

можно определять толщину слоя, окружную неравномерность и все производные параметры.

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** Преимуществом 3-мерной модели является возможность получения профилей засыпи в любом диаметральном сечении. Введение в модель данных о скорости схода шихты позволит прогнозировать формирование профиля.

Сравнение профиля засыпи, полученного в модели по теоретическим формулам, и профиля, построенного по 20 дискретным значениям профилемера, позволит ответить на вопрос – достаточно ли полной является информация от профилемера, и есть ли возможность оптимизировать его конструкцию.

В настоящее время авторы заняты совершенствованием модели для реализации любых режимов загрузки шихтовых материалов. Кроме того, ставится задача оптимизации структуры веерного профилемера с целью минимизации количества измерителей в его составе без потери информативности.

#### Список литературы

1. Теория и практика загрузки доменных печей. Большаков В.И. – М.: Metallurgy, 1990. – 256 с.
2. Рельеф поверхности засыпи шихтовых материалов на колошнике доменной печи / В.П. Радченко, О.Н. Кукушкин, В.И. Головкин, И.Г. Тригуб, Н.В. Михайловский // Теория и практика металлургии. – 2008. – №3 (64). – С.5 – 8.
3. Компьютерная система отображения результатов загрузки шихты в доменную печь № 9 комбината «Криворожсталь». А.К. Тараканов, Резвин И.М., Бобровицкий С.В. // Академический вестник, №15-16, 2005. С.20-23
4. Бочка В.В. Повышение эффективности выплавки чугуна на основе новых технологий загрузки и управления ходом доменной печи: дисс. на получение степени доктора техн. наук: 05.16.02 / Бочка Владимир Васильевич. – Днепропетровск, 2000. – 371 с.
5. Пліскановський С.Т., Полтавець В.В. Устаткування та експлуатація доменних печей. Підручник. – Дніпропетровськ: Пороги, 2004. – 495 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесаревим В.В.  
Надійшла до редакції 18.05.11*

УДК 681.3:622.276

© Л.О. Бойчук

## **УЗАГАЛЬНЕННЯ І СТРУКТУРИЗАЦІЯ ДАНИХ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ПРИ МОДЕЛЮВАННІ ПЕРСПЕКТИВНИХ ГЕОТЕРМАЛЬНИХ РОДОВИЩ В УМОВАХ ПРИКАРПАТТЯ**

Розглянуто рівень використання геотермальної енергії у світі. Для опису геотермального покладу запропоновано використати предикатні схеми на категорійному рівні. Це дає можливість зобразити зв'язки для розробки інформаційної системи, а також відмінності між різними об'єктами даної предметної області.

Рассмотрен уровень использования геотермальной энергии в мире. Для описания геотермальных залежей предложено использовать предикатные схемы на категорийном уровне. Это даёт возможность изображать связи для разработки информационной системы, а также различия между разными объектами данной предметной области.

It is considered the use level of geothermal energy in the world. To describe the geothermal deposits is proposed to use the predicate schemes on the category level. It gives an opportunity to represent communications for working out of information system, and also difference between different objects of the given subject domain.

**Вступ.** Відомо, що за потенціалом поновлювальних енергоресурсів Україна випереджає ряд країн Європи, але рівень його використання значно нижчий за середньосвітовий. Доведення норм використання поновлювальних енергоресурсів до європейського рівня повинно стати важливою складовою в реформуванні паливно-енергетичного комплексу України.

Температура ядра Землі складає біля  $5000^{\circ}\text{C}$ . В середньому температура підвищується на  $3^{\circ}\text{C}$  на глибині кожних 100 м. Основним джерелом геотермальної енергії є постійний потік тепла від розжарених надр, спрямований до поверхні землі. Цього тепла достатньо, щоб розплавити гірські породи під земною корою, перетворюючи їх на магму. Якщо підземні води стикаються з теплом, яке виділяє магма – то нагріваються, – інколи до температури  $371^{\circ}\text{C}$ . У деяких місцях, використання цієї енергії навіть у невеликих об'ємах може значно змінити і покращити енергетичний баланс країни.

Геотермальна енергетика перспективніша за решту поновлюваних теплоджерел, якщо не вважати гідроенергії. З-під землі можна вилучити тепло, еквівалентне десяткам мільйонів тонн умовного палива. Запаси геотермальних вод розсіяні по всій території країни. Всього доступно для експлуатації понад 20 мільйонів кубометрів кип'ятку в добу.

В Україні значні запаси геотермальних вод є на Закарпатті, у Криму, а також у Івано-Франківській, Львівській, Донецькій, Запорізькій, Луганській, Полтавській, Харківській, Херсонській, Чернігівській та інших областях. Ці запаси вже сьогодні рентабельно використовуються не тільки для теплопостачання різних споживачів, а й для виробництва електроенергії. Доцільність розвитку геотермальної енергетики в Україні визначається наявністю значних ресурсів геотермальної енергії на її території, які за своїм тепловим еквівалентом перевищують запаси традиційного енергетичного палива. Існуючі ціни на енергоносії і перспективи їх росту роблять економічно вигідним будівництво геотермальних електростанцій у згаданих регіонах у найближчий час [1]. Значно покращить ситуацію з теплопостачання споживачів дозволить використання потенціалу навіть слаботермальних вод (від  $+30^{\circ}\text{C}$ ), запаси яких у багатьох регіонах країни доволі значні. Застосування цього виду геотермальної енергії широко практикується у країнах Європи і США для опалення будинків, виробничих приміщень, тваринницьких ферм за допомогою теплообмінників і теплонасосних установок. Це дає можливість економити до 50-70% тепла, яке використовується для створення температурного режиму у приміщеннях.

**Аналіз проблеми.** Впродовж багатьох років геотермальну енергію використовують Ісландія, США, Нова Зеландія, Франція, Угорщина і багато інших країн. У м. Рейк'явік (Ісландія) потужність геотермальної опалювальної системи складає 350 МВт і обслуговує понад 100 тис. жителів. В Угорщині площа геотермальних теплиць складає 1,5 млн.  $\text{m}^2$ . На ці та інші потреби кожного року

використовується 30 млн. Гкал геотермальної енергії. Одна із найпотужніших у світі геотермальних електростанцій (1400 МВт) знаходиться у районі Гейзерс (США).

Потенційна частка геотермальних ресурсів у загальному паливно-енергетичному балансі промислово розвинутих країн (Італії, США, Японії) оцінюється в 5–10%. З удосконаленням техніки і технології експлуатації цей відсоток може бути збільшено до 50% і більше відсотків.

Геотермальні води характеризуються багатьма факторами. Зокрема, за температурою вони поділяються на слаботермальні – до 40°C, високотермальні – 60-100°C, перегріті – понад 100°C. Вони відрізняються і за мінералізацією, кислотністю, газовим складом, тиском, глибиною залягання.

Відомо, що під Івано-Франківськом на глибині 1 кілометр температура землі становить близько 90 градусів за Цельсієм. За німецькою технологією можна забезпечити теплом усе місто, при цьому сплачувати декілька гривень за опалення. Суть технології полягає у бурінні свердловин. Далі між ними здійснюють вибух, в результаті чого появляється канал; вода циркулює під землею, нагріваючись до 90 градусів, далі подається в тепломережу. Система автоматизована, тому керувати нею може одна людина. Дану технологію використовують в двох німецьких містечках. Таку технологію можна застосовувати на Івано-Франківщині та в Криму.

Проте, щоб реалізувати таку технологію необхідно, перш за все, узагальнити та структурувати отримані дані про вже відомі родовища геотермальних вод. Це приведе до отримання інформації щодо доцільності експлуатації геотермальних родовищ та перспективи їх використання. Найдоцільніше використовувати бази даних, які б містили усю відому інформацію та факти про геотермальні родовища. Ці дані можна обновлювати, редагувати та методом пошуку знаходити відповіді на запитання, які виникатимуть при дослідженнях.

**Структуризація даних.** Одним з прикладів використання бази даних для даної проблеми є база даних геотермальних вод Італії. Тут міститься інформація про свердловини, в яких добувають геотермальну рідину (гаряча вода, пара), геотермальні дослідницькі свердловини або свердловини води, температура якої вища ніж 30°C, і непродуктивні свердловини, за допомогою яких можна зібрати корисну інформацію щодо температур на глибині в області, що досліджується. Гарячі джерела та інші дані також класифіковані як об'єкти. На сьогоднішній день в світі налічується понад 2750 свердловин і близько 570 гарячих джерел [2].

Така база даних є досить актуальною при структуризації даних про експлуатовані і перспективні геотермальні родовища в умовах Прикарпаття. Наведемо приклад бази даних, який можна використати для родовищ геотермальних вод в умовах Прикарпаття, що характеризуються складною геологічною будовою.

Вміст бази даних:

1) Ідентифікаційна інформація. Необхідно вказати назву набору даних. Наприклад, Geothermal. Тут будуть міститись дані хімічного складу та температури геотермальних вод (від джерела прісної води, на яке здійснюється вплив

геотермальними впаданнями). Такі дані необхідні як базові, що дозволить оцінити вплив геотермальних вод на інші водні потоки.

2) Контактна інформація. Тут вказується організація, позиція на ринку та програми, що використовують, а також адреса організації, електронна пошта та контактні телефони з інформаційним і технічним відділами.

3) Географічна (просторова) інформація. Містить дані про географічне розташування, висоту і глибину, кількість свердловин та їх характеристика, рік завершення.

4) Історія зібраних даних (інформація про період і частоту запису).

5) Якість інформації. Будь-яка отримана інформація повинна бути точною, отриманою згідно стандартів і логічно послідовною.

6) Інформація розподілу. Відбувається формування даних. Вони можуть бути у вигляді повідомлення, малюнку, графіків, звіту. Також можливі додатки.

7) Загальні замітки. Вказуються всі зауваження, що необхідні при подальшій роботі з базою даних.

При розробці інформаційної системи прогнозування доцільно використовувати реляційну базу даних з головними таблицями свердловин геотермальних покладів. У цих таблицях кожний з об'єктів (свердловина) розглядається як один запас та, відповідно, ідентифікується єдиним числовим кодом ID (Identification number – Ідентифікаційний номер), що є ключем. Ідентифікаційні таблиці забезпечують загальну інформацію про об'єкт (його назву, розташування, температура, використання та інші характеристики). Додаткові таблиці можуть компілюватись зі зв'язаною інформацією про температури, тепловий потік, геологічний профіль, хімічний склад і т.д. Вони зв'язуються з головними таблицями через такий самий ключ і, фактично, використовуються як підкаталоги головного каталогу (ідентифікаційна таблиця), що легко можна вибрати, використовуючи головне меню.

Повний список зв'язаних таблиць для свердловин і вибою свердловин повинні містити наступні дані:

1) для свердловин і вибою свердловин ідентифікацію і дані розміщення, виробництво на свердловинах, хімічні, фізичні, ізотонічні характеристики води (або пари);

2) тільки для свердловин температурні дані в глибині, температурний градієнт і дані потоків тепла, графічне зображення свердловин, характеристики резервуарів, технічний профіль свердловин, кореляція до вертикальних глибин для визначення відхилень свердловин.

Користувач може вибрати критерії (наприклад, температура  $> 30^{\circ}\text{C}$  і глибина  $< 1000$  м). Вибір температури за глибиною залягання зображується на графіку і додається до кожної свердловини разом зі загальним графіком свердловин. Подальший вибір – вибір необхідних даних з БД у файлах з форматом тесту (.txt). База даних також охоплює Географічну Інформаційну Систему (ГІС), яка використовує такий же ідентифікаційний код об'єкту (ключ).

**Формалізація процесу прогнозування покладів геотермальних вод.** У процесі вивчення основних параметрів, зв'язків між ними, які характеризують наявність чи відсутність родовища геотермальних вод, пропонується використати формалізацію, яка була запропонована у роботі [3], на основі введення ідеї категорійної специфікації даних. Введемо категорійну інтерпретації предметної області, використовуючи предикатні схеми.

**Означення 1:** Категорійною специфікацією даних (К-специфікацією), згідно [4], вважатимемо трійку  $(C, M, F)$  де:

1.  $C$  – скінченна категорія (геотермальне родовище);
2.  $M$  – скінченна множина об'єктів в  $C$  (дані геофізичних, акустичних досліджень, термометрії, дані з розвідувальних свердловин, експлуатаційних свердловин при видобутку вуглеводнів);
3.  $F: C_0 \rightarrow FinSet$  – функтор, де  $C_0$  є дискретною категорією, множина об'єктів якої є множиною об'єктів  $C$ .

**Означення 2:** Предикатною схемою на множині унарних предикатів  $\Pi$ , згідно [4], вважається об'єкт  $\eta = (B^{(n)}, R^{(n)}, f_1^{(n)}, f_2^{(n)}, n^{(n)})$ , де кожному елементу приписаний відповідний предикат  $(n: B^{(n)} \cup R^{(n)} \rightarrow \Pi)$ ,  $B$  – множина вершин,  $R$  – множина дуг а  $f_1$  і  $f_2$  – функції, які для кожної дуги визначають її початок і кінець.

Категорія  $C$  специфікації найчастіше задається графом та множиною рішень, яка визначається співпаданням предикатних схем. Нехай  $C$  – дискретна категорія з двома об'єктами ( $C = \{\text{КОЛЕКТОР}, \text{РОДОВИЩЕ}\}$ ).

**РОДОВИЩЕ** – це один або декілька продуктивних горизонтів або площ, з близькими характеристиками та спільними геологічними умовами, які розробляються одним фондом свердловин. **КОЛЕКТОР** – це резервуар для води, який має певні фільтраційно-ємнісні характеристики, що потенційно дозволяють утримувати чи проводити продукцію.

$$\eta = \begin{array}{c} \text{КОЛЕКТОР} \\ \downarrow l_1 \\ \text{РОДОВИЩЕ} \end{array}, M = \emptyset$$

Ця специфікація говорить, що предметна область, яку ми хочемо формалізувати, складається з двох видів сутностей. Стрілки в категорії встановлюють існуючі залежності. Наприклад:

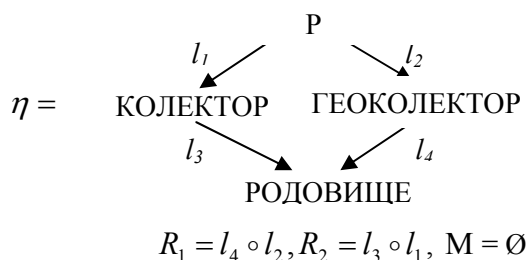
Так як стрілка є функцією в моделі, то це відповідає тому, що кожен **КОЛЕКТОР** належить певному **РОДОВИЩУ**.

Першоджерело з  $n$  стрілками в категорії можна подати як  $n$ -арне мультивідношення:

$$\eta = \begin{array}{ccc} & & P \\ & \swarrow l_1 & \searrow l_2 \\ & \text{КОЛЕКТОР} & \text{ГЕОКОЛЕКТОР} \\ & & , M = \emptyset \end{array}$$

Ця специфікація показує, що ПАРАМЕТРИ  $P = \{\text{польові та промислові геофізичні дані і аналіз керну}\}$  є мультивідношення між КОЛЕКТОРОМ і ГЕОТЕРМАЛЬНИМ КОЛЕКТОРОМ: кожному об'єкту типу ПАРАМЕТРИ відповідає пара  $(x, y)$ , де  $x$  типу КОЛЕКТОР,  $y$  – ГЕОТЕРМАЛЬНИЙ КОЛЕКТОР. Можливий такий варіант, коли різним об'єктам типу ПАРАМЕТРИ відповідає однакова пара. Наприклад, ГЕОТЕРМАЛЬНИЙ КОЛЕКТОР може визначатися за різним набором параметрів.

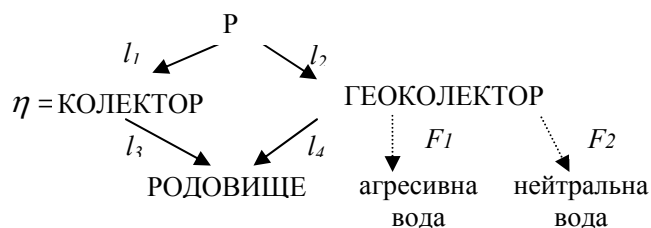
Для дотримання точності введених визначень на  $C$ , введемо обмеження:



Ця специфікація показує, що КОЛЕКТОР і ГЕОКОЛЕКТОР можуть визначатися через ПАРАМЕТРИ, якщо вони належать до одного родовища. Такий вид конструкцій часто використовується на практиці. Якщо  $l_1$  - характеристики аналізу гравіметричної, магнітометричної, сейсмометричної розвідки та електророзвідки;  $l_2$  – характеристики геофізичних досліджень свердловин та геологічних досліджень, то  $l_3$  - характеристики опору пласта, пористості пласта, аналіз географічного розміщення, проникності пласта;  $l_4$  - характеристики пористості пласта визначених з аналізу керну, геофізичної розвідки, аналіз географічного розміщення. На основі даних тверджень інтерпретація композиції  $R_1$  і  $R_2$  набудуть вигляду:

$R_1$  – обмеження для характеристик аналізу геологічної розвідки, опору пласта;  $R_2$  – обмеження для характеристик пористості пласту, аналізу геофізичної розвідки і термометрії.

В попередніх прикладах функтори  $F_1, F_2$  були константними. Нехай тепер:



$$R_1 = l_4 \circ l_2, R_2 = l_3 \circ l_1$$

Функтори  $F_1, F_2$  означені на малюнку пунктирними стрілками. Якщо з вузла графа існують лінії до скінчених множин, то це визначають функтори  $F_1(n), F_2(n)$  для даного вузла. Тобто ГЕОКОЛЕКТОР є множиною двох сутностей {нейтральна вода, агресивна вода}. Якщо від вузла  $n$  немає пунктирних ліній,

то  $F_1(n)$ ,  $F_2(n)$  є порожніми множинами. З вище означеними функторами  $F_1, F_2$  ми можемо зв'язати множину  $P$  з скінченою множиною параметрів, які характеризують КОЛЕКТОРИ.

На даному етапі розвитку геодезичних методів відомо досить багато факторів, не зв'язаних між собою, які прогнозують колектор: сейморозвідка, електророзвідка, гравірозвідка, акустична розвідка, аналіз керну, якісний та кількісний склад наявних геотермальних вод [5].

**Висновки.** Виконано узагальнення і структуризація даних, які будуть використані для інформаційних систем, необхідних для прийняття рішень при розробці перспективних геотермальних родовищ Прикарпаття. Введено підхід до опису геотермального покладу області на категорійному рівні за допомогою предикатних схем, що дає змогу зображати зв'язки і відмінності між різними об'єктами даної предметної області.

#### Список літератури

1. Bojan Stoyanov, Anthony Taylor. Geothermal resources in Russia & Ukraine. November 22, 1996, p. 11 – 15.

2. The Italian geothermal database. Proceedings World Geothermal Congress 2000. Kyushu – Tohoku, Japan, May 28 – June 10, 2000, pp. 3991 – 3992.

3. Шекета В.І. “Побудова інформаційної предикатної схеми, як середовища виконання трансформації запитів користувача по напівструктурованій інформації нафтогазової предметної області” Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу /Технічні науки – 2003. №2(6).-С.50-57.

4. F. Piessens, E. Steegmans "Categorical data-specification" Theory and Application of Categories, vol. 1, No. 8, 1995, pp.156-173.

5. Бойчук Л.О. Управление процессом прогнозирования наличия геотермальных вод на истощенных нефтегазовых месторождениях/ Бойчук Л.О., Яцышин Н.Н. Юрчишин В.Н.// Материалы XI Международной научно-технической конференции : Кибернетика и высокие технологии XXI века (С&Т-2010).- 12–14 мая 2010 года, Воронеж, Россия .- Воронеж.: ВГУ, 2010.- с. 343-351.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Слесарєвим В.В.  
Надійшла до редакції 18.05.11*

УДК 004.942:622.286

© М.М. Демчина, В.Р. Процюк, В.І. Шекета

## МОДЕЛЮВАННЯ НАФТОГАЗОВОЇ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ НА ОСНОВІ ФРЕЙМОВО-ПРОДУКЦІЙНОГО ПІДХОДУ

Для нефтегазового объекта введено описание его характеристик и свойств в форме числовых и логических атрибутов, а также атрибута категории. Описана структура типичных производственных правил для информационных интеллектуальных систем промышленного применения. Представлена формальная фреймовая модель предметной области с введенной доменной иерархией, уровни которой описываются правилами.

Для нефтегазового объекта введено описание его характеристик та властивостей в формі числових, логічних та категорійних атрибутів. Описано структуру типових продукційних