text] / O. I. Asubiojo, P. O. Aina, A. F. Oluwole, W. Arshed, O. A. Akanle, N. M. Spyrou // Water Air Soil Pollut., 1991. – P. 819–828.
11. Справочник по охране окружающей среды [Текст] / В. Г. Сахаев, Б. В. Щербицкий. – К. : Будівельник, 1986. – 152 с.
12. Гаврилов Э. В. Системное проектирование автомобильных дорог [Текст] / Э. В. Гаврилов, А. М. Гридчин, В. Н. Ряпухин. – М.-Белгород : Изд. АСВ, 1998. – 138 с.
13. Гридчин А. М. Охрана окружающей среды на предприятиях дорожного строительства [Текст] / А. М. Гридчин, Ю. П. Ткачук и др. – М. : Изд-во АСВ; Белгород : Изд-во БелгТАСМ, 1997. – 92 с.
14. Линник И. Э. Оценка экологической безопасности автомобильных дорог [Текст] / И. Э. Линник, А. Л. Шаповалов // Вестник ХГАДТУ. – 2000. – Вып 12–13. – С. 170–173.

Автор: ЛИННИК Ирина Едуардівна
доктор технічних наук, доцент, професор кафедри міського будівництва,
Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
E-mail – linnik_irka@mail.ru

PREDICTION OF ECOLOGICAL STATE SOIL AND WATER SOURCES ALONG HIGHWAY

I.E. Lynnyk

The main harmful substances polluting the soil and water sources. The technique for predicting environmental state of soil, surface and groundwater along the roads, crossing streams. A method for assessing the ecological state of soils and water sources along the highways.

Keywords: forecasting, harmful substances, ecological status, ecological safety.