

УДК 681.51

В. Б. Мокін, д. т. н., проф.; М. П. Боцула, к.т.н., доц.; А. Р. Ящолт**НОВИЙ ПІДХІД ДО ФОРМАЛІЗАЦІЇ ТА АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБКИ СХЕМ ВІДБОРУ ПРОБ ВОДИ В ПІДСИСТЕМІ „ВОДА ТА СКИДИ” АСУ "ЕКОІНСПЕКТОР" ДЕРЖЕКОІНСПЕКЦІЇ МІНПРИРОДИ УКРАЇНИ**

Запропоновано новий підхід до формалізації та автоматизації обробки схем відбору проб води під час екоінспекційного контролю нормативів вод природного та антропогенного походження. Визначено вісім типових схем відбору проб води. Створено та описано нове програмне забезпечення для автоматизації процесів введення, накопичення, зберігання та обробки даних, зібраних за усіма можливими схемами відбору проб та їх комбінаціями. Розроблені алгоритми та програмне забезпечення реалізовані в авторській підсистемі "Вода та скиди" АСУ "ЕкоІнспектор", яка використовується в екоінспекційних підрозділах усіх областей та регіонів України.

Ключові слова: автоматизовані системи обробки інформації, екологічний інспекційний контроль, стан природних та зворотних вод.

1. Вихідні передумови та постановка задачі

Проблема антропогенного забруднення поверхневих вод завжди була і буде актуальною. Для контролю цього процесу в Україні функціонує мережа підрозділів Держекоінспекції (ДЕІ) Мінприроди України, які здійснюють контроль скидів стічних вод у природні води та контроль стану забруднення поверхневих вод як результат цього впливу. Регіональними підрозділами аналітичного контролю проводиться аналіз якості поверхневих, морських та підземних вод у місцях скидів, вибірковий інспекційний контроль і проведення досліджень відповідно до звернень фізичних та юридичних осіб. За результатами хіміко-аналітичного контролю ведеться моніторинг поверхневих вод. Також здійснюється контроль підприємств щодо якості стічних вод, які вони скидають у природні водойми. У тих випадках, коли експлуатуються свердловини з підземними водами, ці води також підлягають контролю з боку ДЕІ. Результатом контролю є велика кількість даних, які підлягають обробці та узагальненню. Протягом 2005 – 2006 років ученими Вінницького національного технічного університету була створена Єдина автоматизована система Державної екологічної інспекції та підрозділів аналітичного контролю територіальних органів Мінприроди України (АСУ "ЕкоІнспектор"; інша назва – "автоматизована система контролю" – АСК "ЕкоІнспектор"). АСУ "ЕкоІнспектор" має три основні підсистеми: "Вода та скиди", "Ґрунти та відходи" та "Викиди". Найбільш складною є підсистема "Вода та скиди". У роботах [1, 2] наведені моделі, алгоритми роботи та інтерфейс програмного забезпечення однієї з перших версій підсистеми "Вода та скиди" АСУ "ЕкоІнспектор".

Кожна з підсистем дозволяє автоматизувати весь процес обробки даних акта відбору проб, результатів виконання вимірювань, формування протоколу вимірювань, ведення реєстраційних журналів багатьох видів, створення різноманітних звітів про екоінспекційну діяльність та стан природних і зворотних (стічних) вод. Автоматизація системи проводиться на основі затверджених в екоінспекції форм вхідних та вихідних даних – форм акта відбору проб, протоколу, журналів та звітів. Одна з перших версій підсистеми "Вода та скиди" була побудована на основі форм (моделей) вхідних і вихідних даних, аналогічних таким же моделям (формам) у підсистемах "Ґрунти та відходи" та "Викиди" [1 – 3]. Однак багаторічні практичні випробування виявили окремі недоліки такого підходу.

Принципова відмінність моделей вхідних даних підсистеми "Вода та скиди" від аналогічних моделей інших підсистем АСУ "ЕкоІнспектор" полягає в більш складних схемах відбору проб: контролюються і зворотні, і природні води з різною кількістю точок відбору,

більше того, одне підприємство може мати одночасно чимало різних видів та конструкцій скидів вод, і все це повинно теж відображатись у системі. Необхідно ще до введення даних акта вибрати схему, за якою проводився відбір проб, а це відповідно вплине на спосіб обробки результатів спостережень та на способи формування кінцевої звітності про результати перевірки.

Отже, постає задача розробки нового підходу до автоматизації екоінспекційного контролю стану природних та зворотних вод, який враховував би всі можливі комбінації схем відбору проб як на етапі введення даних, так і на етапі їх подальшої обробки. Також необхідно вдосконалити інтерфейс програмної системи для застосування запропонованого підходу на практиці в підсистемі “Вода та скиди” АСУ “ЕкоІнспектор”.

2. Формалізація схем відбору проб води під час екоінспекційного контролю

Основний принцип екоінспекційного контролю полягає, по-перше, у спостереженні за якістю води і в місці скиду, і в природних водах, що забруднюються, а по-друге, у порівнянні результатів спостережень із встановленими нормами – нормативами якості природних вод та нормативами на гранично допустимий скид (ГДС) для даного підприємства. У разі виявлення перевищень вживаються санкції відповідно до чинного законодавства. Існують певні нормативи стосовно того, яким чином слід виконувати відбір проб води. Як правило, це три точки – у місці скиду, вище за течією на 0,5 км (фоновий створ) та на 0,5 км нижче за течією (контрольний створ) [4]. За певних обставин може контролюватись й інша кількість створів. Наприклад, складна задача постає під час групового контролю, коли в межах 1 км розташовано декілька скидів. Існує тако проблема мінімізації витрат, коли економічно доцільно міряти лише в одному створі, який буде виконувати роль і фонового для одного скиду, і контрольного – для іншого.

Крім того екоінспекційні лабораторії можуть додатково проводити контроль стану вод за координатами та з регулярністю, які встановлюються програмою державного моніторингу довкілля регіону. Також може проводитись відбір проб тільки в місці скиду стічних вод, коли проводиться перевірка лише дотримання нормативів ГДС, а в деяких випадках відбір проб проводиться і в місці водозабору, якщо контролюється скид води, забраної перед тим зі свердловини. А іноді у свердловинах здійснюється контроль стану підземних вод для перевірки наявності впливу, наприклад, місць видалення відходів підприємств.

Залежно від обраної схеми контролю суттєво змінюється звітна частина автоматизованої системи, де окремо підраховується кількість підприємств (джерел забруднення), що контролювались, кількість відібраних проб, кількість виявлених перевищень нормативів у природних водах тощо.

Для формалізації схем відбору проб пропонується такий підхід: по-перше, на основі аналізу екоінспекційних звітів виділяються типові схеми відбору проб і для кожної розробляється свій алгоритм обробки даних, а по-друге, розробляється універсальна форма для налагодження довільної схеми відбору проб. Типові схеми дозволять підвищити швидкодію та ергономічність системи, а універсальна форма збільшить її функціональність, тобто можливість обробити довільні схеми, які також можуть мати місце.

Були розроблені інформаційні моделі всіх (більше п'ятидесяти) видів звітів про результати екоінспекційного контролю стану вод та скидів. Для визначення типових схем відбору проб води був використаний авторський метод проектування інформаційної моделі автоматизованої системи обробки даних, який дозволяє мінімізувати кількість структурних елементів системи та зв'язків між ними, задовольняючи обмеження у вигляді форм вхідних та вихідних даних із заданою та незмінною структурою [5]. Такими формами-обмеженнями відповідно є акти відбору проб та звіти про екоінспекційну діяльність. Іншими словами, метод дозволив визначити, за яких типових схем відбору проб вдасться синтезувати програмну частину системи з обробки даних спостережень, яка матиме мінімальну кількість структурних елементів і зв'язків між ними та дасть змогу будувати задані типи звітів про

екоінспекційну діяльність на основі типових актів відбору проб.

На вибір типових схем відбору проб вплинули переважно такі фактори:

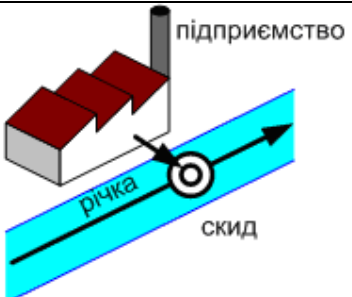
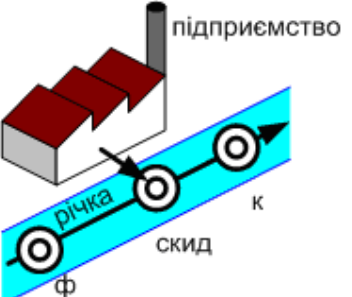
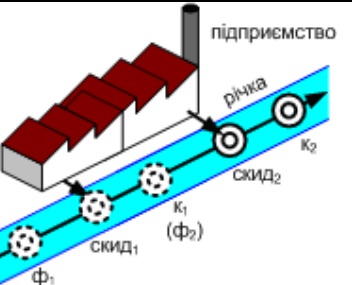
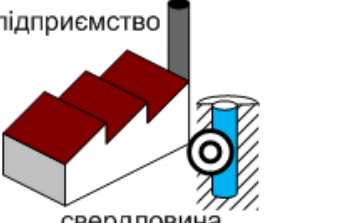
1. Відмінності в обробці даних та веденні звітності для різних типів вод – зворотні (стічні), баластні, підземні чи поверхневі.

2. Необхідність мінімізації спостережень якості води на одному підприємстві чи водному об'єкті в один день, що призводить до використання одних і тих же результатів у різних схемах (як фонові для одного скиду, і як контрольні для іншого або як дані спостережень за програмою державного моніторингу).

У результаті проведеного аналізу інформації було визначено вісім типових схем відбору проб води, в залежності від видів і способів скиду (табл. 1).

Таблиця 1

Типові схеми відбору проб води після скидів різного типу

№ схеми	Тип вод	Що саме контролюється і де	Схема
1	Зворотні (стічні)	Якість води в річці контролюється в місці скиду	
2	Зворотні (стічні)	Якість води в річці контролюється в місці скиду та на 0,5 км вище за течією (ф – фоновий створ) та нижче (к – контрольний створ) від цього місця	
3	Зворотні (стічні)	Якість води в річці контролюється в місці скиду та на 0,5 км вище за течією (фоновий створ ф2) та нижче (контрольний створ к2) від цього місця, але фоновий створ ф2 є і контрольним (к1) для скиду, що розташований вище за течією	
4	Підземні	Якість води у свердловині, звідки робиться забір води (перевіряється під час контролю подальшого скиду цієї води) або куди може надходити забруднення, наприклад, з місць видалення відходів	

Продовження табл. 1

№ схеми	Тип вод	Що саме контролюється і де	Схема
5	Баластні води	Якість поверхневих вод у місці, куди скидаються баластні води із суден	
6	Поверхневі води	Якість поверхневих вод у створі з координатами з програми державного моніторингу довкілля	
7	Поверхневі води	Якість поверхневих вод у створі з координатами з програми державного моніторингу довкілля, але використовуються дані спостережень, зібрані того ж дня за іншими схемами	
8	Поверхневі води	Якість поверхневих вод у створі з довільними координатами (аварійний скид чи ін.)	

Наприклад, у разі, якщо на якомусь підприємстві має місце схема скиду зворотних (стічних) вод згідно рис. 1, тоді вимірювання та обробка даних якості вод проводиться згідно зі схемами типів: 2 – 4.

Варто зазначити, що кожне джерело забруднення може мати одночасно не тільки декілька видів схем, а й декілька варіантів скидів за однією схемою, наприклад, декілька водозаборів із свердловин (тип 4) чи два скиди у дві різні річки (тип 2). Через це важливим для автоматизації є не тільки визначення типу схеми, що має місце, а й кількості скидів та водозаборів, що здійснюються за цими схемами.

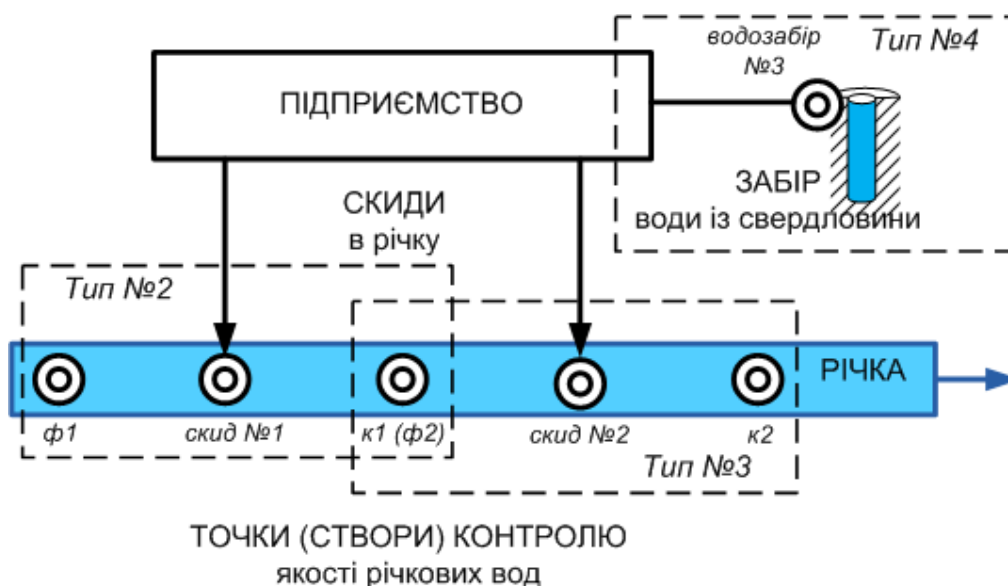


Рис. 1. Приклад скидів та заборів води одного підприємства за різними схемами

Для автоматизації обробки довільної схеми відбору проб (рис. 1) пропонується такий алгоритм:

1. Визначається необхідна кількість точок відбору проб, їх місце розташування.
2. Визначаються об'єкти "Підприємство" та "Водний об'єкт".
3. Для об'єкта "Підприємство" визначаються скиди (водозабори) та їх параметри. Для "Водного об'єкта" – створи і їх параметри.
4. Визначається відповідність кожної точки контролю до скидів і створів об'єктів "Підприємство" та "Водний об'єкт".
5. Визначаються схеми відбору проб води після скидів (біля водозаборів) різного типу, їх кількість та комбінація для даного акта відбору проб.

Під час виконання наведеного алгоритму система автоматично визначає додаткові параметри кожної відібраної проби, які зазвичай не вказуються в акті відбору проб, але суттєво необхідні при формування звітів. Для кожної проби система формує запис у журналі реєстрації проб, який автоматично заповнюється зазначеними параметрами. Отже, від користувача системи вимагається ввести тільки декілька даних, а не всі. До таких параметрів належать:

- ознака групи відібраних проб, серед яких обов'язково має бути фонові проба;
- ознака фонові проби, яка автоматично встановлюється відповідній пробі з групи проб;
- ознака типу створа водного об'єкта. Можливі варіанти "Моніторинговий", "Контрольний", "Аварійний", "Фоновий";
- ознака типу відібраної води. Можливі варіанти: "Зворотня", "Баластна", "Поверхнева", "Підземна";
- ознака категорії нормативу. Можливі варіанти: "ГДК по СанПІН", "ГДК по ОБУВР для поверхневих вод", "ГДК по ОБУВР для морських вод", "ГДС Сд", "ГДС Сн (інший норматив)";
- коментар проби у вигляді "Фонові контроль – вище скиду", "Судно (баластні, стічні)" тощо.

3. Розробка програмного забезпечення для автоматизації обробки схем відбору проб за запропонованим підходом у підсистемі "Вода та скиди"

Для того, щоб зробити зручним для користувача введення та зберігання даних з акта відбору проб з урахуванням нового підходу щодо автоматизації схем відбору проб, розроблено новий програмний інтерфейс, який дозволяє ввести всю інформацію в декілька

етапів. Для цього слід покроково заповнити ряд форм (рис. 2 – 6).

На першому кроці (рис. 2) вибирається набір схем відбору проб, для яких складений той чи інший акт відбору проб. На рис. 2 наведено приклад введення даних для підприємства з рис. 1. Варто зазначити, що в комірках біля типів схем відбору проб зазначається кількість таких схем у даного джерела, яка може бути більшою за одну. Для нештатних ситуацій відбору проб передбачено схему довільного введення даних (на рис. 2 вона має підпис "Інше (платні послуги, вода з біоставу тощо)").

На другому кроці (рис. 3) визначаються об'єкти контролю, вказуються ознаки мети та підстави виконання відбору проб, представники підприємства і виконавці відбору. На третьому кроці формується перелік засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), вноситься додаткова інформація щодо умов відбору та передавання проб на дослідження (рис. 4).

Акт відбору проб - ВВЕДЕННЯ

Введення акта відбору проб вод

1. Заповніть дату, номер та місце:
 Дата: 04.07.2008 №: 4 м. Гайсин

Виберіть необхідні варіанти груп відбору проб і зазначте їх кількість у полі поряд:

	Скид підприємства	0		Судно (баластні води)	0
	Скид підприємства + фоновий та контрольний створи	1		Створ моніторингу	0
	Скид підприємства + фоновий та контрольний створи. Фоновий - як посилання на раніше виконаний відбір	1		Створ моніторингу - як посилання на раніше виконаний відбір	0
	Свердловина	1		Аварійний створ	0
	Інше (платні послуги, вода з біоставу, тощо)	0			

Скасувати << Назад Далі >> Готово

Рис. 2. Крок вибору схеми відбору проб, для яких складений акт (тонькими зеленими стрілочками на схемі показана логічна прив'язка даних до відповідного підприємства чи водного об'єкта)

Акт відбору проб - ВВЕДЕННЯ

Введення акта відбору проб вод

2. Заповніть дані акта:

Мета відбору проб:

Підстава виконання:

Виберіть виконавців відбору проб. Якщо потрібних немає у списках додайте їх у довідник і потім повторіть вибір: [Довідник "Трацієнки"](#)

Відповідальний виконавець:

Другий виконавець:

Третій виконавець:

Виберіть необхідні дані про підприємство (судно, об'єкт) та водний об'єкт. Якщо потрібних немає у списках додайте їх у довідники і потім повторіть вибір:

Підприємство/об'єкт: [Довідник "Терелік підприємств"](#)

Водний об'єкт: [Довідник "Терелік водних об'єктів"](#)

Представник підприємства:

Рис. 3. Крок визначення загальних параметрів відібраних проб

Акт відбору проб - ВВЕДЕННЯ

Введення акта відбору проб вод

3. Виберіть ЗВТ та допоміжне обладнання за формою вибору ЗВТ. Якщо потрібних ЗВТ немає у списках додайте їх у довідник і потім повторіть вибір. [Довідник "Терелік ЗВТ"](#) [Форма вибору ЗВТ](#)

ЗВТ та допоміжне обладнання:

Назва ЗВТ	заводський номер	відомості про повірку
Пробовідбирник ручний		повірш не підлягає
Термометр лабораторний ТТЖ-М		повірочне тавро від II кварталу 2006 р.

Заповніть додаткові відомості.

Опади: Температура: Інше:

Заповніть відомості про контрольні зразки.

Отримані на збереження:

Передані для проведення вимірювань:

Знищені (причина):

Дата доставки:

Зауваження:

Рис. 4. Крок введення додаткової інформації та інформації про передавання проб на дослідження

На четвертому кроці система автоматично формує записи по відібраним пробам, які користувач має доповнити певними даними власноруч. Ця інформація представляється у двох режимах: у скороченому (рис. 5), коли користувач бачить тільки ту інформацію, яку слід вводити власноруч, і в розширеному (рис. 6), коли поряд із даними скороченого режиму можна переглянути і відредагувати інформацію, яку система визначає автоматично за обраними на першому кроці схемами відбору проб.

Використання двох режимів представлення даних дозволяє користувачу ефективніше сприймати інформацію і працювати з нею. Також на формі даних відбору проб є інструменти, що дозволяють автоматизовано заповнювати поля інформацією. У режимі

реального часу виконується перевірка коректності даних, які може змінювати користувач.

Дата, час відбору	Номер проби	Точка і місце відбору (прив'язка до місцевості); глибина відбору, м	Географічні координати точки (місяця) відбору	Вид проби: разова, об'єднана (усереднена)	Загальний об'єм проби, дм³	Показники, що підлягають вимірюванню	Посудина для проби		Показники, що визначались на місці			Відомості про попередню обробку	
							номер, тип	об'єм, дм³	номер, об'єм, тип	температура, °C	водневий показник, од. рН		розчинен. кисень, мг/дм³
03.07.2008 17:02:57	1	р. Сіб, створ №1-1. р. Сіб, вище скиду ОСК, ТОВ ПК "Зоря Поділля"	X Y	Разова	1,5	Амоній-іон, Нітрит-іоні, Сульфати, Біохімічне споживання кисню	2	-	-	1,5			
03.07.2008 17:02:58	2	р. Сіб, ТОВ ПК "Зоря Поділля", скид №1. Стічна вода, виробнича на скиді в р. Сіб	X Y	Об'єднана	1,5	Амоній-іон, Нітрит-іоні, Сульфати, Біохімічне споживання кисню	1	-	-	1,5			
03.07.2008 17:02:59	3	р. Сіб, створ №2-2. р. Сіб, нижче скиду ОСК, ТОВ ПК "Зоря Поділля"	X Y	Разова	1,5	Амоній-іон, Нітрит-іоні, Сульфати, Біохімічне споживання кисню	3	-	-	1,5			

Рис. 5. Скорочений режим форми даних відбору проб

Дата, час відбору	Номер проби	Точка і місце відбору (прив'язка до місцевості); глибина відбору, м	Географічні координати точки (місяця) відбору	Вид проби: разова, об'єднана (усереднена)	Загальний об'єм проби, дм³	Показники, що підлягають вимірюванню	Посудина для проби		Показники, що визначались на місці			Відомості про попередню обробку	
							номер, тип	об'єм, дм³	номер, об'єм, тип	температура, °C	водневий показник, од. рН		розчинен. кисень, мг/дм³
03.07.2008 17:02:57	1	р. Сіб, створ №1-1. р. Сіб, вище скиду ОСК, ТОВ ПК "Зоря Поділля"	X Y	Разова	1,5	Амоній-іон, Нітрит-іоні, Сульфати, Біохімічне споживання кисню	2	-	-	1,5			
№ групи: 1 Підприємство: ТОВ ПК "Зоря Поділля" Водний об'єкт: р. Сіб Реєстр. номер: 7 Категорія нормативу: ГДК по СанПІН Тип створу: Фоновий Ця проба ФОНОВА Код проби: 1 Тип відбраної води: поверхнева Примітка: Фоновая - контроль - вище скиду Придатна для вимірювань													
03.07.2008 17:02:58	2	р. Сіб, ТОВ ПК "Зоря Поділля", скид №1. Стічна вода, виробнича на скиді в р. Сіб	X Y	Об'єднана	1,5	Амоній-іон, Нітрит-іоні, Сульфати, Біохімічне споживання кисню	1	-	-	1,5			
№ групи: 1 Підприємство: ТОВ ПК "Зоря Поділля" Водний об'єкт: р. Сіб Реєстр. номер: 8 Категорія нормативу: ГДС Сд Тип створу: Контрольний Ця проба ФОНОВА Код проби: 2 Тип відбраної води: зворотня Примітка: Скид Придатна для вимірювань													
03.07.2008 17:02:59	3	р. Сіб, створ №2-2. р. Сіб, нижче скиду ОСК, ТОВ ПК "Зоря Поділля"	X Y	Разова	1,5	Амоній-іон, Нітрит-іоні, Сульфати, Біохімічне споживання кисню	3	-	-	1,5			
№ групи: 1 Підприємство: ТОВ ПК "Зоря Поділля" Водний об'єкт: р. Сіб Реєстр. номер: 9 Категорія нормативу: ГДК по СанПІН Тип створу: Контрольний Ця проба ФОНОВА Код проби: 3 Тип відбраної води: поверхнева Примітка: Контроль - нижче скиду Придатна для вимірювань													

Рис. 6. Розширений режим форми даних відбору проб

4. Висновки

Розроблений новий підхід, а також відповідне алгоритмічне та програмне забезпечення для екоінспекційного контролю стану природних та зворотних вод дозволяють у підсистемі "Вода та скиди" АСУ "ЕкоІнспектор" автоматизувати процеси введення, накопичення, зберігання та обробки одночасно усіх можливих схем точок відбору проб та їх комбінацій, необхідних для чіткого контролю антропогенного впливу джерел забруднення на довкілля.

З початку 2008 року проводилось всебічне тестування нової версії підсистеми "Вода та скиди" АСУ "ЕкоІнспектор" та її модулів на практиці в декількох екоінспекціях (м. Київ, м. Донецьк, м. Вінниця). У другій половині 2008 року планується впровадження нової версії програмного забезпечення в усіх відповідних підрозділах Держекоінспекції Міністерства охорони навколишнього природного середовища України.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Мокін В. Б., Зіскінд Ю. Л., Боцула М. П. Розробка комп'ютерних засобів автоматизації процесів вимірювання, накопичення та оброблення параметрів стану забруднення довкілля, викидів, скидів і відходів аналітичними підрозділами Держекоінспекції Мінприроди України // Матеріали XIII-ої Міжнародної конференції з автоматичного управління „Автоматика – 2006”. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – С. 357 – 363.
2. Зіскінд Ю. Л., Мокін В. Б., Боцула М. П., Яшолт А. Р. Підсистема „ВОДА і СКИДИ” автоматизованої

- системи контролю Держекоінспекції Мінприроди України // Вісник Вінницького політехнічного інституту. Спеціальний випуск за матеріалами I-го Всеукраїнського з'їзду екологів. – 2006. – №5. – С. 128 – 132.
3. Мокін В.Б., Боцула М.П., Яцолт А.Р. Комп'ютерна програма „Підсистема „Вода та скиди” автоматизованої системи контролю „ЕкоІнспектор” для накопичення, оброблення та аналізування усіх видів скидів та стану забруднення води в Україні” („Підсистема „Вода та скиди” АСК „ЕкоІнспектор”) // Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 18017. – К.: Державний департамент інтелектуальної власності України. – Дата реєстрації: 20.09.2006.
4. Інструкція про порядок розробки та затвердження гранично допустимих скидів (ГДС) речовин у водні об'єкти із зворотними водами / Міністерство охорони навколишнього природного середовища України. – Харків: УкрНЦОВ, ЮНІТЕП, 1994. – 80 с.
5. Мокін В.Б., Яцолт А.Р. Новий метод розробки інформаційних моделей систем екологічного контролю // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2008. – № 1 (11). – С. 37 – 43.

Мокін Віталій Борисович – завідувач кафедри моделювання та моніторингу складних систем;

Боцула Мирослав Павлович – доцент кафедри моделювання та моніторингу складних систем;

Яцолт Андрій Русланович – аспірант кафедри моделювання та моніторингу складних систем.
Вінницький національний технічний університет