

*ФРИДМАН Ольга Владимировна – кандидат технических наук, старший научный сотрудник
Института информатики и математического моделирования технологических процессов Кольского
научного центра РАН, доцент Кольского филиала Петрозаводского Государственного университета*

ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ОБОГАЩЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

Стремительное вхождение отечественных предприятий в рыночные условия потребовало от них мобильности и оперативности при принятии решений. В этих условиях информационные системы начинают играть ведущую роль на предприятиях и вносить существенный вклад в процесс принятия решений. Несмотря на это, большинство горно-обогатительных и горнометаллургических предприятий используют при добыче, обогащении и переделе руд и концентратов традиционные, зачастую устаревшие, технологии. Модернизация производства происходит чрезвычайно медленно по причинам объективного и субъективного характера. В то же время, вовлекаемое в переработку минеральное сырье обладает сложным вещественным составом и низким содержанием полезных компонентов, что предопределяет необходимость поиска новых путей и подходов для выделения полезных компонентов с проведением анализа используемой технологии и отдельным рассмотрением каждой стадии обогащения.

Многие специалисты в области обогащения полезных ископаемых сходятся во мнении, что эффективным инструментом для решения проблемы может стать компьютерное моделирование процессов разделения минеральных компонентов с целью определения наиболее эффективных режимов реализации этих процессов [1,2]. Замена лабораторного или промышленного эксперимента вычислительным существенно ускоряет и удешевляет поиск наиболее эффективных методов и схем сепарации.

Ввиду существенной неполноты аналитических моделей для решения этих задач необходимо разработать комплексные логико-аналитические модели процессов обогащения минеральных комплексов с пониженной контрастностью свойств. Далее, необходимо создать на их основе средства информационной поддержки изучения особенностей механизмов разделения и выбора наиболее эффективных технологических схем обработки сырья (с целью поиска компромисса между критериями получения концентрата необходимого содержания и снижения экономических затрат).

В этих условиях представляется перспективным использование экспертных алгоритмов управления, позволяющих за счет оперативной модификации используемых моделей достичь высокой эффективности управления как процессами предварительной обработки сырья, так и технологическим процессом обогащения.

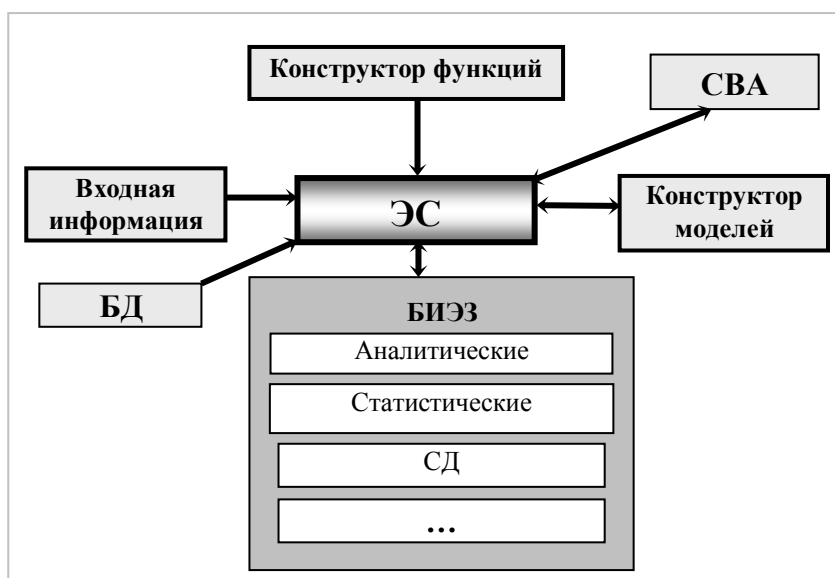
Сложность и многофакторность процессов разделения в условиях реального производства накладывает существенные ограничения на возможность создания адекватных моделей указанных процессов с использованием какого-либо одного метода моделирования. Это предопределяет необходимость использования различных методов моделирования (аналитических, статистических, логических) для создания адекватных компьютерных моделей реальных обогатительных процессов. Разработанная в Институте информатики и математического моделирования технологических процессов КНЦ РАН технология концептуального моделирования [3,4] обеспечивает возможность создания таких моделей на основе единого декларативного описания.

В ходе совместных исследований ИИММ и ГоИ КНЦ РАН разработана общая структура информационной технологии поддержки принятия решений в области разработки и организации процессов обогащения [5]. Важным компонентом этой технологии являются средства моделирования обогатительных процессов.

Обобщение теоретических моделей процессов разделения с учетом возможностей их компьютерной обработки позволило создать агрегированную математическую модель этих процессов [6].

В ходе разработки информационной технологии поддержки решения задач организации и управления процессами обогащения необходимо обеспечить возможность выбора и оперативного формирования компьютерных моделей таких процессов. Причем технология должна допускать комплексное использование моделей различных типов, в зависимости от глубины изученности конкретного процесса и объемов имеющихся о нем данных. Среди задач, на поддержку которых ориентирована создаваемая технология, можно отметить три основные группы: определение путей повышения эффективности разделения минерального сырья; определение и выбор лучших (с точки зрения задаваемых критериев) режимов работы действующих обогатительных схем и аппаратов; разработка новых схем обогащения [7,8].

Решение задачи моделирования процессов разделения предполагает как использование уже готовых моделей (или их фрагментов), так и построение новых моделей, класс которых может быть определен в зависимости от имеющейся исходной информации. Для этого предлагается привлечь средства экспертного анализа. На рис.1 изображена упрощенная схема взаимодействия различных блоков подсистемы создания и/или выбора моделей.



На основе входной информации экспертная система (ЭС) производит поиск среди имеющихся в библиотеке исполнител. Если в базе знаний (БИЭЗ) обнаружены модели, удовлетворяющие заданным критериям) возможность использования одной из них в дальнейшем процессе моделирования. Если подходящей модели в БИЭЗ не обнаружено, ЭС обращается к конструкторам функций и моделей и предоставляет пользователю возможность построить и протестировать новую модель. Результаты моделирования отображаются посредством системы визуального анализа (СВА), которая включает в себя средства ГИС, графики, диаграммы и т.п. Дальнейший выбор, определение параметров и исследование технологии переработки руд производится на основе построенной (или выбранной из имеющихся в БИЭЗ) модели.

Для проведения экспертного анализа, целью которого является выбор технологии переработки руд сложного вещественного состава с наилучшими показателями эффективности и экономичности, предполагается использовать оболочку экспертной системы (ОЭС) [9], уже опробованную в задачах прогноза поведения сложных природно-технических комплексов [10-16]. На рис.2 представлена упрощенная структурная схема базы знаний ЭС, решающей рассматриваемую задачу. Каждый блок структурной схемы, показанный на этом рисунке, включает в себя группу правил [9], которые связывают между собой данные, используемые в ЭС.

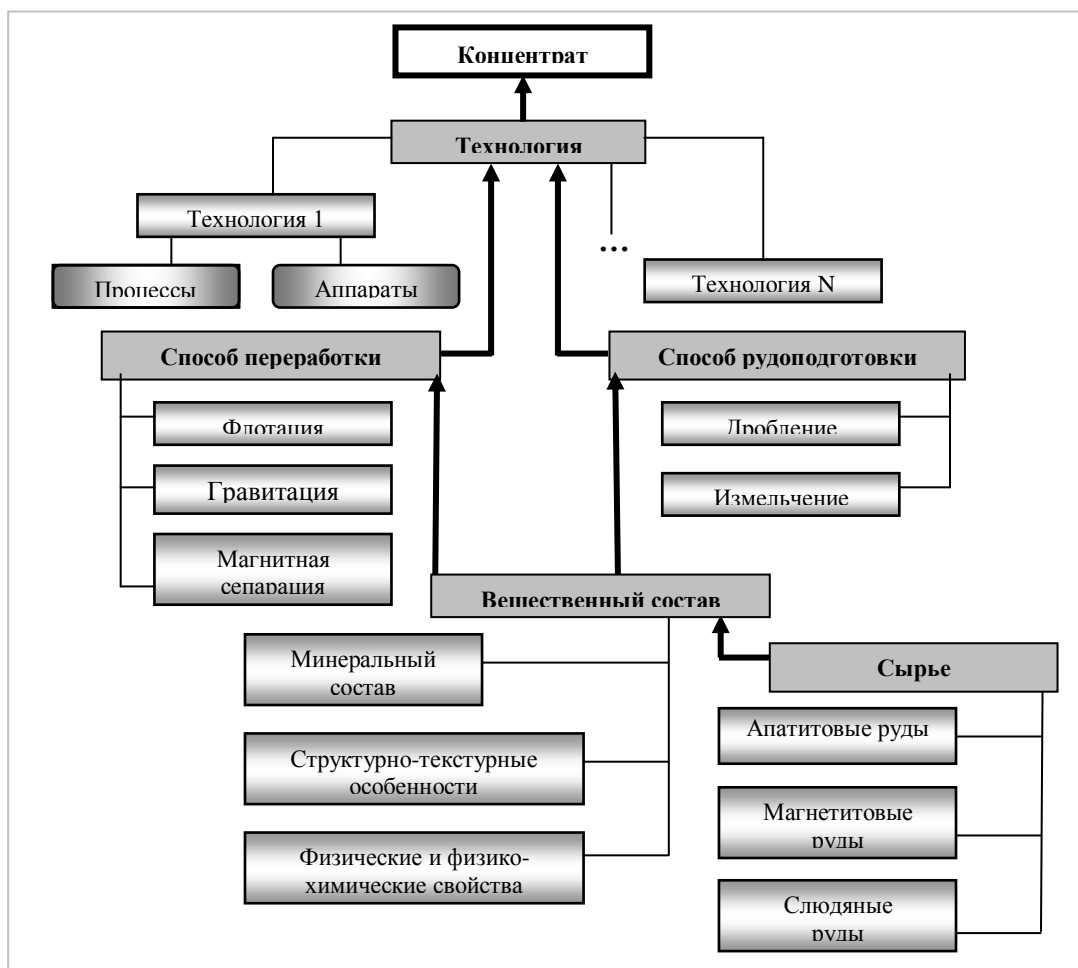


Рис.2. Структурная схема базы знаний ЭС выбора технологий переработки руд сложного вещественного состава

На рис.3 представлен фрагмент схемы классификации минерального сырья, который отражает упрощенную структуру фрагмента одной из рабочих баз данных, используемых в ЭС. Данный рисунок уже был приведен в [18]. Каждый блок представленного фрагмента содержит информацию о данных (параметрах и переменных) [9], описывающих свойства сырья конкретного типа. Набор данных варьируется для различных типов сырья.

На основе построенной модели и совокупности данных, поступивших на вход ЭС, производится логический вывод и формируются рекомендации по выбору подходящей технологической схемы обогащения минерального сырья.

Приведем фрагмент групп правил вывода для различных типов рудного сырья.



Рис.3. Фрагмент схемы классификации минерального сырья

Далее, в приведенных примерах правил жирным шрифтом выделены имена данных, причем, в соответствии с форматом данных, описанным в [9], параметры имеют строковый тип, а переменные – числовой. Числовые данные могут быть заданы в виде списка значений, кроме того, их значения могут быть вычислены в ходе экспертизы.

ЕСЛИ **тип сырья** – сунгулит-вермикулитовый
И **класс крупности** – 40 мм
ТО **вермикулит свободный** – 16,9%
И **вермикулит в сростках** – 4,6%
И **сунгулит свободный** – 4,1%
И ...

ЕСЛИ **тип сырья** – смешанный
И **класс крупности** – 40 мм
ТО **гидрослюды свободной** – 14,4%
И **гидрослюды в сростках** – 0.3%
И ...

Представленная группа правил описывает минеральный состав руд различного типа (см. рис.3).
Приведем упрощенную цепочку правил для осуществления экспертного вывода (см. рис.2.)

ЕСЛИ **месторождение** – Ковдор
ТО **тип сырья** – сунгулит-вермикулитовый
ЕСЛИ **тип сырья** – сунгулит-вермикулитовый
И **класс крупности** – в интервале [-40+0,2] мм
ТО **вермикулит свободный** – 16,9%
И **сунгулит свободный** - 4,1%
И ...

ЕСЛИ **класс крупности** – в интервале [-40+0,2] мм
И **гидрослюды свободный** – 23%
ТО **способ рудоподготовки** – измельчение в стержневой мельнице
И **способ переработки** – разделение по форме,
гравитация (гидравлическая сепарация, винтовая сепарация,
концентрация на столе)

ЕСЛИ **способ рудоподготовки** – измельчение в стержневой мельнице
И **способ переработки** – разделение по форме,
гравитация (гидравлическая сепарация, винтовая сепарация,
концентрация на столе)

ТО **технология** – технология 3

ЕСЛИ **технология** – технология 3
ТО **концентрат** – в интервале [60%,85%]

Приведенный пример цепочки правил для экспертного вывода не является полным, скорее, он отражает основные узловые моменты процесса вывода и служит иллюстрацией принципа создания цепочек правил для ЭС (см. рис.1).

Для расчета условий возникновения минеральных комплексов со сглаженной контрастностью свойств будут применяться внешние по отношению к ЭС расчетные модули и пространственно-временные функции [10]. Обработка числовых данных в правилах ЭС может производиться как при помощи этих модулей, так и с использованием встроенных в ЭС средств. В частности, следствия правил могут содержать математические формулы, в которых используются данные числового типа (переменные) [10]. Более подробно технология выработки экспертного заключения при решении задачи синтеза рациональных технологических схем обогащения минерального сырья описана в [17].

Цель вышеописанной разработки - создание гибких производственных технологий переработки комплексного минерального сырья, позволяющих охарактеризовать состояние технологического процесса в определенный момент времени с помощью выбранного для его описания набора параметров и их текущих значений. Эти данные формируются в зависимости от характера ведения процесса и

обеспечивают повышение эффективности разделения руд при образовании в процессах их обогащения трудноразделяемых минеральных комплексов, характеризующихся низкой контрастностью свойств.

Для определения методов повышения эффективности разделения минеральных комплексов предлагается в случае отсутствия аналитических моделей или их недостаточной адекватности привлекать знания и эмпирический опыт экспертов.

Данная работа является продолжением исследований, краткие результаты которых представлены в [18].

Литература

1. Информационные технологии в горном деле//Сб. трудов, отв. ред. А.А. Козырева. – Апатиты, 1998. – Ч.1 - 190 с., Ч.2 – 174 с.
2. Совершенствование методов моделирования горно-обогатительной технологии на ЭВМ / Сб. науч. тр., отв. ред. Н.Н. Чаплыгин. – Апатиты, 1996. – 126 с.
3. Олейник А.Г., Смагин А.В., Фридман А.Я., Фридман О.В. Инструментальная система поддержки вычислительного эксперимента//Программные продукты и системы. - 1999. - № 2. - С.7-13.
4. Бржезовский А.В., Жаков В.И., Путилов В.А., Фильчаков В.В. Синтез моделей вычислительного эксперимента. – Спб. : Наука, 1992. – 231 с.
5. Гершенкоп А.Ш., Олейник А.Г., Скороходов В.Ф. и др. Автоматизированная система синтеза оптимальных схем и циклов процессов обогащения. Имитационное моделирование в исследованиях проблем регионального развития. - Апатиты, 1999. – С.101-107.
6. Олейник А.Г. Информационные ресурсы обеспечения задач переработки минеральных полезных ископаемых//Информационные ресурсы России. – 2004. - № 2. – С.18-21.
7. Олейник А.Г., Фридман А.Я. Ситуационное моделирование природно-технических комплексов//Информационные технологии и вычислительные системы. – 2002. - № 2. – С. 90-103.
8. Фридман А.Я., Олейник А.Г. Ситуационное управление обогатительными процессами//Труды Междунар. науч. конф. “Intelligent Systems and Information Technologies in Control” (ИСИТУ-2000-IS&ITC, Псков, ППИ, 19-23 июня 2000 г.). – С.276-279.
9. Олейник А.Г., Олейник О.В., Фридман А.Я. Реализация оболочки экспертной системы в среде СУБД Foxpro//Информационные технологии поддержки принятия решений. – Апатиты: КНЦ РАН, 1998. - С.20-30.
10. Олейник А.Г., Фридман А.Я., Фридман О.В. Особенности экспертного анализа нестационарных пространственных объектов//Системы информационной поддержки регионального развития. - Апатиты: КНЦ РАН, 1998. - С. 50-55.
11. Фридман А.Я. Ситуационный подход к моделированию состояния пространственного объекта//Системы информационной поддержки регионального развития. - Апатиты: КНЦ РАН, 1998. - С.45-49.
12. Фридман А.Я., Фридман О.В. Контроль корректности вычислений и управление выводом в системах продукции//Имитационное моделирование в исследованиях проблем регионального развития. - Апатиты: КНЦ РАН, 1999. - С. 93-100.
13. Фридман А.Я., Фридман О.В. Управление выводом при пополнении, классификации и обобщении ситуаций в ситуационной системе вычислительного эксперимента / Информатизация региона: модели, методы, решения. - Апатиты: КНЦ РАН, 2000.- С. 84-89.
14. Фридман А.Я., Фридман О.В., Шестаков А.А. Применение нечеткого интервального вывода при продукционном формате базы данных Пользователя / Математические методы описания и исследования сложных систем. - Апатиты: КНЦ РАН, 2001. - С. 38-44.
15. Гершенкоп А.Ш., Скороходов В.Ф., Хохуля М.С., Олейник А.Г., Фридман А.Я. Математическое моделирование стационарных систем в процессах разделения минеральных комплексов // Обогащение руд. – 2001. - № 6. - С.35-39.
16. Бойков С.А., Олейник А.Г., Пронин С.А., Фридман А.Я., Фридман О.В. Комплексное имитационное моделирование региональных природно-промышленных систем / Север-2003: Проблемы и решения. - Апатиты: КНЦ РАН, 2004. - С.237-247.
17. Фридман А.Я., Фридман О.В., Гершенкоп А.Ш., Хохуля М.С., Скороходов В.Ф. Подходы к выбору технологии переработки руд сложного вещественного состава на основе экспертных знаний // Информационные технологии в региональном развитии. – Апатиты, 2004. – Вып. IV. – С. 57-63.
18. Олейник А., Рыженко А., Фильчакова Т., Фридман А., Фридман О. Информационно-аналитическое обеспечение комплексного управления горнопромышленными предприятиями//Информационные ресурсы России. - 2005. - № 4. - С.19-22.