

Выделены локальные критерии качества, позволяющие оценить эффективность применения технологии разработки ПО для создания программных продуктов с конкретным назначением. Разработана процедура принятия решений по выбору технологии разработки ПО как последовательность выполняемых этапов.

Литература

1. Технологические подходы к разработке программного обеспечения [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://window.edu.ru/library/pdf2txt/368/60368/30315/page1/> – 14.01.2015. – Загл. с экрана.
2. Технологии разработки программного обеспечения [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://life-prog.ru/1_32545_tehnologii-razrabotki-programmnogo-obespecheniya-programmirovaniya.html/ – 14.01.2015. – Загл. с экрана.
3. Технологии разработки программного обеспечения [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.interface.ru/iarticle/files/3579/> – 14.01.2015. – Загл. с экрана.
4. Технологии разработки программного обеспечения [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://forcoder.ru/developing/tehnologiya-razrabotki-programmnogo-obespecheniya-336> – 14.01.2015. – Загл. с экрана.
5. Технологии проектирования программного обеспечения [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.methods-rgtu.ru/index.php/mets3500-3599/> – 16.01.2015. – Загл. с экрана.
6. Технология разработки программных средств [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://starik2222.narod.ru/trpp/2s/lec/27.htm/> – 17.01.2015. – Загл. с экрана
7. Технология разработки программного обеспечения [Электронный ресурс] / Режим доступа:

<http://bibliofond.ru/view.aspx?id=34386> – 18.01.2015. – Загл. с экрана.

8. Технология разработки программных продуктов [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.academia-moscow.ru/catalogue/4891/47898/> – 18.01.2015. – Загл. с экрана

References

1. Tehnologicheskie podhody k razrabotke programmnogo obespecheniya. (2015). Available at: <http://window.edu.ru/library/pdf2txt/368/60368/30315/page1/> (Last accessed: 14.01.2015).
2. Tehnologii razrabotki programmnogo obespecheniya (2015). Available at: http://life-prog.ru/1_32545_tehnologii-razrabotki-programmnogo-obespecheniya-programmirovaniya.html (Last accessed: 14.01.2015).
3. Tehnologii razrabotki programmnogo obespecheniya (2015). Available at: <http://www.interface.ru/iarticle/files/3579> (Last accessed: 14.01.2015).
4. Tehnologii razrabotki programmnogo obespecheniya (2015). Available at: <http://forcoder.ru/developing/tehnologiya-razrabotki-programmnogo-obespecheniya-336> (Last accessed: 14.01.2015).
5. Tehnologii proektirovaniya programmnogo obespecheniya (2015). Available at: <http://www.methods-rgtu.ru/index.php/mets3500-3599> (Last accessed: 16.01.2015).
6. Tehnologija razrabotki programmnih sredstv (2015). Available at: <http://starik2222.narod.ru/trpp/2s/lec/27.htm> (Last accessed: 17.01.2015).
7. Tehnologija razrabotki programmnogo obespecheniya (2015). Available at: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=34386/> (Last accessed: 18.01.2015).
8. Tehnologija razrabotki programmnih produktov (2015). Available at: <http://www.academia-moscow.ru/catalogue/4891/47898/> (Last accessed: 18.01.2015).

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Хажмурадов М. А.
Дата надходження рукопису 23.04.2015*

Павленко Евгений Петрович, кандидат технических наук, доцент, кафедра информационно-управляющих систем, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166
E-mail: evg-pavl@mail.ru

Айвазов Виталий Артемович, кафедра охраны труда, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

Берюх Игорь Сергеевич, кафедра информационно-управляющих систем, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166
E-mail: beruh.igor@mail.ru

УДК 504:502.3

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.42635

АЛГОРИТМ РОЗРАХУНКУ ТЕХНОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВІД ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРУ

© В. М. Шмандій, Д. Л. Пляцук, Л. Л. Гурець

Для розробки алгоритму моделювання техногенного навантаження в регіоні запропоновані послідовні етапи загального аналізу забруднення об'єктів довкілля в результаті викидів стаціонарних джерел, у завдання яких входили процедури оцінки техногенної дії на атмосферу. Для цього в статті запропоновано застосувати системний аналіз природно-антропогенних систем. Він показав, що будь-яка територія за її призначенням повинна розглядатися як сукупність двох середовищ: техногенного і природного

Ключові слова: атмосфера, забруднюючі речовини, техногенне навантаження, алгоритм, оцінка техногенної дії, біоіндикація

The successive stages of a general analysis of the environmental contamination by emissions of stationary sources were offered for the development of the simulation algorithm of anthropogenic impact in the region. In this way article focused on the systems approach that was used for analysis of the natural-anthropogenic systems. This analysis shown that any territory should be viewed as a set of two environments: natural and man-made

Keywords: atmosphere, pollutants, technogenic load, algorithm, estimation of anthropogenic impact, bioindication

1. Вступ

Екологічні проблеми, які пов'язані з результатами діяльності людини, стають усе більш актуальними, поступово займаючи провідне місце серед глобальних питань сучасності. Особливого значення цей напрям набуває для нашої країни у зв'язку з необхідністю рішення завдань стійкого розвитку, що можливо лише на основі системного дослідження екологічних проблем, пов'язаних, в першу чергу, із захистом довкілля від техногенної дії. Дослідження і вирішення проблеми забруднення повітряного басейну викидами промислових підприємств є одним із завдань, які необхідно вирішувати у рамках загальних аспектів охорони довкілля. Важливим класом завдань, які вимагають першочергового вирішення, є розробка засобів оцінки техногенного навантаження, пов'язаного із забрудненням атмосферного повітря і прогнозування впливу промислових підприємств на довкілля.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Для оцінки небезпек широкий розвиток отримала теорія техногенного впливу на довкілля, в основі якої лежить кількісна міра впливу шкідливих чинників [1–3]. Нормативний підхід і концепція екологічної дії не суперечать один одному і можуть скласти єдину комплексну базу для оцінки техногенного навантаження на довкілля.

Поняття «допустимі впливи та навантаження» на природне середовище є досить складним. Будь-яке навантаження в екологічній системі, що виникає за рахунок певної дії, здатне вивести її з середнього природного (нормального) стану, визначається як екологічне. Виходячи з цього, допустимими впливами можна вважати такі дії, які не призводять до перевищення допустимого навантаження на екологічні або будь-які інші природні системи. Якщо навантаження перевищує допустиме, антропогенний вплив завдає шкоди популяції, екосистемі або біосфері в цілому.

Проте поняття допустимих впливів та навантажень залежать від того, які межі можна вважати допустимими, якими цілями задається людина при свідомому або ненавмисному впливі на довкілля. Для забезпечення високої якості довкілля гранично допустиме екологічне навантаження не повинне викликати порушення нормального функціонування екосистеми. Тому для визначення порогу техногенного навантаження повинні враховуватися усі чинники комбінованої і комплексної дії на екосистему.

Значення порогу техногенного навантаження спираються на поняття стійкості екосистеми або критичності стану екосистеми, або окремих її ланок і рівнів, якщо резерв міцності відсутній.

Для оцінки допустимої дії різних чинників на природне довкілля дуже важливим є питання про порогові шкідливих ефектів впливу і характер залежності «доза-ефект». Під принципом пороговості ефекту дії на біологічні системи потрібно розуміти не взагалі поріг будь-яких змін екосистем під час техногенного впливу, а вихід реакції біоти за межі звичайних фізіологічних коливань, що спостерігаються в процесі гомеостазу.

Пороговість ефекту дії на угруповання (біогеоценоз) розглядають і розцінюють за кінцевим інтегральним ефектом на всю систему. Йдеться про поріг шкідливої дії, що призводить до виходу реакцій екосистеми за межі нормальних фізіологічних «системних» флуктуацій, а не про поріг прояву окремих біологічних реакцій.

Визначення допустимих для екосистеми антропогенних дій (на фоні природної мінливості її стану) ґрунтується на понятті екологічного резерву цієї системи і інтервалі допустимих коливань її стану.

Оскільки результативність у визначенні ефектів багато в чому визначається не лише якістю використаного математичного опису функції «доза-ефект», але і точністю оцінки її параметрів, тому спочатку необхідно визначити суть ефекту, виявити основні аспекти і властивості його оцінки і вимоги до неї.

У роботі [4] залежність екологічного ефекту технологічних процесів, що виражається рівнем техногенного навантаження, визначається показниками екологічного ризику і мірою дії, приведених до відносних одиниць методом визначення пріоритетів при експертно-оціночному аналізі.

Існуючі рішення з обґрунтування кількісних оцінок техногенного впливу носять, зазвичай, вузькоспеціалізований характер [5–7] і залежать від того, що саме мається на увазі під визначенням поняття «техногенне навантаження» [8]. Тому при оцінці техногенного навантаження виникають розбіжності стосовно визначення кількісних характеристик техногенного навантаження й на нормативному рівні. Тому актуальною є розробка загального алгоритму визначення рівня техногенного навантаження на довкілля, що базується на принципах системного підходу.

3. Мета і завдання дослідження

Мета дослідження – розробка алгоритму моделювання техногенного навантаження в регіоні від викидів забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних джерел.

Завдання, на вирішення яких спрямовано роботу:

– розробка етапів загального аналізу забруднення об'єктів навколишнього середовища в результаті викидів стаціонарних джерел;

– кореляційний аналіз зв'язків між концентраціями забруднюючих речовин та пошкодженістю рослин-біоіндикаторів.

4. Розробка етапів моделювання техногенного навантаження в регіоні: матеріали та методи досліджень

4.1. Теоретичні основи системного моделювання техногенного навантаження в регіоні

Значення порогу техногенного навантаження спираються на поняття стійкості екосистеми або критичності стану екосистеми, або окремих її ланок і рівнів, якщо резерв міцності відсутній.

Техногенне навантаження в регіоні при нормальному функціонуванні об'єктів промислової інфраструктури може бути обумовлене за рахунок викидів або витоку шкідливих або небезпечних речовин, скидів недостатньо очищених або неочищених стоків, захоронення небезпечних і високотоксичних відходів в кількостях, що перевищують санітарно-гігієнічні нормативи і чинять постійну дію на здоров'я населення і компоненти довкілля.

Встановлення залежностей техногенного впливу за рахунок дослідження зв'язків «дія-ефект» виконувалось методом побудови діаграм потоків [9].

В загальному вигляді при варіанті побудови діаграм потоків оцінку техногенного навантаження можна проводити послідовним виявленням або прогнозуванням залежностей між впливом і наслідком. Побудова діаграм потоків можлива тільки за наявності точного опису процесу, що відбувається в природному середовищі без наявності впливу та при його появі. Причому послідовність подій має бути побудована в деякий ланцюжок, наприклад, виробництво → викиди забруднюючих речовин в атмосферу → розсіювання поллютантів на великі відстані → деградація екосистеми і підвищення захворюваності населення.

На нашу думку, цей метод потребує удосконалення та уточнення за рахунок обґрунтування порогових характеристик техногенної дії та ранжування їх на такі:

– при яких починаються оборотні зміни екосистеми;

– при яких починаються безповоротні зміни екосистеми;

– при яких спостерігається інтегральна міра трансформації екосистеми за рахунок модифікації або загибелі її компонентів.

При розробці алгоритму моделювання техногенного навантаження в регіоні були розроблені послідовні етапи загального аналізу забруднення об'єктів довкілля в результаті викидів стаціонарних джерел. У завдання кожного з етапів входили певні процедури оцінки техногенної дії:

Крок 1. Ідентифікувати джерела постійних викидів.

Крок 2. Охарактеризувати джерела викидів: відбір підприємств і речовин для подальшої оцінки.

За наявності системи моніторингу можна скористатися даними прямих вимірів. За відсутності системи моніторингу або у разі, коли система не забезпечує повноти даних, можна розрахувати викиди на

основі об'ємів гранично допустимих викидів(ГДВ). За відсутності моніторингу і даних по ГДВ можна скористатися для первинної оцінки даними, отриманими для аналогічних об'єктів, із застосуванням балансових методів розрахунку, при цьому слід заздалегідь перевірити, наскільки коректне застосування цих результатів до об'єкту, що вивчається.

Крок 3. Вибрати для вивчення передбачувану схему міграції забрудників в приймаючому середовищі: повітрі, воді, ґрунті.

Крок 4. Використовуючи відповідні моделі і розрахункові коди, оцінити розсіювання в приймаючому середовищі.

Якщо приймаючим середовищем є атмосферне повітря, розрахувати концентрації забруднюючих речовин за найгірших погодних умов для процесу розсіювання в цьому регіоні, використовуючи відомі моделі і розрахункові коди. Перейти до кроку 5.

Крок 5. Для оцінки концентрацій забруднюючих речовин, як функції відстані і часу, використовуються моделі розсіювання в атмосфері. Розрахувати середньорічні концентрації канцерогенів і суми зважених часток(PM 10), NO_x, SO₂, CO та ін. в рецепторних точках за допомогою Гаусової моделі для типу місцевості, характерної для цього регіону.

Крок 6. Використовуючи залежності «доза-ефект» при визначенні порогу техногенного навантаження, оцінити вплив на довкілля (рекомендується скористатися методами біоіндикації для визначення небезпеки деградації урбоекосистеми від забруднення довкілля) або здоров'я населення (кількість людей, що піддаються певному ефекту – смертність, захворюваність, тобто оцінка індивідуального і популяційного ризику).

В дослідженні використовувався системний аналіз природно-антропогенних систем, який показав, що будь-яка територія за її призначенню повинна розглядатися як сукупність двох середовищ: техногенної і природної. Методика оцінки техногенного навантаження, обумовленого забрудненням атмосферного повітря в умовах виробничої інфраструктури міста, що змінюється, заснована на створенні моделі взаємодії техногенних і фізико-географічних процесів, і дозволяє розглянути їх поетапно.

4.2. Методика дослідження міри впливу якості забрудненого атмосферного повітря на екосистему

Проведення серії експериментів базувалося на методах біоіндикації, в яких в якості біоіндикаторів були вибрані представники фітоценозів урбанізованої території міста Суми. На території міста Суми і в його околицях для аналізу були узяті вибірки листя берези бородавчастої з тестових точок з різним техногенним навантаженням.

Після відбору тест-об'єктів на експериментальних ділянках статистично оцінювалася величина флуктуаційної асиметрії листової пластинки за допомогою інтегрального показника – величини середньої відносної відмінності на ознаку (відношення різниці до суми промірів листа з лівого та правого боку, віднесені до кількості ознак:

$$I_A = I_0 \cdot \frac{(A - B)}{(A + B)}, \quad (1)$$

де I_A – інтегральний показник асиметрії; I_0 – абсолютна величина; A, B – значення ознаки з лівої та правої сторони листової пластинки відповідно.

За міру зв'язку брався коефіцієнт кореляції, який обчислювався на основі вибірки пар значень (C), умовний стан пошкоженості $УСП(Y)$ об'єму отриманих даних біоіндикацій.

Таким чином, математичне очікування представлено регресійним рівнянням виду:

$$УСП(Y) = a_0 + a_1C_1 + a_2C_2 + a_3C_3 + \dots + a_nC_n, \quad (2)$$

де a_0, a_1, a_2, \dots – коефіцієнти регресії при відповідних змінних.

В якості критерію відкликання брали найбільше значення Y , що відповідає максимальному обсягу біогенного газу.

5. Результати реалізації етапів моделювання техногенного навантаження в регіоні на принципах системного підходу

На першому етапі проведення оцінки урбанізована територія населеного пункту розглядалася як техногенне середовище. Цей етап включав детальний аналіз об'єктів виробничої інфраструктури міста, характеристику стаціонарних джерел забруднення атмосфери, аналіз динаміки викидів з подальшим ранжируванням урбанізованої території за джерелами викидів забруднюючих речовин. На цьому етапі використовувалися статистичні методи дослідження.

На другому етапі територія міста розглядалася як природне середовище, тобто проводилася оцінка фізико-географічних процесів, що протікають на ній, тобто аналіз орографічних, кліматичних і метеорологічних чинників, що впливають на поширення забруднюючих речовин в атмосфері для цієї місцевості. На цьому етапі оцінка здійснювалася за допомогою статистичних методів дослідження з напрацюванням баз даних за результатами багаторічних спостережень за станом атмосферного повітря.

На третьому етапі через зміну якості атмосфери оцінювалася дія техногенного середовища на природну складову.

Цей етап складався з двох підетапів, перший з яких включав оцінку екологічних ризиків, обумовлених техногенною дією об'єктів виробничої інфраструктури на якість атмосферного повітря за допомогою методів математичного моделювання і статистичних методів аналізу показників здоров'я населення.

Другий підетап включав серію експериментальних вимірів, які велися за профілем «забруднююча речовина-реципієнт». Натурний експеримент полягав у вимірі вмісту основних забруднюючих речовин в атмосфері (діоксид азоту, діоксид сірки) на різних відстанях від джерела викидів – Сумської ТЕЦ.

Розподіл забруднюючих речовин за профілем «забруднююча речовина – час» за експериментальний період приведений на рис. 1, 2.

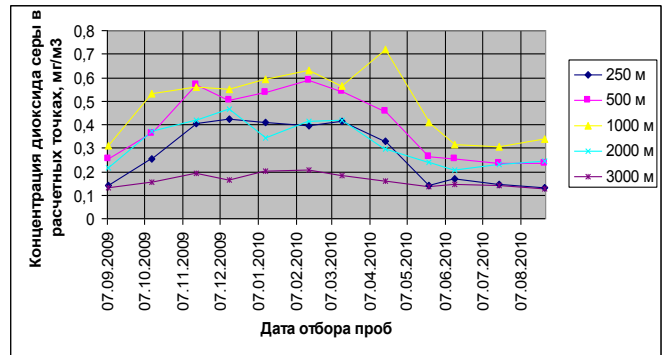


Рис. 1. Розподіл діоксиду сірки в розрахункових точках за період дослідження

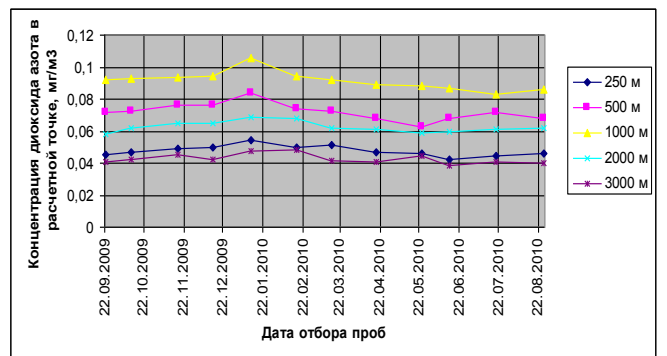


Рис. 2. Розподіл діоксиду азоту в розрахункових точках за період дослідження

Під час натурних спостережень викиди оксидів сірки і азоту від Сумської ТЕЦ змінювалися в деяких межах. Так, відношення максимального значення викидів до мінімального в різних серіях експериментів змінювалося для NO_2 – в межах 1,1–1,5 для SO_2 – в 1,2–1,9 разів.

На третьому етапі через зміну якості атмосфери оцінювалася дія техногенного середовища на природну складову.

Цей етап складався з двох під етапів. Для визначення зв'язку між перевищеннями концентрацій забруднюючих речовин та пошкодженістю рослин-біоіндикаторів проведений кореляційний аналіз.

Результати регресійного аналізу наведені у табл. 1.

Таблиця 1
Залежність стану пошкоженості рослин-біоіндикаторів від ступеню забруднення атмосфери м. Суми

Викиди	Рівняння	Коефіцієнт кореляції
Діоксид азоту	$УСП=303,03C_4 - 681,82C_3 + 507,58C_2 - 49,502C + 38,071$	$r=0,93$
Діоксид сірки	$УСП=-946,97C_4 + 1452C_3 - 656,44C_2 + 170,56C + 20$	$r=0,85$

При цьому за міру зв'язку брався коефіцієнт кореляції, який обчислювався на основі вибірки пар значень (C), умовний стан пошкоженості ($УСП$) об'єму отриманих даних біоіндикацій. Відповідно було встановлено тісний кореляційний зв'язок між

складом і концентрацією поллютантів, на прикладі діоксиду азоту і сірки, та флюктуючої асиметрії листя деревних рослин, на прикладі берези бородавчастої.

6. Обговорення результатів реалізації етапів моделювання техногенного навантаження в регіоні на принципах системного підходу

Здійснення перших двох етапів моделювання рівня техногенного навантаження дозволило за допомогою обліку статистичних даних щодо викидів в атмосферне повітря забруднюючих речовин від стаціонарних джерел за довгостроковий період часу допомогло виявити загальні закономірності розповсюдження поллютантів на різних відстанях від джерела викидів Сумської ТЕЦ.

Наступні етапи моделювання дали можливість виявити безпосередній рівень впливу досліджуваних поллютантів на природні компоненти екосистеми.

Це пов'язано із високою чутливістю обраного виду рослини – біоіндикатора до впливу газоподібних викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел, які в першу чергу впливають на верхній ярус рослинності, до якого відноситься береза бородавчаста, що широко розповсюджена в дослідженому регіоні.

7. Висновки

Здійснено розробку алгоритму моделювання техногенного навантаження від викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел на прикладі Сумської ТЕЦ. У роботі запропоновані послідовні етапи загального аналізу забруднення об'єктів довкілля та його впливу на їх природні компоненти. Здійснений системний аналіз рівня техногенного впливу на екосистему регіону показав, що будь-яка територія за її призначенням повинна розглядатися як сукупність двох середовищ – техногенно і природного.

Література

1. Басиль, Е. Е. Концепция управления техногенным риском [Текст] / Е. Е. Басиль, В. Д. Гогунский, С. В. Руденко // Труды Одесского политехн.ун-та. – 2003. – Вып. 1 (19). – С. 218–221.
2. Сафранов, Т. А. Екологічні основи природокористування [Текст] / Т. А. Сафранов. – Львів: Новий Світ-2000, 2003. – 248 с.
3. Маршалл, В. Основные опасности химических производств [Текст] / В. Маршалл; пер.с англ. – М.: Мир, 1989. – 672 с.
4. Кузьмин, И. И. Безопасность и техногенный риск [Текст] / И. И. Кузьмин // Журнал Всесоюз. химич. общества им. Д. И. Менделеева. – 1990. – Т. 35. – С. 415–421.
5. Барышников, И. И. Здоровье человека – системообразующий фактор при разработке проблем экологии современных городов [Текст] / И. И. Барышников, Ю. И. Мусийчук. – Медико-географические аспекты оцен

ки уровня здоровья населения и состояния окружающей среды. – СПб, 1992. – С. 11–36.

6. Ястребенский, М. А. Безопасность атомных станций: информационные и управляющие системы [Текст] / М. А. Ястребенский, В. Н. Васильченко, С. В. Виноградская и др.; под ред. М. А. Ястребенского. – К.: Техніка, 2004. – 472 с.

7. Буштуева, К. А. Методы и критерии оценки состояния здоровья населения в связи с загрязнением окружающей среды [Текст] / К. А. Буштуева, И. С. Случанко. – М.: Наука, 1979. – 176 с.

8. Гогунский, В. Д. Об экологическом риске и методе его оценки [Текст] / В. Д. Гогунский, А. Л. Цыкало // Экологические проблемы Одесского региона и их решение: труды междунар. конф. – Государственное управление экологической безопасности по Одесской обл.; ред. А. Л. Цыкало. О. [б.в.]. – 1995. – С. 11–15.

9. Буляница, А. Л. Методы статистической обработки экологической информации: дискриминантный, корреляционный и регрессионный анализ. Учеб. пособие. СПбГУАП [Текст] / А. Л. Буляница, В. Е. Курочкин, И. С. Кноп. – СПб.: РАН Ин-т приоб-я, 2005. – 48 с.

References

1. Basil, E. E., Gogunskiy, V. D., Rudenko, S. V. (2003). Conception of technogenic risk control. Trudy Odesskogo politehn.un-ta, 1 (19), 218–221.
2. Safranov, T. A. (2003). Ekologichni osnovi prirodokoristuvannya [Ecological bases of nature]. Lviv: Noviy Svit 2000, 248.
3. Marshal, V. (1989). Osnovnyie opasnosti himicheskikh proizvodstv [The main danger of chemical production]. Moscow: Mir, 672.
4. Kuzmin, I. I. (1990). Safety and technological risks. Zhurnal Vsesoyuzn. himich. obschestva im. D. I. Mendeleeva, 35, 415–421.
5. Baryshnikov, I. I., Musiychuk, Yu. I. (1992). Human health - system-forming factor in the development of ecological problems of modern cities. Mediko-geograficheskie aspekty otsenki urovnya zdorovya naseleniya i sostoyaniya okruzhayushey sredy, 11–36.
6. Yastrebenetskiy, M. A., Vasilchenko, V. N., Vynogradskaya S. V. et. al. (2004). Bezopasnost atomnyih stantsiy: informatsionnyie i upravlyayuschie sistemyi [Safety of nuclear power plants: information and control Systems]. Kiev: Tehnika.
7. Bushtueva, K. A., Sluchanko, I. S. (1979). Metodyi i kriterii otsenki sostoyaniya zdorovya naseleniya v svyazi s zagryazneniem okruzhayushey sredy [Methods and criteria for evaluating the health status of the population due to pollution]. Moscow: Nauka, 176.
8. Gogunskiy, V. D., Tsykalo, A. L. (1995). Environmental risks and method to assess it. Ekologicheskie problemyi Odesskogo regiona i ih reshenie: trudyi mezhdunarod. konf. Gosudarstvennoe upravlenie ekologicheskoy bezopasnosti po Odesskoy obl, 11–15.
9. Bulyanitsa, A. L., Kurochkin V. E., Kноп, I. S. (2005). Metodyi statisticheskoy obrabotki ekologicheskoy informatsii: diskriminantnyiy, korrelyatsionnyiy i regressiionnyiy analiz [The statistical treatment of environmental information: discriminant, correlation and regression analysis]. Saint Petersburg: RAN In-t prib-ya, 48.

Дата надходження рукопису 25.04.2015

Шмандій Володимир Михайлович, професор, доктор технічних наук, кафедра екологічної безпеки і організації природокористування, Кременчуцький національний університет ім. Михайла Остроградського, вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, Україна, 39600
E-mail: ecol@kdu.edu.ua

Пляцук Дмитро Леонідович, асистент, кафедра прикладної екології, Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, Україна, 40007

E-mail: plyacuk@teko.sumy.ua

Гурець Лариса Леонідівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра прикладної екології, Сумський державний університет, вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, Україна, 40007

E-mail: larisagurets@gmail.com

УДК 628.162.1.001.24

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.42628

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ЗАЛІЗОКИСНИХ ДОМІШКОВИХ ВКЛЮЧЕНЬ

© В. Л. Дахненко

Стаття присвячена проблемі оперативного визначення середнього розміру частинок, що вилучаються із рідких середовищ магнітним фільтруванням із використанням намагніченої гранульованої насадки. Визначені необхідні умови для експериментального дослідження і одержані залежності які дозволяють встановити середній розмір частинок, котрий слід приймати при розрахунку параметрів магнітного фільтраційного пристрою для очищення конкретних рідких та газових середовищ

Ключові слова: магнітне поле, ефективність, дисперсність, магнітна насадка

The article is devoted to the problem of operational determine the average size of the particles that are removed from liquid environments by magnetic filtration using granular magnetized nozzle. The necessary conditions for experimental research and the resulting dependence that allow to set the average particle size, which should be used in calculating the parameters of magnetic filtration device for treating specific liquid and gas environments are determined

Keywords: magnetic field, efficiency, dispersion, magnetic nozzle

1. Вступ

Для більшості рідких середовищ наявність зважених включень є неминучим, наприклад, у результаті зношування й корозії елементів устаткування, що приводить до погіршення якості продукції, що випускається, зниженню надійності й довговічності устаткування, порушенню технології виробництва, збільшенню некондиційної продукції й росту собівартості одиниці продукції. Наприклад, наявність домішок в теплоносії електростанцій приводить до утворення відкладень на теплообмінних поверхнях веде до зниження теплопередачі й викликає зростання температури стінок труб на 100–140 °С вище температури чистої труби [1–3]. Це приводить до перевитрати й розриву поверхонь, що гріють.

Характерним видом забруднень є залізовмісткі дисперсні включення теплоносія, враховуючи, що значна їх частина має магнітосприйнятливості [4, 5] (відзначається також, що при інтенсивній термічній обробці теплоносія відбувається перехід немагнітних форм оксидів заліза в магнітні [6, 7]), що дозволяє використовувати для їх вилучення магнітне поле.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми.

Технологія тонкого очищення рідких середовищ від магнітосприйнятливих (ферромагнітних, феррімагнітних, антиферромагнітних) домішок реалізується за допомогою фільтрування середовища крізь намагнічену ферромагнітну насалку, а пристрої одержали назву магнітних фільтрів [8, 9]. Робота цих пристроїв заснована на принципі силового магнітного взаємодії гранул насадки і частинок.

Загальним рівнянням, що використовується для розрахунку магнітофільтраційних пристроїв [9, 10]:

$$\frac{\psi}{\lambda} = 1 - \exp\left(-a_2 \frac{\kappa \delta^2 \gamma B}{\eta v d^2} L\right), \quad (1)$$

$$\frac{\psi}{\lambda} = 1 - \exp\left(-a_2 \frac{\kappa \delta^2 \gamma B}{\eta v d^2} L - \xi_0\right), \quad (2)$$

де ψ – показник очищення (ефективність); λ – частка магнітної фракції домішок; a_n – розмірний коефіцієнт; κ – магнітна сприйнятливості часток; δ – ефективний діаметр часток; B – індукція магнітного поля насадки; L – довжина насадки; η – динамічна в'язкість середовища; v – швидкість фільтрування; d – діаметр гранул насадки; ξ_0 – коефіцієнт, що характеризує фракцію домішок, що легко осаджується.

Залежності (1)–(2) описують вплив основних параметрів на ефективність очищення. Одним із ключових параметрів, які впливають на процес магнітного осадження є крупність залізоокисних частинок δ [9, 11]. Експериментальні дослідження магнітного осадження домішок з використанням модельних суспензій, що містять частинки відносно вузького діапазону розмірів представлені в [12].

Вони підтверджують ступінь впливу δ на ψ , відповідаючи (1)–(2). Однак реальний спектр крупності залізоокисних частинок, присутніх у водах електростанцій, досить широкий і коливається від часток мікрона до сотень мкм., що підтверджують результати електронної мікроскопії домішок [9, 12,