

**В. Б. Мокин, д. т. н., проф.; Е. Н. Крыжановский, асп.; Ю. М. Коновалюк;  
Д. Ю. Кулемин, студ.**

## **НОВЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ УНИФИЦИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНОЙ ПОДСИСТЕМЫ ГИС МОНТИРИНГА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

*Рассмотрено актуальную задачу создания унифицированной информационно-справочной подсистемы региональной геоинформационной системы мониторинга окружающей среды. На базе построенной оптимальной модели взаимодействия составных ГИС предложено новый подход к созданию такой подсистемы. Приведен пример программной реализации данного подхода для геоинформационной системы мониторинга окружающей среды Винницкой области.*

**Ключевые слова:** геоинформационные системы, мониторинг окружающей среды, база данных.

### **1. Исходящие предусловия и постановка задачи**

Для создания компьютерных систем мониторинга окружающей среды и антропогенного влияния на него традиционно используют геоинформационные технологии. В то же время практическая направленность создания геоинформационных систем (ГИС) требует создавать их для каждой составляющей мониторинга (поверхностные воды; обратные воды; выбросы; атмосферный воздух; грунты; места удаления отходов; природно-заповедный фонд и т. д.) индивидуально, что, как правило, связано с созданием отдельных специализированных баз данных и электронных карт ГИС. Опыт показывает, что унифицированные компьютерные системы мониторинга окружающей среды, которые не учитывают специфику отдельных составляющих окружающей среды и загрязняющего влияния на него, практического распространения не получили.

Традиционно информационно-справочные подсистемы геоинформационных систем мониторинга окружающей среды создают таким образом, чтобы в удобной форме можно было работать с объектами векторных карт, подключая информацию из баз данных. Например, в ГИС государственного мониторинга поверхностных вод Винницкой области этот подход реализован таким образом: в случае нажатия мышью на определенный объект карты, выделенный курсором, на монитор выводится удобное окно с данными об этом объекте (рис. 1).

В то же время существует необходимость сборки специализированных ГИС разных составляющих окружающей среды в единую систему для формирования комплексной картины о состоянии окружающей среды, региона и принятия интегральных решений, направленных на улучшение ее состояния согласно концепции постоянного развития.

Следовательно, возникает задача разработки нового подхода к созданию унифицированной информационно-справочной подсистемы геоинформационной системы мониторинга окружающей среды и загрязняющего влияния на нее, представленной комплексом специализированных систем разных составляющих мониторинга.

| Інформація про річку                                                                       |               |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Характеристика річки                                                                       |               |
| Назва основної річки або її притоки                                                        | Рів           |
| Альтернативна назва                                                                        |               |
| Назва річки, куди впадає                                                                   | Південний Буг |
| Права чи ліва притока тієї річки, куди впадає                                              | права         |
| Довжина, км                                                                                | 104           |
| Код ОБГ                                                                                    | 48            |
| Відмітка витоку, м абс.                                                                    | 350           |
| уста, м абс.                                                                               | 226,6         |
| падіння, м                                                                                 | 123,4         |
| Сил, м/км середній                                                                         | 1,18          |
| середньопадінний                                                                           | 0,69          |
| Лісистість, %                                                                              | 17            |
| Заболоченість, %                                                                           | 5,7           |
| Озерність, %                                                                               | 2,4           |
| Розораність, %                                                                             | 51,8          |
| Еродованість, %                                                                            | 56,1          |
| Урбанізованість, %                                                                         | 15,9          |
| Землистість                                                                                | 1,37          |
| Площа водозбору річки в межах області, кв. км                                              | 745           |
| Довжина річки в межах області, км                                                          | 83            |
| Площа земель з постійної водопровідної мережі, тис.га зрошувальних                         | 1,044         |
| осушених                                                                                   | 0,06          |
| Кількість притоків, довжина яких більше 10 км                                              | 10            |
| 10 км і менше                                                                              | 212           |
| Довжина річкової мережі з урахуванням річок довжина яких більше 10 км                      | 272           |
| довжина яких менше 10 км                                                                   | 790           |
| Коефіцієнт густоти річкової мережі з урахуванням річок довжина яких більше 10 км, км/кв.км | 0,23          |
| довжина яких 10 км і менше, км/кв.км                                                       | 0,68          |
| Площа водозбору, кв.км                                                                     | 1160          |
| Середня висота водозбору, м абс.                                                           | 303           |
| Середній сил водозбору, м/км                                                               | 47,7          |
| Відстань від гирла річки до місця впадіння, км                                             | 553           |
| Рік розробки паспорта                                                                      | 1991          |

Рис. 1. Справочная информация о речке Ров Винницкой области

## 2. Построение модели взаимодействия составляющих ГИС

Для создания унифицированной информационно-справочной подсистемы ГИС предлагается новый подход, который состоит в том, что на основе баз данных и карт каждой специализированной ГИС формируется база метаданных (БМД) в формализованном виде. По этой базе и определяется состав и место расположения информации по каждому объекту в унифицированной информационно-справочной подсистеме.

База метаданных (с лат. «метаданные» – «данные о данных») содержит информацию о структуре и другие особенности хранения данных. Для построения модели базы метаданных следует сначала построить модель самой системы, где эти данные хранятся.

Введем обозначения:

$$S = \{G\}, \quad (1)$$

которое обозначает, что компьютерная система мониторинга окружающей среды и антропогенного влияния на него  $S$  состоит из множества специализированных геоинформационных систем разных составляющих мониторинга  $G$ .

Геоинформационная система  $G$  представляет собой объединение базы данных  $B$  и электронной векторной карты  $M$  [1, 2]. В формализованном виде это объединение можно представить в виде:

$$G = [B \Leftrightarrow M], \quad (2)$$

в котором знак « $\Leftrightarrow$ » означает, что данные базы данных  $B$  отвечают объектам карты  $M$ .

Проведем формализацию взаимодействия (1).

Поскольку модель взаимодействия баз данных и карт в ГИС существенно зависит от программного обеспечения, которое при этом используется, сосредоточим внимание на системе управления базами данных MS Access и на геоинформационном пакете «Панорама» (<http://www.gisinfo.ru>). Обоснование целесообразности использования именно этих систем для реализации компьютерных систем мониторинга окружающей среды в Украине на региональном уровне приводится в работе [2].

Каждая база данных  $B$  в MS Access как один компьютерный файл \*.mdb характеризуется названием этого файла  $N_B$  и хранит множество значений таблиц  $T$ :

$$B = [N_B, \{T\}]. \quad (3)$$

Каждая из таблиц  $T$  имеет свое название  $N_T$  и является множеством полей, каждое из которых имеет свое название  $P$ , уникальное только для данной таблицы, причем допускаются одинаковые названия полей в разных таблицах, тип данных  $D$  (числовой, текстовый, дата и т. д.) и комментарий  $R$ , который выводится пользователю как подсказка, касающаяся данных, которые находятся в данном поле.

$$T = [N_T, \{P, D, R\}]. \quad (4)$$

Основой каждой карты  $M$  в ГИС-пакете «Панорама» является классификатор. Классификатор хранит все множество объектов  $K$ , которое может быть отображено на карте (рис. 2).

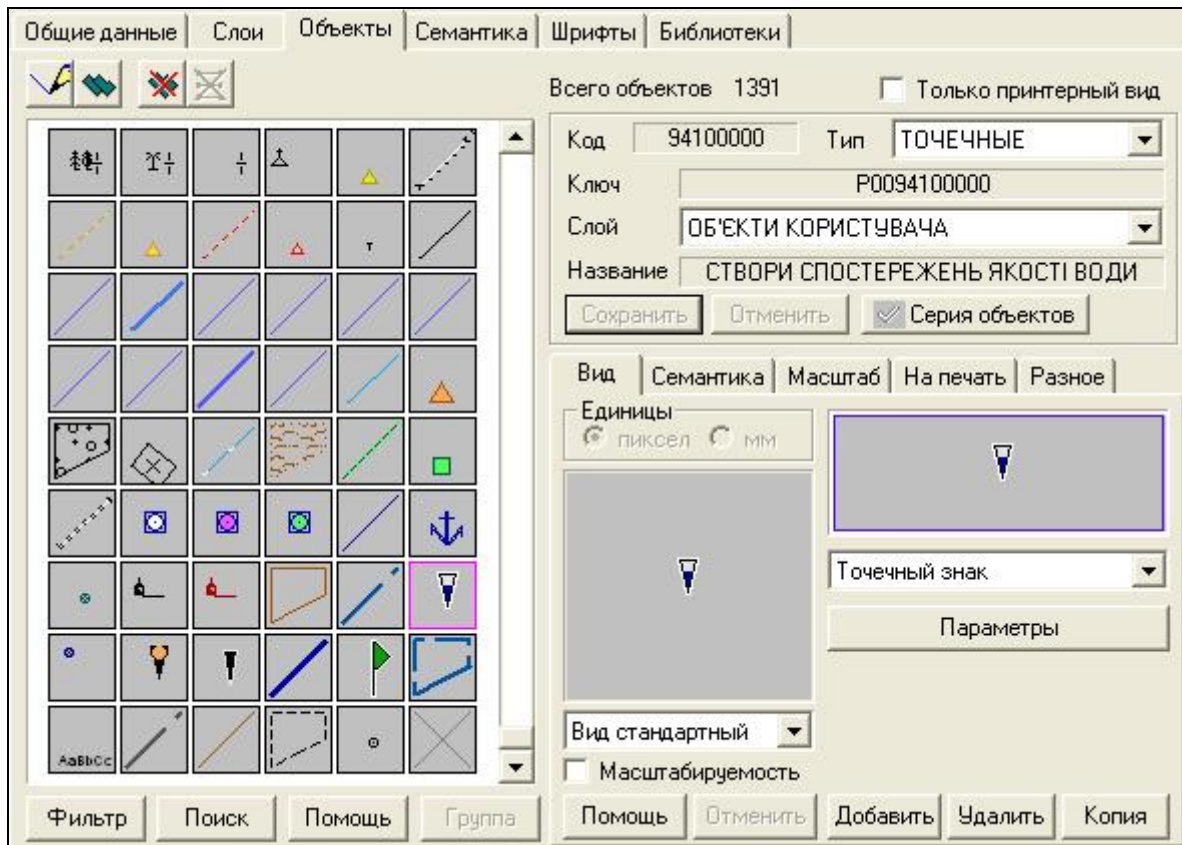


Рис. 2. Классификатор ГИС-пакета «Панорама»

Таким образом, каждая карта  $M$  в ГИС-пакете «Панорама» представляет собой множество объектов  $K$  из классификатора с названием  $N_K$ :

$$M = [N_K, \{K\}]. \quad (5)$$

Учитывая вышеизложенные обозначения, построим модель взаимодействия баз данных и карт геоинформационной системы мониторинга окружающей среды и загрязняющего влияния на неё. Для этого последовательно подставляем модели (2)-(5) в (1):

$$S = \{G\} = \{[B \Leftrightarrow M]\} = \{[[N_B, \{T\}] \Leftrightarrow M]\} = \{[[N_B, \{[N_T, \{P, D, R\}]]] \Leftrightarrow [N_K, \{K\}]]\}. \quad (6)$$

Для увеличения функциональности информационно-справочной подсистемы ГИС следует учесть в модели (4), а соответственно и в модели (6), параметр  $b = \{0, 1\}$ , который принимает только одно из двух значений:  $b = "1"$  – поле  $P$  следует показывать пользователю информационно-справочной подсистемы ГИС (например, выводить на экран),  $b = "0"$  – поле  $P$  не показывать.

Тогда модель (6) перепишется в виде:

$$S = \{[[N_B, \{[N_T, \{P, D, R, b\}]]] \Leftrightarrow [N_K, \{K\}]]\}. \quad (7)$$

### 3. Оптимизация модели взаимодействия составляющих ГИС

Осуществим оптимизацию модели (7) по критерию минимума количества элементов модели, учитывая особенности их использования для поставленной задачи. Прежде всего, исходя из назначения модели (7), параметр D (тип данных поля таблицы базы данных) в ней не является необходимым, так как он не дает полезной информации ни для базы метаданных о расположении данных в системе, ни пользователю информационно-справочной подсистемы о состоянии окружающей среды. Перепишем модель (7) с учетом этого замечания:

$$S = \{[[N_B, \{[N_T, \{P, R, b\}]]] \Leftrightarrow [N_K, \{K\}]]\}. \quad (8)$$

Сформируем множество таблиц параметров A, каждая из которых отвечает определенной таблице T, содержит параметры P, R и b этой таблицы, а ее название NA формируется по правилу:

$$N_A = \text{"Admin\_"} + N_T, \quad (9)$$

тогда имеет место модель:

$$S = \{[[N_B, \{A\}] \Leftrightarrow [N_K, \{K\}]]\}. \quad (10)$$

$$A = [N_A, \{P, R, b\}]. \quad (11)$$

Так как во время компьютерной реализации название файла обозначает сам файл, то есть в модели A и NA имеют одно и то же значение, то имеет место модель:

$$S = \{[[N_B, \{N_A\}] \Leftrightarrow [N_K, \{K\}]]\}. \quad (12)$$

Еще одно упрощение модели можно осуществить, если все карты системы мониторинга S построить на основе единого классификатора. Такая ситуация очень распространена на практике. Исключением являются случаи, когда одна ГИС строится и для регионального, и для локального видов мониторинга с картами разного масштаба, но такой подход является не совсем корректным.

В таком случае не следует в модели (12) учитывать название классификатора NK – он один, а поэтому модель упрощается до такой:

$$S = \{[[N_B, \{N_A\}] \Leftrightarrow \{K\}]]\}. \quad (13)$$

Еще одно упрощение можно сделать, если учесть, что большое количество карт на основе единого классификатора – это фактически одна карта. И в этом случае соотношение (2) – это соответствие записей множества баз данных не большому количеству карт, а только одной карте, значит:

$$S = [[N_B, \{N_A\}] \Leftrightarrow \{K\}], \quad (14)$$

$$A = [N_A, \{P, R, b\}]. \quad (15)$$

Компьютерная реализация моделей (13) и (14) в MS Access отличается тем, что модель (13) означает множество таблиц  $[[N_B, \{N_A\}] \Leftrightarrow \{K\}]$ , а (14) – только одну такую таблицу.

Таким образом, база метаданных содержит главную таблицу (например, под названием "Admin"), построенную по модели (14), которая устанавливает соответствие объектов K классификатора карт ГИС названиям баз данных B и таблиц параметров A их таблиц. Также база метаданных хранит соответствующие таблицы параметров A с данными о полях таблиц баз данных B. Модель базы метаданных, построенная на основе модели системы (14), (15), в составе модели унифицированной информационно-справочной подсистемы ГИС приведена на рисунке 3.

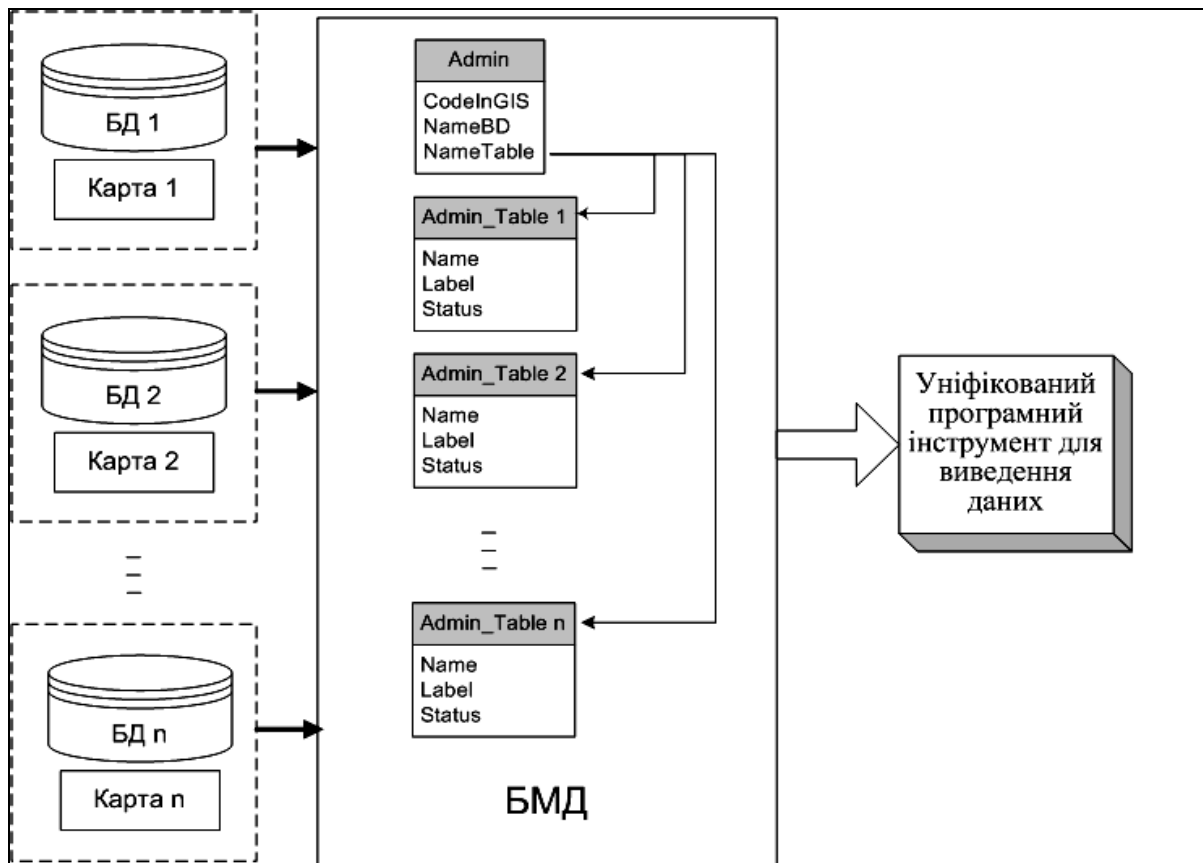


Рис. 3. Модель унифицированной информационно-справочной подсистемы ГИС мониторинга

Следует отметить, что предложенный подход можно использовать для проектирования не только геоинформационных систем мониторинга окружающей среды и антропогенного влияния на него, но и для ГИС другого назначения при аналогичных входящих данных, характерных особенностях и упрощениях.

#### 4. Разработка программного обеспечения для ГИС государственного мониторинга окружающей среды и антропогенного влияния на него в Винницкой области

Разработанные теоретические основы нового подхода были успешно использованы во время разработки унифицированной информационно-справочной подсистемы для ГИС государственного мониторинга окружающей среды и антропогенного влияния на него в Винницкой области [3].

Разработана база метаданных в соответствии с моделью системы S в виде (14) (рис. 4) и множество таблиц параметров A (рис. 5).

| Admin : таблица |          |                       |
|-----------------|----------|-----------------------|
| CodeInGIS       | NameBD   | NameTable             |
| 31131001        | main_db8 | Admin_Reservoir       |
| 31132100        | main_db8 | Admin_Ponds           |
| 31440000        | main_db8 | Admin_Table_2_2       |
| 51123001        | MVV3     | Admin_MVV_main        |
| 51123003        | MVV3     | Admin_MVV_wasters     |
| 51123005        | MVV3     | Admin_MVV_main        |
| 85100000        | main_db8 | Admin_About_Districts |
| 91111000        | PZF      | Admin_Inform          |
| 91111100        | PZF      | Admin_Inform          |
| 91112000        | PZF      | Admin_Inform          |
| 91112100        | PZF      | Admin_Inform          |
| 91113000        | PZF      | Admin_Inform          |

Рис. 4. Главная таблица базы метаданных

| Admin_Inform : таблиця |          |                                            |                                     |
|------------------------|----------|--------------------------------------------|-------------------------------------|
|                        | Name     | Label                                      | Status                              |
|                        | Name     | Назва об'єкта природно-заповідного фонду   | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | Square   | Площа                                      | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | Pidstava | Підстава, на основі якої заснований об'єкт | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | Charact  | Коротка характеристика об'єкта             | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | Users    | Користувач                                 | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | Location | Розташування                               | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | Tape     | Тип                                        | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | Class    | Клас                                       | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | District | Район, в якому розташований об'єкт         | <input checked="" type="checkbox"/> |

Рис. 5. Таблица Admin\_Inform параметров таблицы Inform базы данных PZF.mdb, которая хранит описание полей основной информационной таблицы базы данных природно-заповедного фонда Винницкой области

Поскольку для всех полей таблицы Admin\_Inform параметров таблицы Inform базы данных PZF.mdb параметр b = 1 (см. поле "Status") (см. рис. 5), то информационно-справочная система отображает информацию, которая хранится в этих полях таблицы (рис. 6).

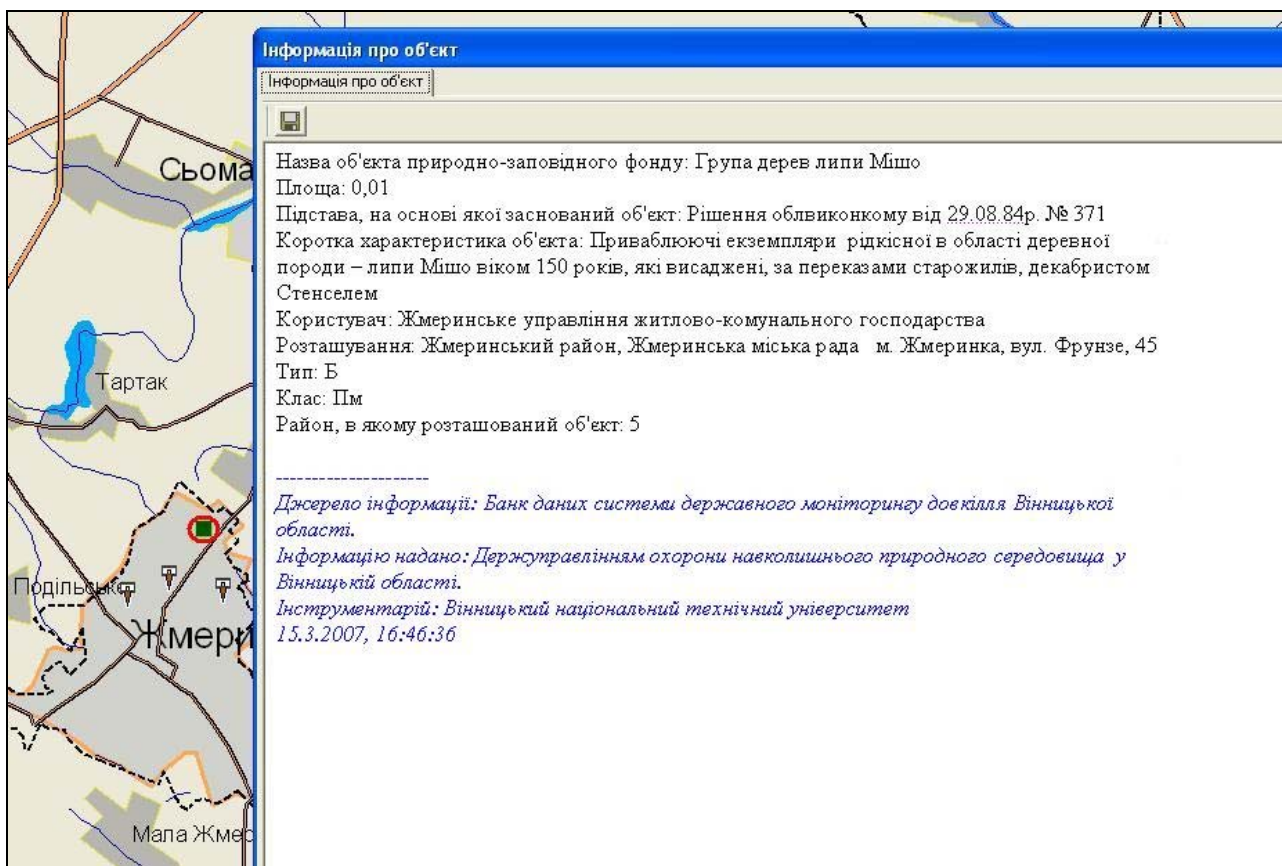


Рис. 6. Результат работы информационно-справочной подсистемы (выбранный объект, который обозначается квадратиком, на карте выделен окружностью)

На рисунке 7 приведен пример настройки параметров информационно-справочной подсистемы, когда нужно отображать не всю информацию об объекте (см. поле "Status" – b равняется как «1», так и «0»).

| Admin_Inform : таблиця |          |                                            |                                     |
|------------------------|----------|--------------------------------------------|-------------------------------------|
|                        | Name     | Label                                      | Status                              |
|                        | Name     | Назва об'єкта природно-заповідного фонду   | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | Square   | Площа                                      | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | Pidstava | Підстава, на основі якої заснований об'єкт | <input type="checkbox"/>            |
|                        | Charact  | Коротка характеристика об'єкта             | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | Users    | Користувач                                 | <input type="checkbox"/>            |
|                        | Location | Розташування                               | <input type="checkbox"/>            |
|                        | Tape     | Тип                                        | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | Class    | Клас                                       | <input checked="" type="checkbox"/> |
|                        | District | Район, в якому розташований об'єкт         | <input checked="" type="checkbox"/> |

Рис. 7. Таблица Admin\_Inform, в которой не все поля отмечены как такие, которые следует отображать информационно-справочной подсистемой

## 5. Выводы и преимущества разработанного подхода

Разработанный подход предоставляет такие основные преимущества перед другими вариантами реализации информационно-справочной подсистемы ГИС мониторинга окружающей среды:

- 1) универсальность, быстрота и удобство добавления произвольных специализированных геоинформационных систем мониторинга окружающей среды и антропогенного влияния на них;
- 2) возможность удобного управления составом данных, которые выводятся информационно-справочной системой.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zeiler M. Modeling our World. – ESRI: Redlands, USA, 1999. – 2002 p.
2. Комп'ютеризовані регіональні системи державного моніторингу поверхневих вод: моделі, алгоритми, програми. Монографія / Під ред. В. Б. Мокіна. – Вінниця: Вид-во ВНТУ "УНІВЕРСУМ-Вінниця", 2005. – 315 с.
3. Розробка геоінформаційного банку екологічної інформації з можливістю наповнення даними різного характеру для державних та освітніх установ Вінницької області: Звіт про НДР / В. Б. Мокін, М. П. Боцула, Є. М. Крижановський, Ю. М. Коновалюк, Д. Ю. Кульомін та ін. / Вінниц. нац. техн. ун-т. – 2808; № ДР 0106U011772; Інв. № 0207U002866. – К., 2006. – 136 с.

**Мокін Виталій Борисович** – заведуючий кафедрою моделювання і моніторингу складних систем;

**Крыжановский Евгений Николаевич** – аспірант кафедри моделювання і моніторингу складних систем;

**Коновалюк Юрий Михайлович** – магістрант комп'ютерних наук;

**Кулемин Дмитрий Юрьевич** – студент.

Вінницький національний технічний університет