

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Київський національний університет будівництва і архітектури

Методи обробки моніторингової інформації для
розрахунку неканцерогенного ризику працівників, які працюють на
відкритому повітрі від забруднення викидами з автотранспорту

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання індивідуальної роботи
для спеціальностей

263 «Цивільна безпека»

III освітній рівень підготовки (доктор філософії)

101 «Екологія»

III освітній рівень підготовки (доктор філософії)

Київ — 2020 р.

УДК

Укладачі:

О.С. Волошкіна, д-р. тех. наук, проф.,

Р.В. Сіпаков, к. тех. наук,

О.Г. Жукова, к. тех. наук, доц.

А.В. Ковальова, аспірант

А.В. Гончаренко, аспірант

Рецензент: В.В. Трофімович, професор

Відповідальний за випуск О.С. Волошкіна, д-р. тех. наук, професор.

Затверджено на засіданні кафедри охорони праці і навколишнього середовища, протокол № 9, від 18 травня 2021 р.

Містять зміст, порядок оформлення і вказівки до виконання окремих розділів роботи.

Призначено для здобувачів III рівня спеціальностей 263 «Цивільна безпека» (охорона праці) та 101 «Екологія»

Зміст

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ.....	4
1.Аналіз даних моніторингових спостережень за станом атмосферного повітря в розрізі багаторічних спостережень по стаціонарних постах спостережень. Визначення ризику для здоров'я робітників	6
2.Визначення ризиків для працівників автодорожньої галузі шляхом застосування методики розрахунку показників забруднення викидів від автотранспорту	11
Список використаної літератури.....	16

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Індивідуальна робота виконується здобувачами III рівня освіти спеціальностей 263 «Цивільна безпека (охорона праці)» та 101 «Екологія» відповідно до програми навчання з метою набуття ними практичного досвіду по обробці моніторингових даних щодо забруднення атмосферного повітря та застосування цієї інформації для розрахунків ризиків щодо здоров'я робітників автотранспортної галузі, що працюють на відкритому повітрі, коли індивідуальний захист здійснюють за розрахунків неканцерогенних та канцерогенних ризиків. Виконання роботи сприяє вмінню застосовувати дані навички на рівні окремих груп працівників; вмінню робити оцінку з прогнозу розвитку негативних впливів на їх здоров'я та застосовувати отримані результати при призначенні методів захисту. А також при призначенні природоохоронних заходів при реконструкції або будівництві шляхопроводів та автомобільних розв'язок міста.

В індивідуальному завданні передбачається виконання робіт по обробці даних моніторингових спостережень за станом атмосферного повітря в розрізі багаторічних спостережень по стаціонарних постах спостережень біля автошляхопроводів та великих перехрестях, які потребують ремонту та реконструкції. При цьому розглядаємо два випадки:

1) При наявності стаціонарного посту спостережень поблизу автошляхопроводу.

В залежності від складу автомобільних викидів, проводиться обробка середньорічних та максимальних значень концентрацій викидів CO, NO₂, СНОН тощо в залежності від температурних умов атмосферного повітря.

Залежності будують за допомогою програм Excel або Статистика.

В залежності від отриманих коефіцієнтів кореляції, визначають компонент забруднення, який має найбільш тісний зв'язок з температурою

повітря. На основі методичних рекомендацій «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря», затверджених Наказом МОЗ України 13.04.2007 №184, знаходимо значення канцерогенних та неканцерогенних ризиків для здоров'я населення та порівнюємо ці значення з допустимими для виробничих умов.

2) В тому випадку, коли біля міста реконструкції автошляхопроводу відсутній стаціонарний пост моніторингових спостережень, можемо скористатися методикою розрахунку показників забруднення викидів вуглеводнів та СНОН, яка представлена в роботі [1].

Індивідуальне завдання виконують у вигляді розрахунково-пояснювальної записки, з окремими графічними фрагментами.

1. Аналіз даних моніторингових спостережень за станом атмосферного повітря в розрізі багаторічних спостережень по стаціонарних постах спостережень. Визначення ризику для здоров'я робітників

Робота дорожнього працівника полягає в перебуванні на відкритому повітрі, часто без змоги вберегтися від несприятливих погодних умов. Перебування в умовах підвищених температур призводять до сонячних ударів та обвіювання і обпікання шкірних покривів та на фоні забруднення повітря небезпечними речовинами часто призводить до суттєвих впливів на організм людини.

При наявності стаціонарного посту спостережень біля автошляхопроводу, що перевантажений автотранспортом вплив на організм людини від забруднення атмосферного повітря в умовах підвищеної температури можна оцінити в два етапи:

- спочатку будемо кореляційні залежності за допомогою програм Excel або за допомогою програм и Статистика між температурними умовами місцевості та основним компонентом забруднення, який є найбільш впливовим на організм людини.

- згідно з існуючими Методичними рекомендаціями [2]. знаходимо значення канцерогенного та неканцерогенного ризиків на організм людини та порівнюємо їх значення з нормативним.

Канцерогенний ризик за прийнятою методикою визначаємо як добуток питомого канцерогенного ризику дії формальдегіду, помноженого на середньорічну концентрацію. У випадку інгаляції середньодобове потрапляння m (потужність дози), віднесене до 1кг маси тіла людини, визначається формулою:

$$m = \frac{c \times V \times f \times T_0}{P \times T} \quad (1)$$

Де:

c – концентрація канцерогену в середовищі перебування – у повітрі, мг/м³

V – об'єм повітря, що потрапляє в легені продовж доби, м³/діб.;

f – кількість днів у році, продовж яких відбувається вплив канцерогену;

T_0 – кількість років, продовж яких відбувається вплив канцерогену;

P – середня маса тіла дорослої людини, кг,

T – усереднений час можливої дії канцерогену, діб.

Індекс небезпеки HQ розраховується з врахуванням величини середньодобового потрапляння m (віднесене до 1 кг маси тіла людини):

$$HQ = \frac{m}{Nd} \quad (2)$$

де:

Nd – узгоджена гранична потужність дози;

m – середньодобове потрапляння неканцерогену з повітрям, віднесене до 1 кг маси тіла людини, мг/кг·добу.

Для прикладу розрахунку та обробки статистичної моніторингової інформації вибрано пост стаціонарного моніторингу атмосферного повітря в м. Києві в районі Дарницької площі.

Аналізуючи середньомісячну динаміку забруднювачів в багаторічному розрізі (2013-2020р.) бачимо що одним з основних компонентів забруднення токсичної дії, який до 5 разів перевищує ГДК – є формальдегід (СНОН). Ця речовина є також індикатором появи фотохімічного смогу над автошляхопроводами в м. Києві. Токсичність дії проявляється у впливі на верхні дихальні шляхи людини та може привести при довготривалій дії до онкозахворювань легень.

Залежність концентрації формальдегіду (Сф) від температури атмосферного повітря побудовано на основі даних моніторингових спостережень та представлено на рис.1.

В таблиці 1 представлено дані щодо розрахунку середньомісячних значень канцерогенних та неканцерогенних ризиків для здоров'я автотранспортних працівників. В чисельнику - значення канцерогенного ризику, в знаменнику – неканцерогенного.

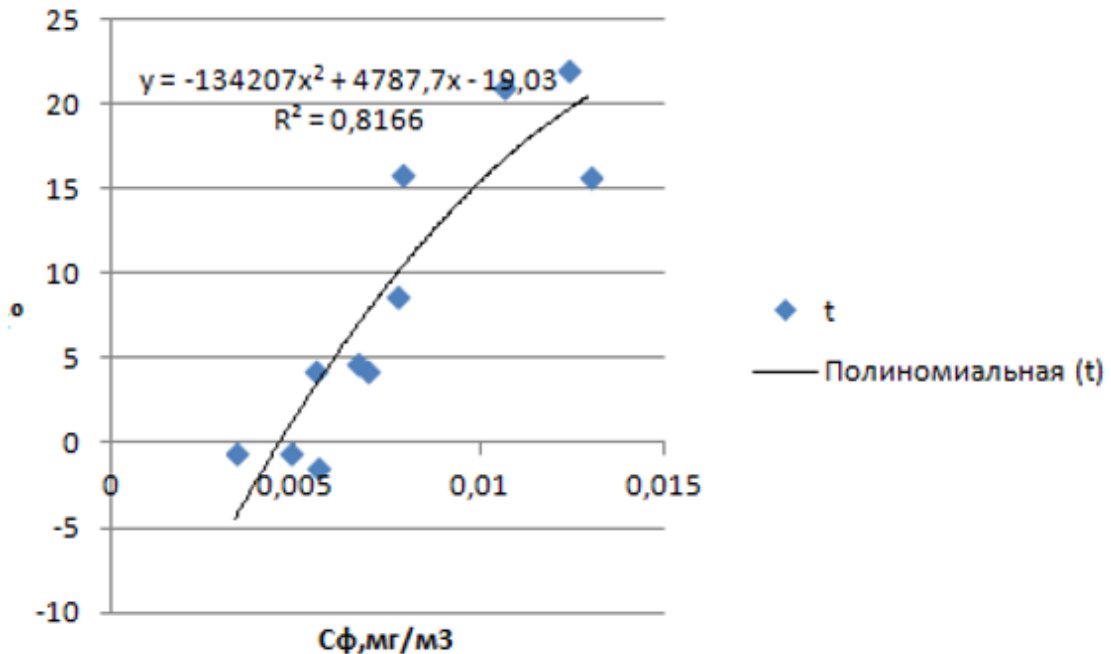


Рис.1. Поліомінальні залежності температури атмосферного повітря та концентрацій формальдегіду в м. Києві (Дарницька площа, 2015 рік)

Таблиця 1

Значення канцерогенних/неканцерогенних ризиків для здоров'я людини в районі Дарницької площі, м. Київ, 2015 рік.

Назва перехрестя	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Середнє значення
Дарницька площа	$1,534 \cdot 10^{-4} / 3,3$	$1,581 \cdot 10^{-4} / 3,6$	$1,193 \cdot 10^{-4} / 4$	$1,364 \cdot 10^{-4} / 4,4$	$1,922 \cdot 10^{-4} / 4,13$	$1,937 \cdot 10^{-4} / 4,17$	$2,170 \cdot 10^{-4} / 4,67$	$2,077 \cdot 10^{-4} / 4,47$	$1,813 \cdot 10^{-4} / 3,9$	$1,503 \cdot 10^{-4} / 3,23$	$1,178 \cdot 10^{-4} / 2,55$	$1,114 \cdot 10^{-4} / 2,39$	$1,581 \cdot 10^{-4} / 3,6$

Табличні значення канцерогенних та неканцерогенних ризиків згідно [3] представлено в таблицях 2 і 3 відповідно.

Таблиця 2

Класифікація канцерогенних рівнів ризику для умов України

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Високий – не прийнятий для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	$>10^{-3}$
Середній – припустимий для виробничих умов. За впливу на все населення, необхідний динамічний контроль та поглиблене вивчення джерел та можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи у управлінні ризиком	$10^{-3} - 10^{-4}$
Низький – припустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	$10^{-4} - 10^{-6}$
Мінімальний – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих та природоохоронних заходів	$>10^{-6}$

Таблиця 3

Класифікація неканцерогенних рівнів ризику

HQ	Рівень ризику
<1,0	Мінімальний – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих та природних заходів
1,0-10,0	Середній – припустимий для виробничих умов. За впливу на

	населення, необхідний динамічний контроль та поглиблене вивчення джерел та можливих наслідків шкідливого впливу для вирішення питання про заходи управління ризиком
10,0-100,0	Значний – неприпустимий для населення, для виробничих умов необхідний динамічний контроль та поглиблене вивчення питання про заходи управління ризиком
>100,0	Високий – не прийнятний для виробничих умов та населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику

Таким чином, аналіз моніторингових даних по існуючих постах спостережень в м. Києві в 2025 році показав стабільне перевищення як середньомісячних (від 1,5 та більше в зимові місяці та від 3 та більше в літні), так і максимально виміряних концентрацій формальдегіду (від 3,5 та більше в зимові місяці і до 7 - в літні) в приземному шарі атмосферного повітря на стаціонарному посту спостережень Дарницька площа.

Розрахунок величин канцерогенних та неканцерогенних ризиків для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря за стандартною методикою по розглядаємому пості спостережень м. Києва показав, що середні величини канцерогенного ризику знаходяться в межах (2,4 -5,7) e^{-4} , неканцерогенних в межах 2,4 – 5,7, що за виробничих умов є прийнятним, а за умов впливу на все населення потребує необхідного динамічного контролю і поглибленого вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів на населення.

Завдання по даному розділу:

1. Проаналізувати дані моніторингових спостережень по конкретному автошляхопроводу міста зі стаціонарним постом спостережень за станом атмосферного повітря

2. Побудувати статистичні залежності основного впливового на стан здоров'я забруднювача в залежності від температурних умов

3. За даними статистичних залежностей знайти перевищення в ГДК даного забруднювача в залежності від зміни температури атмосферного повітря.

4. Визначити дані значень канцерогенного та неканцерогенного ризиків для здоров'я людини в залежності від конкретного забруднювача.

5. Порівняти дані розрахунків з існуючою класифікацією рівнів ризиків.

1. Визначення ризиків для працівників автодорожньої галузі шляхом застосування методики розрахунку показників забруднення викидів від автотранспорту

Статистичні методи дозволяють враховувати велику кількість факторів в умовах неповної або некомплектної вхідної інформації. Однак не завжди маємо наявність даних спостережень на розглядаємій території. А в нашому випадку – відсутність стаціонарного посту спостережень біля розв'язки або перехрестя, що підлягає реконструкції. Для ведення системи моніторингових досліджень та прогнозу стану екологічної безпеки атмосфери міста, поряд з інструментальними дослідженнями досить успішно застосовуються методи математичного моделювання. Найближчим часом розвиток моделей прогнозу якості атмосферного повітря і, відповідно впливу прогнозного забруднення на населення та робітників, які працюють на автошляхопроводах та перехрестях буде диктуватися більш інтенсивним антропогенним навантаженням на атмосферу в міському середовищі, особливо в частині кількості автомобільних засобів.

Цей шлях буде потребувати розробки методів паралельних розрахунків задач охорони навколишнього середовища на урбанізованих територіях.

В даному розділі приведено оціночні розрахунки, які лягли в основу інформаційної моделі, що створена на платформі ArcGis та дозволяє оцінити вплив забруднення атмосферного повітря на здоров'я людини.

Даний підхід, який заснований на теорії формування конвективного теплового струменя над перехрестям проілюструємо на прикладі конкретного перехрестя в м. Києві – автошляхопрповід проспект Перемоги - вул. Гетьмана Довженка (м. Шулявка).

Алгоритм розрахунку наступний:

- знаходимо по карті площу транспортного вузла. – S , яка дорівнює:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} S \quad (3)$$

Де:

D – діаметр, який охоплює транспортну розв'язку. На прикладі транспортного вузла «Шулявка» $D=200$ м:

$$S = 3,14 \cdot 200^2 / 4 = 31400 \text{ м}^2$$

Знаходимо кількість теплоти по площі S :

$$QS = S \cdot \sum(Rc + Rp)$$

Де:

$\sum(Rc + Rp)$ – сума прямої та розсіяної радіації

Для Києва $645+194=839$ МДж/м² відповідно для липня місяця.

- знаходимо теплоту від автомобілів на транспортній розв'язці. По кількості смуг визначаємо кількість автомобілів. Згідно схеми, яка розглядається для розв'язки кількість смуг 20 по 200м.

- приймаємо на 1 км (1000 м) → 40 шт ($l_{\text{авто}} = 50$ м, дистанція 20 м), заїзд на автомобільну смугу відбувається зі швидкістю 60км/год.

Довжина завантаження автомобілями по 20 смугах (кожна по 200м)
 $20 \cdot 200 = 4000 \text{ м} = 4 \text{ км}$ кількість на вузлі автомобілів $4 \text{ км} / 25 \text{ м} = 160$
 одиниць.

Витрата палива 8л на 100 км = $8/100000 = 0.00008 \text{ л /м}$

Витрата палива $160 \text{ шт} \cdot 200 \text{ м} \cdot 8 \cdot 10^{-5} = 2,56 \text{ л}$

Теплота від автомобілів $2,56 \cdot 40000 \text{ Дж} = 102 \text{ КДж} = 0,1 \text{ МДж}$.

Система рівнянь, які описують конвективне тепло, яке підіймається над нагрітою поверхнею автотранспортного вузла в повітрі:

$$V_y = 0,56 \left(\frac{Q_k}{y-y_0} \right)^{0,33} \quad (4)$$

$$\Delta t_{\text{уср}} = \frac{41 \cdot Q_k^{2/3}}{(y-y_0)^{5/3}} \quad (5)$$

$$Q_k = QS$$

Де:

$\Delta t_{\text{уср}}$ – середня температура у перехідному перерізі конвективного струменя, град, на відстані y_0 від поверхні землі (приблизно 2 умовних діаметри теплової поверхні, м);

V_y – середня по площі швидкість теплого повітря, яке підіймається вгору, м/с.

Спрощена формула для попередньої оцінки концентрації формальдегіду в найвужчому перерізі конвективної струмини, що передуює утворенню забрудненого купола атмосферного повітря та утворення фотохімічного смогу над автопроводами представлена формулою:

$$C_\phi = \left[\frac{A \cdot n}{D(R_p + R_n + R_a)} \right]^{0,33} \cdot \exp(8,959 - 3784/T) \quad (6)$$

де:

T – температура приземного шару атмосферного повітря в К;

A – переводний коефіцієнт, який характеризує кількість одиниць забруднення і теплоти з 1 м² теплої поверхні за одиницю часу. Для умов м. Києва він дорівнює $A = 73,7 \text{ мг/ (КДж/м}^2) \text{ з } 1 \text{ м}^2$.

На підставі рішення формули (4) знаходимо концентрацію СНОН над авторозв'язкою м. Шулявка і на основі цього рішення знаходимо згідно Методики [2] значення канцерогенних та неканцерогенних ризиків для здоров'я населення. Результати розрахунків зведені в табл.4.

Розрахунок величин канцерогенних та неканцерогенних ризиків для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря за стандартною методикою по розглядаємому пості спостережень м. Києва показав, що середні величини канцерогенного ризику знаходяться в межах (2,4 -5,7) e^{-4} , неканцерогенних в межах 2,4 – 5,7, що за виробничих умов є прийнятним, а за умов впливу на все населення потребує необхідного динамічного контролю і поглибленого вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів на населення.

Таблиця 4

Значення канцерогенних/неканцерогенних ризиків для здоров'я людини в районі м. Шулявка, м. Київ.

Назва перехрестя	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Середнє значення
проспект Перемоги - вул. Довженка - вул. Вадима Гетьмана (м. Шулявська)	1,395 e^{-4} /3	1,178 e^{-4} /2,5	1,395 e^{-4} /3	1,999 e^{-4} /4,3	2,387 e^{-4} /5,13	2,635 e^{-4} /5,67	3,926 e^{-4} /8,44	3,813 e^{-4} /8,2	2,666 e^{-4} /5,73	2,077 e^{-4} /4,47	1,705 e^{-4} /3,67	1,658 e^{-4} /3,57	2,232 e^{-4} /4,8

На основі запропонованої моделі було отримано програмний продукт дозволяє робити пошук оптимальних управлінських рішень на

муніципальному рівні для ряду науково-практичних задач міста, таких як: оцінка викидів парникових газів від автотранспортних засобів; вплив даних викидів міста в розрізі глобальних кліматичних змін; оцінка ступеня екологічної безпеки міського середовища та ризик для здоров'я населення, особливо на межі житлової забудови; розробка нормативної бази та технологічних рішень щодо заходів пом'якшення наслідків кліматичних змін та поліпшення якості повітря; розробка планів та концепцій соціально-економічного розвитку міста [4]

Завдання по даному розділу:

1. Вибрати розв'язку міста, що підлягає реконструкції.
2. Визначити для даного автошляхопроводу сонячну радіацію з теплої поверхні в залежності від місяця року [5], кількість автомобілів, які перебувають одночасно на цій розв'язці, середню температуру атмосферного повітря в даному місяці, в Києві.
3. За допомогою калькулятора визначити концентрацію забруднення повітря формальдегідом над даною розв'язкою.
4. Визначити дані значень канцерогенного та неканцерогенного ризиків для здоров'я людини в залежності від конкретного забруднювача.
5. Порівняти дані розрахунків з існуючою класифікацією рівнів ризиків.

Список використаної літератури:

1. Pollution of atmospheric air above the city highways. R.Sipakov, O.Voloshkina, D.Varavin, Y.Ampilova, T.Krivomaz, J.Bereznitska//USEFUL online journal, vol. 2, no. 4, pp. 01–08, December 2018. DOI: <https://doi.org/10.32557/useful-2-4-2018-0001>
2. Методичні рекомендації МР 22.12-142-2007 «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря».-2007.-40с. Режим доступу до елект.ресурсу: <http://Zakon.nau.ua/doc>.
2. Розрахунковий програмний продукт. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4735836>
3. ДСТУ-Н-Б-В.1.1-27: 2010 Будівельна кліматологія. Національний стандарт. Мінрегіонбуд України, 2011 – 123с.
4. Дані Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського http://cgo-sreznevskyi.kyiv.ua/index.php?lang=uk&fn=news_full&p=1&f=news-cgo&val=2021-04-02-06-42-09-27&ko=0
5. .Gerd, A., Folberth, Timothy, M., Butler, William, J.,Collins, Steven, T., Rumbold, (2015). Megacities and climate change- A brief overview. Environment Pollution. 203,235-242.
6. Demographia. World Urban Areas & Population Projections. 13th Annual Edition: 2017:04 <http://www.demographia.com/db-worldua.pdf>
7. Cities and Climate Change: Global Report on Human Settlements 2011 – ABRIDGED (ARABIC) /www.unhabitat.org/grhs/2011.
8. О.Г. Шевченко, М.І. Кульбіда, С.І. Сніжко, Л.С. Щербуха, Н.О. Данілова. (2014). Рівень забруднення атмосферного повітря міста Києва формальдегідом. Український гідрометеорологічний журнал, Одеський державний екологічний університет, № 14, - С. 2-22.
9. Impact of Weather Factors on the Speed of the Reaction of Formaldehyde Formation Above Motorway Overpasses. SipakovR., Trofimovich V., Voloshkina O., Bereznitskaya Y./ Environmental Problems,

Volume 3, number 2, LvivPolitechnic National University, 2018 – P.97-102 <http://ena.lp.edu.ua>

10. Оцінка ризику для здоров'я населення від викидів автомобільного транспорту у м. Києві. Сіпаков Р.В., Волошкіна О.С., Березницька Ю.О., Клімова І.В./ Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування/ Науково-технічний журнал, ІФНТУНГ МОНУ.- Івано-Франківськ., – К., 2018. – Вип. 1(17). – С.14-20.; <https://www.nung.edu.ua/>
11. Волошкіна О.С. Дослідження забруднення формальдегідом атмосферного повітря м. Києва на автомобільних автопроводах./ Волошкіна О.С., Сіпаков Р.В., Жукова О.Г., Березницька Ю.О.// Доповіді Міжнародної наук. конф. молодих вчених «Регіональні проблеми охорони довкілля», 30 травня-1 червня 2018, ОДЕУ, м. Одеса.- 46-50С.
12. Н.Н.Беляев, Е.С. Славинская, Р.В. Кириченко, (2017). Прогноз загрязнения атмосферного воздуха выбросами автотранспорта с учетом химической трансформации вредных веществ. Вестник Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта, № 3(69), - С.15-22.

