

СИНТЕЗ ГИБРИДНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ ПРИРОДНЫХ ЦЕОЛИТОВ

А.А. Большаков, В.В. Лобанов (СГУ)

Представлена интеллектуальная система поддержки принятия решений (СППР) в области использования природных минералов – цеолитов в промышленности. Сформулирована задача создания СППР, обосновывается ее решение методами искусственного интеллекта. Описываются структура гибридной экспертной системы (ГЭС), используемые модели представления знаний о предметной области, основной алгоритм принятия управляющих решений.

Углубление региональных и глобальных экологических проблем, вызванное постоянным ростом промышленного и сельскохозяйственного производства, определяет возрастающую роль ионообменных процессов в комплексе природоохранных мероприятий. В связи с огромными масштабами таких мероприятий, как водоподготовка, очистка оборотных и сбросных вод, рекультивация земель, кондиционирование низкоурожайных и загрязненных почв предпринимаются активные попытки поиска эффективных способов их реализации.

Одним из перспективных направлений решения этих задач является использование природных цеолитов. Систематическое изучение ионообменных свойств данных природных минералов и открытия их адсорбционных и ионообменных свойств позволили наметить следующие основные области их использования в качестве ионитов: дезактивация малоактивных оборотных и сбросных вод, а также питьевой воды и жидких пищевых продуктов; очистка оборотных и сбросных вод от аммонийного азота, от цветных металлов; разделение редких щелочных металлов в технологических и аналитических целях; цеолитизация низкоурожайных и загрязненных почв; цеолитовые почвенные субстраты, кормовые добавки; цеолитовая составляющая композиционных ионообменных материалов [1, 2].

Однако активное использование природных цеолитов сдерживается по ряду причин, в том числе из-за нехватки квалифицированных специалистов в данной предметной области. Одним из эффективных способов решения данной проблемы является использование методов искусственного интеллекта (ИИ) для создания ГЭС [3] по применению природных цеолитов.

В процессе создания интеллектуальной СППР в области использования природных цеолитов требуется решить следующие задачи: анализ методов ИИ и выбор способов сбора и оценки согласованности экспертных знаний, создания механизма вывода и лингвистического процессора; анализ моделей представления знаний (МПЗ) и выбор наиболее подходящей; создание метода синтеза ГЭС для идентификации цеолитов и областей их применения; разработка ГЭС, включающей базу знаний и правил, механизм вывода, блоки оптимизации и объяснения решений, интеллектуальный интерфейс.

Сбор и оценка согласованности экспертных знаний осуществлялись на основе вербального анализа решений в сочетании с методом экспертных оценок, при этом выводы делаются в ходе заседания экспертов. Последние разделяются на две группы: одна группа вырабатывает идеи, а другая – их анализирует. В качестве экспертов при-

влекались специалисты из научно-исследовательских институтов ГИН, ГЕОХИ, ВИМС, ИГЕМ, связанных с исследованием свойств цеолитов, а также специалисты, работающие на конкретных месторождениях цеолитов.

Выбор МПЗ осуществлялся из множества наиболее часто используемых на практике: продукционной, логической, фреймовой и семантической сети. Каждая из известных МПЗ наряду с преимуществами имеет и недостатки, которые не всегда позволяют построить требуемую модель. Поэтому авторами предлагается использовать комбинированный подход, при котором различные

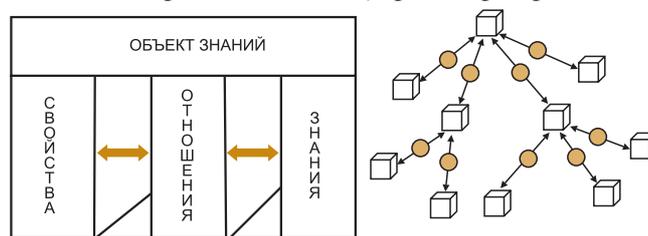


Рис. 1. Структурная схема гибридной модели представления знаний

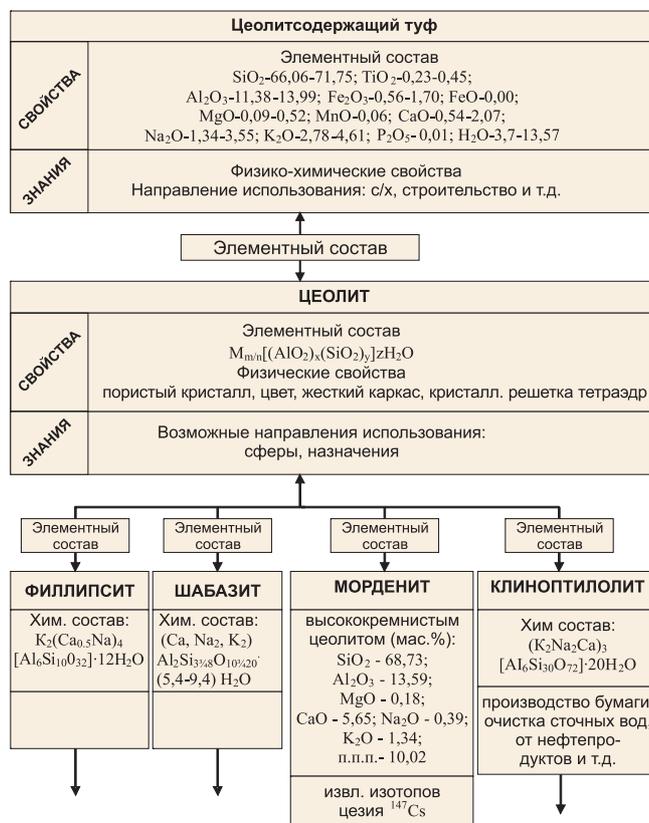


Рис. 2. Структурная схема представления знаний о цеолитах

Советы полезны, прежде всего, советчику, ведь его приглашают в эксперты.

Лешек Кумор

Схема алгоритма определения природного цеолита, применяемого для извлечения цветных и благородных металлов из различных растворов

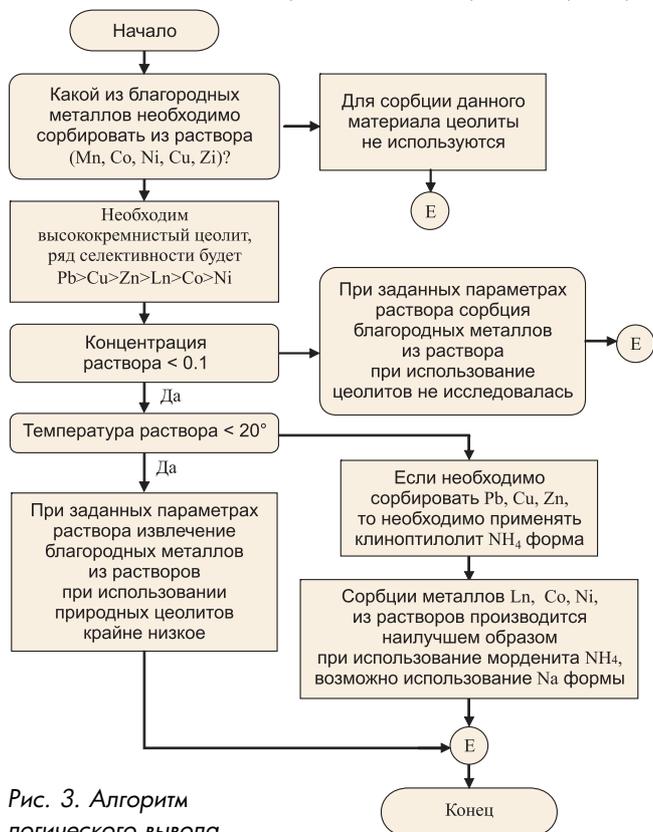


Рис. 3. Алгоритм логического вывода

МПЗ дополняют друг друга, то есть используется некоторая модификация моделей. При этом получается гибридная МПЗ, которая позволяет наиболее точно описать предметную область. Для исследуемой предметной области Q воспользуемся семантической сетью и продукционной моделью в сочетании с элементами объектно-ориентированного подхода (СОП-модель).

Применение объектно-ориентированного подхода к описанию отношений в семантических сетях, а также свойств объекта (качественных, количественных или параметрических характеристик) и использование методов продукций позволило интегрировать две указанных МПЗ. Комбинация сетевого подхода с продукционной МПЗ устранила такой недостаток семантических сетей, как отсутствие механизма управления выводом. Применение в качестве элементов сети объектов, содержащих множество свойств и знаний об объекте, обеспечивает модульность представления о нем в целом, полноту информации, логическую целостность сети знаний, ясность отношений между объектами, простоту механизма логического вывода.

Выражение, описывающее СОП-модель представления знаний Hg , может быть записано в виде: $Hg = \{V, U, G\}$, где $V = \{Vs, Vpr, Vsp\}$ – множество объектов знаний предметной области, $Vs = \{Vsa, Vsc\}$ – множество свойств (количественных, качеств.) объектов V , $Vpr = \{Pr = (i); Q; P; A \Rightarrow B; N\}$ – множество правил

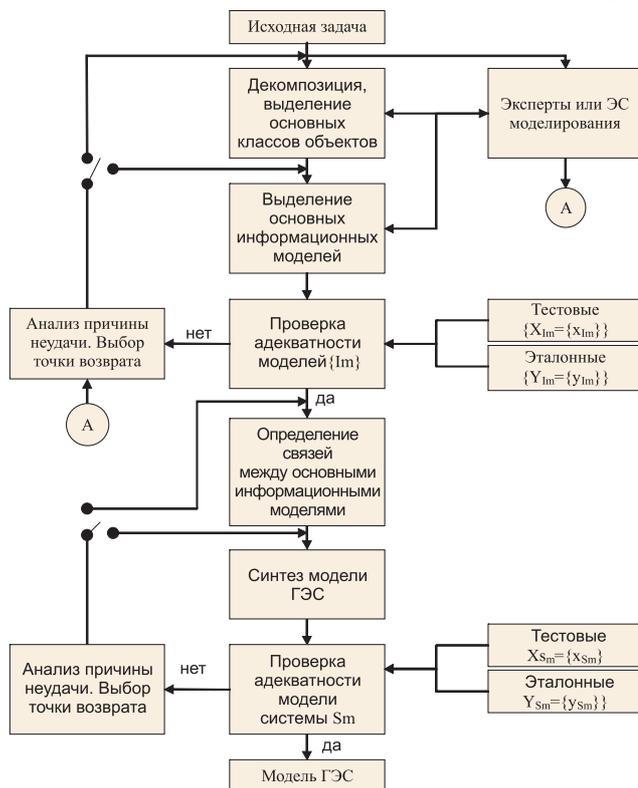


Рис. 4. Алгоритм синтеза структуры ГЭС

продукций, определяющие знания об объектах V , где i – имя продукции, $A \Rightarrow B$ – ядро продукции, элемент P – условие применимости ядра продукции, N описывает постусловия продукции, $Vsp = F(Vs, Vpr)$ – множество отношений между Vs и Vpr , $U = \{Us, Upr, Usp\}$ – множество связей между объектами знаний предметной области, $Us = \{Usa, Usc\}$ – множество свойств (количественных, качественных), Upr – множество знаний о связях U в виде правил продукций, $Usp = F(Us, Upr)$ – множество отношений между Us и Upr , G – отображение связей между информационными единицами.

Структурная схема СОП-модели представления знаний о предметной области изображена на рис. 1. Структурная схема базы знаний о цеолитах, разработанная на основе СОП-модели, и алгоритм логического вывода представлены на рис. 2 и рис. 3.

Формирование структуры ГЭС основывается на анализе особенностей предметной области и связано с построением информационной модели рассматриваемого класса объектов. Исходная задача разбивается на две: определение цеолитов по набору физико-химических свойств (ФХС) и выработка рекомендаций по определению сфер использования цеолита, обладающего заданными ФХС.

Первая задача относится к классификации на основе исходных данных, которые характеризуются большой размерностью, пропусками, качественными и количественными данными. Одним из методов, позволя-

ющим успешно ее решить, является пошаговый дискриминантный анализ. Вторая задача решается методами ИИ, в частности, с помощью ЭС, содержащей знания экспертов по использованию природных цеолитов.

Далее формируются требования к структуре ГЭС, в состав которой должны входить следующие функциональные блоки: база знаний; вывода решений; объяснений и интеллектуального общения с лицом, принимающим решение, и экспертом; предварительной обработки данных. Синтез структуры ГЭС "Цеолит" проводился комбинированным методом, который включает подходы декомпозиции и эвристики (рис. 4). Синтезированная структура СППР по применению природных цеолитов представлена на рис. 5.

Система реализована с помощью объектно-ориентированных языков программирования высокого уровня Delphi5, Visual Prolog 6.0, что позволило создать удобный пользовательский интерфейс и обеспечить многопользовательский доступ для работы в локальной вычислительной сети [4]. Схема реализации СППР "Цеолит" приведена на рис. 6.

На этапе реализации СППР произведено первичное наполнение экспертами базы знаний и данных системы. Эвристический характер знаний обусловил значительную трудоемкость процесса их приобретения.

Задача выбора вида цеолита с требуемыми характеристиками в соответствии с критериями, определяющими особенности конкретного ТП, является в общем случае многокритериальной, характеризуется неполнотой и недостоверностью информации. Например, на адсорбционные свойства исследуемого вещества могут влиять такие факторы, как количественное содержание минерала из группы цеолитов в породе, его парагенетические ассоциации, структура и текстура породы; к тому же распределение этих характеристик в пространстве внутри продуктивного объекта практически невозможно учесть точно, они могут значительно меняться в зависимости от глубины и площади. Для учета всех этих факторов в системе предусмотрено применение коэффициента достоверности и соответствующих нечетких алгебр.

Характеристики, задаваемые пользователями ЭС, описывают свойства цеолитов при их применении в качестве селективных ионообменных материалов, адсорбентов и биостимуляторов. Наиболее полное использование возможностей цеолитов в значительной мере зависит от степени соответствия их адсорбционно-ионных характеристик свойствам ТП. СППР "Цеолит" позволяет автоматизировать процесс формирования рекомендаций пользователю в каждом конкретном случае. Целесообразность выбора ЭС для решения

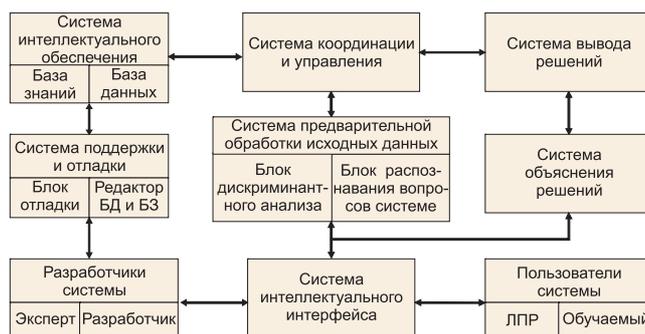


Рис. 5

данной задачи обуславливается тем, что знания в данной области носят, в основном, качественный (в лучшем случае полуколичественный) характер. Кроме того, комплекс характеристик, описывающий свойства цеолитов, включает большое множество различных по своей природе параметров. Поэтому для отображения подобной качественной информации используются так называемые нечеткие или лингвистические переменные.

В процессе работы с ЭС из предлагаемого системой меню

выбирается сфера применения цеолитов, например очистка промышленных продуктов (отходов). Далее в диалоговом режиме уточняются требования к ФХС данного минерала. В основном данные требования формируются в виде интервальных ограничений (диапазон) на допустимые значения параметров или как некоторый перечислимый тип. Затем с помощью встроенного в систему механизма логического вывода организуется поиск решений, удовлетворяющих принятым ограничениям. Получаемая при этом цепочка логических выводов может быть просмотрена с помощью встроенного интерфейса (системы объяснения).

Пользователями СППР "Цеолит" являются сотрудники НИИ соответствующего профиля, разработчики природных месторождений, содержащих породы с цеолитом, а также работники различных отраслей промышленности и сельского хозяйства, в которых возможно использование цеолитов.

Список литературы

1. Челищев Н.Ф., Володин Н.Ф., Крюков В.Л. Ионообменные свойства природных высококремнистых цеолитов. М.: Наука 1988.
2. Челищев Н.Ф., Беренштейн Н.Ф., Володин В.Ф. Цеолиты – новый тип минерального сырья. М.: Наука 1987.
3. Построение экспертных систем. Пер. с англ. / Под ред. Ф. Хейес-Рота, Д. Уотермана. М.: Мир, 1987.
4. Большаков А.А., Григорьева А.В., Лобанов В.В. Экспертная система по применению природных цеолитов // Международ. научная конференция. Т. 4. СПГТУ. С.-Петербург. 2000.

Александр Афанасьевич Большаков – канд. техн. наук, доцент, декан факультета электронной техники и приборостроения;

Владимир Васильевич Лобанов – аспирант Саратовского государственного технического университета.

Контактный телефон (8452) 52-53-02. E-mail: bolshakov@overta.ru