

Приведённые примеры технических решений, альтернативных существующим, достаточно хорошо отвечают смыслу священных заповедей горняка и вполне соответствуют поставленным задачам отказа от реликтов инерции инженерной мысли в горной промышленности.

Список литературы

1. Garry G. Litvinsky Problem eksploatacji cienkich pokladow w ukraijskich kopalniach wegla kamiennego Zaglebia Donieckiego // Proceeding of the School of Underground Mining 2002 : International Mining Forum . – Krakow : Nauka-Technica, 2002. 343–363 pp.
2. Mabry R., Ulbrich H. Introduction to economic principles. – USA: McGraw-Hill, 1989. – P. 446.
3. Гринин Л. Е., Коротаев А. В. Глобальный кризис в ретроспективе: Краткая история подъёмов и кризисов: от Ликурга до Алана Гринспена. – М.: Либроком, 2010. – 336 с.
4. Меньшиков С. М., Клименко Л. А. Длинные волны в экономике. Когда общество меняет кожу. – М.: Международные отношения, 1989. - 272 с.
5. Капица Сергей. Парадоксы роста: Законы развития человечества. - М.: Альпина Нон-фикшн, 2010. - 192 с.
6. Шумпетер Й. Теория экономического развития. – М.: Прогресс, 1982. – 455 с.
7. Литвинский Г.Г. Концепция инновационного развития техники и технологии подземной добычи угля. – Горный Журнал, 2012, № 8. – С. 94-98.
8. Решетников Ю.Е. Закон Моисеев как правовой документ древности. // Альманах "Богомыслие", №4. – Одесса: Семинария ЕХБ, 1994. – 288 с.

СОВРЕМЕННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГОРНОМ ДЕЛЕ

М.В. Назаренко, С.А. Хоменко, НПП «КРИВБАССАКАДЕМИНВЕСТ», Украина

Рассмотрены вопросы использования информационных технологий при создании и эксплуатации автоматизированных систем управления горными работами для предприятий горного профиля на примере геоинформационной системы K-MINE.

В настоящее время горнодобывающая отрасль в странах СНГ испытывает острую необходимость в эффективных компьютерных системах и технологиях, обеспечивающих результативные поиски и разведку рудных объектов, быструю и надежную оценку запасов, учет их движения в процессе добычи, а также при управлении горным производством.

Работа современного горнодобывающего предприятия сегодня практически не представляется без использования программных комплексов. Это касается всех сфер его деятельности: экономики, финансов, кадров и производства. Специфика работы горных предприятий накладывает определенный отпечаток на используемое программное обеспечение. На многих предприятиях уже применяются программные продукты для основных задач горного производства, в первую очередь – наиболее трудных для практической реализации – горно-геометрических. Среди них в большинстве своем – программные продукты иностранных фирм-разработчиков: Datamine, Micromine, Gems, Vulcan и пр. [1]. Эти системы являются интегрированными горными пакетами и позволяют автоматизировать большинство горно-геометрических расчетов. С их помощью можно оптимизировать технологические процессы разработки месторождения, добычи и транспортирования пород, повысить производительность труда работников. Но при внедрении подобных систем в производство возникают множество проблем, а именно: неру-

сифицированность пользовательского интерфейса, сложности с многопользовательским режимом работы в едином информационном пространстве (работа с промышленными базами данных (БД)), удаленность разработчика, что сказывается на качестве обслуживания системы и пр. Кроме того, подобные программы ориентированы на стандарты горного производства, несколько отличные от отечественных, что требует значительных доработок, вплоть до полной переработки функций. Таким образом, предприятиям проще ориентироваться на отечественные разработки, тем более, что в последнее время на рынке появляется достаточное количество программных продуктов отечественных производителей.

Одной из таких разработок является геоинформационная система K-MINE (разработчик предприятие КРИВБАССАКАДЕМИНВЕСТ, г. Кривой Рог, Украина). К основным достоинствам, которые обеспечивают ее широкое распространение на рынке горных предприятий, относятся: мощное графическое ядро, обеспечивающее работу с трехмерными пространственными данными; простота в освоении и эксплуатации; дружественный пользовательский интерфейс; соответствие расчетных методик требованиям органов государственного технического надзора в горной промышленности; квалифицированная техническая поддержка на всех стадиях ввода системы в эксплуатацию и при ее непосредственной эксплуатации.

На основе программных модулей K-MINE построена автоматизированная система управления горными работами для предприятий с открытым (рис. 1) и подземным (рис. 2) способами добычи полезных ископаемых.

Автоматизированная система представляет собой замкнутую структуру [3]. Основным объектом управления в системе является месторождение и непосредственно объект, его разрабатывающий (карьер, шахтное поле). Сбор информации о состоянии объекта управления выполняется с помощью инструментальной съемки (маркшейдерская съемка, эксплуатационная разведка и опробование). Далее она обрабатывается с помощью ГИС и размещается в центральный банк данных системы (ЦБД). На основании полученной информации производится пополнение цифровых моделей (месторождение, поверхности, выработки). Актуальные цифровые модели являются первоосновой при решении задач планирования и проектирования горных работ для различных временных интервалов. Плановые задания распределяются для каждой единицы выемочно-погрузочной и буровой техники, которые, в свою очередь, оказывая влияние на состояние объекта управления, изменяют его состояние.

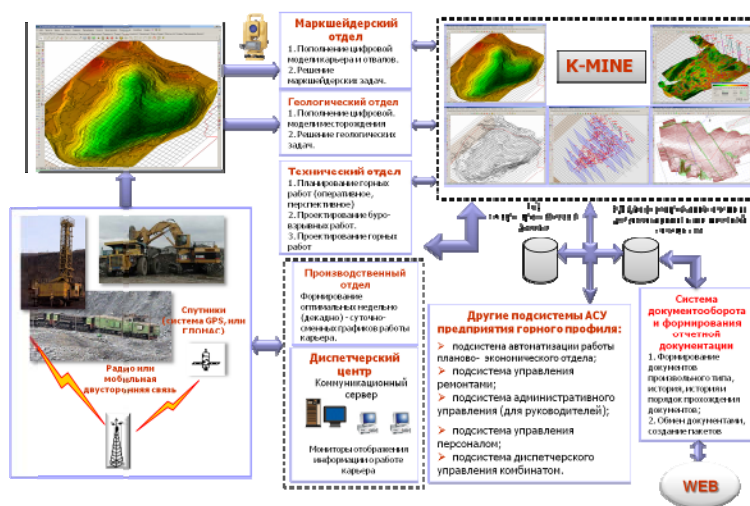


Рис. 1. Структура автоматизированной системы управления горными работами для предприятий с открытым способом добычи

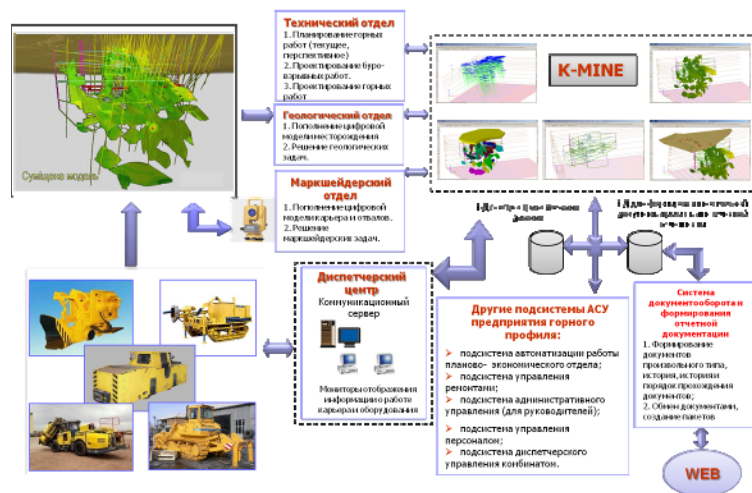


Рис. 2. Структура автоматизированной системы управления горными работами для предприятий с подземным способом добычи

Центральным звеном АСУ ГР является ЦБД. Его применение позволяет объединять в едином информационном пространстве разнородную информацию: картографические данные, пространственные модели, нормативно-справочную и техническую информацию, различные шаблоны для формирования отчетности и др. Для аналитических исследований в системе реализована OLAP технология организации данных. К основным преимуществам использования центрального банка данных относятся: совместное использование информации всеми участниками системы, авторизованный доступ к данным, упрощение процедуры администрирования, ускорение обработки данных и т.д.

Для совместной работы с разнородными данными в системе используется набор технологических модулей, позволяющий решать целый комплекс задач горного производства. К основным задачам АСУ ГР, которые решаются с помощью ГИС K-MINE, относятся:

- трехмерное моделирование карьеров, шахтных полей, поверхностей прилегающих территорий; полный цикл разработки и создания цифровых моделей месторождений для различных видов полезных ископаемых;
- актуализация состояния цифровых моделей: оперативное маркшейдерское и геологическое обеспечение горных работ;
- оптимизационные задачи при определении конечных и промежуточных контуров карьеров и шахтных полей;
- перспективное, текущее и оперативное планирование горных работ;
- проектные работы (проектирование объектов горных работ, проектирование буровзрывных работ);
- подготовка производства (оперативное краткосрочное планирование и диспетчерское управление горнотранспортным комплексом);
- мониторинг работы предприятия.

При формировании цифровых моделей используется ряд методов [5]:

- обработка растровых изображений, полученных с твердых (бумажных или пленочных) носителей графической информации;
- обработка данных съемок (фотограмметрия, наземная съемка, аэрофото– или космическая съемка, лазерное сканирование и пр.);
- импорт данных из других систем;
- обработка данных геологических изысканий и разведки, построение на их основе трехмерных геологических моделей месторождений.

В результате обработки данных создаются трехмерные электронные модели поверхностей, разрезов, планов. Все эти данные совмещаются в едином координатном пространстве, структурируются по тематическим слоям, что значительно упрощает их использование в технологических задачах горного производства.

Достаточно часто при внедрении нового программного обеспечения на предприятиях уже накоплены данные в форматах систем сторонних разработчиков. Поэтому АСУ ГР содержит набор средств для обмена данными с большинством систем, представленных на современном рынке информационных технологий в горном деле – Micromine, Datamine, Gems, Autodesk, MapInfo, ArcGis и другие. Также в наличии имеются средства для подключения баз данных, текстовых и табличных файлов. В числе особенностей при переводе данных в формат K-MINE отмечаются полный или частичный импорт, преобразования систем координат, автозамена графических примитивов объектами K-MINE, поддержка цветов, стилей, шаблонов и многое другое.

Моделирование месторождений полезных ископаемых выполняется по данным геологоразведок, которые проводились на предприятии в разное время, а также во время его эксплуатации. Основой построения геологических моделей месторождений являются данные опробования разведочных скважин, геофизических исследований, а также результаты работы геологических служб действующих предприятий [7]. ГИС K-MINE содержит инструментарий для создания трехмерных геологических моделей месторождений различных видов полезных ископаемых [2]. Среди этих задач: создание базы данных геологических разведок, интерпретация и оконтуривание минеральных разновидностей, рудных тел и зон минерализации, каркасное моделирование, статистический и геостатистический анализы, интерполяция содержания, оценки запасов.

Геологическая модель месторождения интегрируется с моделями поверхностей, шахтных выработок и пустот. Результатом этого является цифровая модель предприятия (рудника, шахты), которая может быть в дальнейшем использована для работы АСУ ГР на базе ГИС (рис. 3).

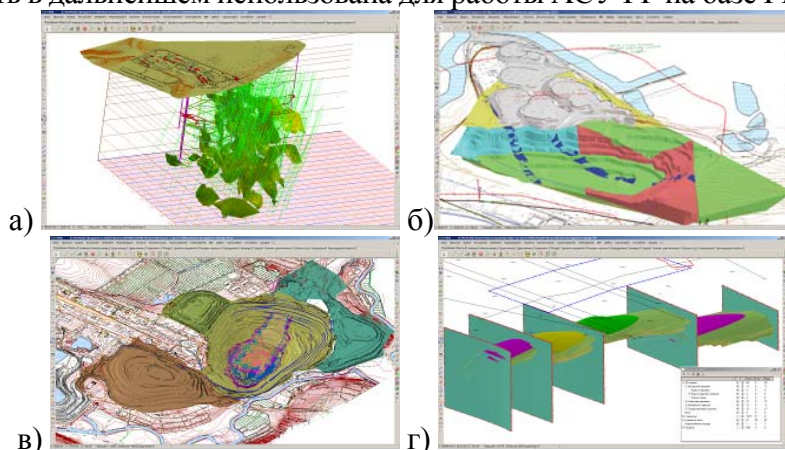


Рис. 3. Совмещенная модель месторождения, карьера, отвалов, шахтного поля, промплощадки, земельного отвода для горнодобывающего предприятия: а) с подземным способом добычи, б-в) с открытым способом; г) добыча углеводородного сырья.

Основой эффективной работы горнодобывающих предприятий является система планирования и управления горными работами. В состав АСУ ГР входят модули, позволяющие решать полный цикл задач календарного планирования работой карьера или шахты (от определения конечных контуров отработки до разработки оперативного плана на смену). В основе эффективной работы модуля планирования лежат: регулярная актуализация горно-геологической ситуации на предприятии, разработка программ горных работ (многовариантное планирование) на основании оптимизационных методов, оптимизация процессов бурения, взрывания и транспортирования пород.

Получение актуальной информации о состоянии горного массива и маркшейдерской ситуации является одной из основных задач АСУ ГР. Для того, чтобы эффективно использовать пространственные данные в различных задачах горного производства, их необходимо постоянно пополнять и корректировать. С этой целью используется модуль оперативного геолого-маркшейдерского обеспечения горных работ. В составе модуля большое число разнообразных функций и задач, которые позволяют практически полностью автоматизировать работу участкового геолога и маркшейдера на предприятиях.

Модуль маркшейдерского обеспечения позволяет выполнять камеральную обработку данных маркшейдерских измерений с помощью любых видов измерительных инструментов (оп-

тико-механические, электронные, GPS системы) (рис. 4). В составе модуля – средства для обработки данных приборов большинства мировых производителей измерительного геодезического оборудования. Данные измерений заносятся в единую базу данных маркшейдерских съемок. Применение беспроводных каналов передачи информации, использование RTK-режима представления данных позволяют обеспечить камеральную обработку данных съемок и построение объектов съемки практически в режиме on-line.

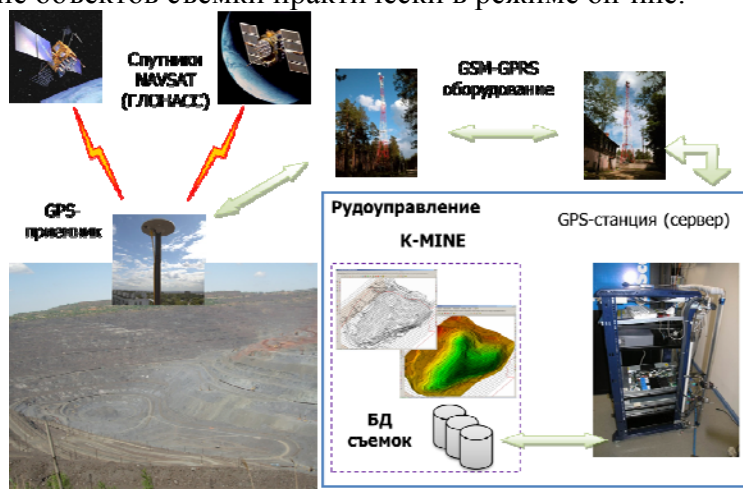


Рис. 4. Использование технологии маркшейдерской съемки с применением GPS и средствами беспроводной передачи сигнала

В составе модуля маркшейдерского обеспечения также осуществляет: решение прямых и обратных маркшейдерских задач, расчет объемов разными методами, решение геометрических позиционных задач, специальные задачи по обслуживанию бурового комплекса и складского хозяйства, подготовку ситуационных моделей для календарного планирования, формирование отчетной регламентированной документации и множество других.

Модуль оперативного геологического обеспечения позволяет автоматизировать процессы обработки данных геологического опробования (керновое, шламовое, забойное, бороздвое); занесение результатов опробования в общую базу данных; расчет количественных и качественных показателей в произвольном контуре и блоке (рис. 5); расчет положения геологических контактов, выделение зон минерализации и кондиционных пород.

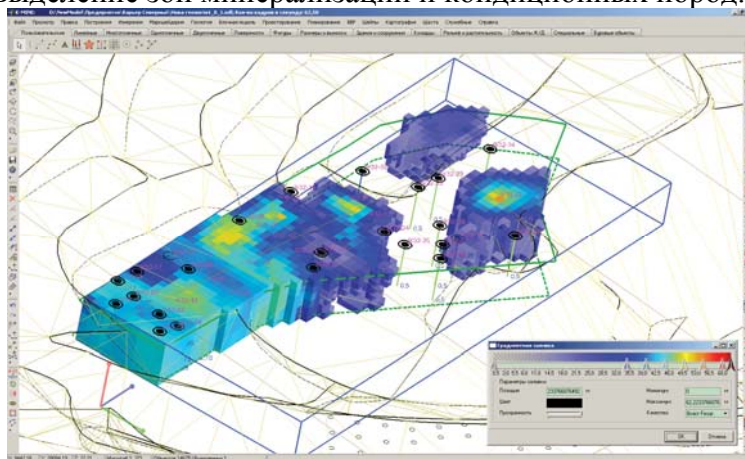


Рис. 5. Расчет количественных и качественных показателей в выемочном блоке с применением модуля оперативного геологического обеспечения АСУ ГР

Кроме этого, в состав модуля входят такие задачи: расчет потерь и разубоживания; подсчет объемов и качества пород; подготовка данных к выполнению задач календарного планирования, подготовка и оформление отчетной геологической документации.

Актуальные горно-геологические модели используются в задачах календарного планирования, проектирования и управления горным производством. Модуль планирования горных

работ тематически разделяется на следующие разделы:

- определение оптимальных контуров отработки (конечных и промежуточных) с применением оптимизационных методов;
- перспективное планирование;
- текущее планирование (год, квартал, месяц);
- оперативное планирование (в рамках текущего месяца).

Определение оптимальных конечных и промежуточных контуров отработки карьеров выполняется с применением геолого-экономических моделей. Для этого используются оптимизационные алгоритмы и методы – Лерча-Гроссмана, обратного конуса, Коробова [6].

Модуль горнотехнического планирования включает средства многовариантного планирования с учетом систем разработки, а также состояния парка горнотранспортного оборудования. При формировании новых контуров (камер, выработок) по блочной модели автоматически рассчитываются объемные и качественные показатели вмещающих пород с разделением по геологическим разновидностям и сортам. В составе модуля также используется блок задач определения оптимальных грузопотоков (руды и пород вскрыши) на перегрузки и отвалы. Расчет маршрутов выполняется с применением методов линейного программирования и многокритериальной оптимизации [8]. По удельным технологическим показателям выполняется предварительная экономическая оценка вариантов плана и выбирается наиболее целесообразный по экономическим показателям вариант.

При ведении горных работ обязательным требованием является учет норм технологического проектирования, параметров безопасности и точности. В составе АСУ ГР используется модуль проектирования. С его помощью выполняется проектирование элементов горных работ при открытом и подземном способах отработки: забоев, выработок и камер, автомобильных и железнодорожных съездов, элементов трасс, площадок и других объектов (рис. 6).

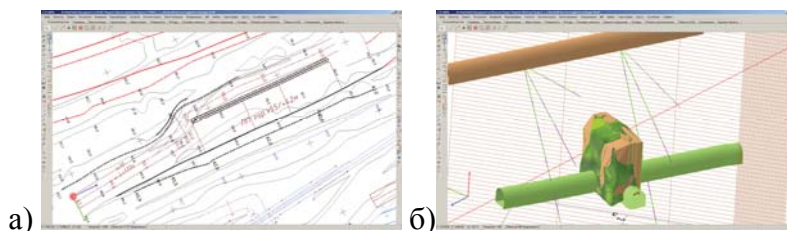


Рис. 6. Проектные решения: а) проектирования перегрузочной площадки; б) проектирование отработки залежи подэтажными штреками.

Для предприятий, использующих отбойку пород с применением энергии взрывов, в составе АСУ ГР используется модуль проектирования буровзрывных работ (БВР). Он включает использование комплекса задач, позволяющих полностью замкнуть технологический цикл проектирования БВР: разработку проектов на бурение и взрывание, расчет зарядов и коммутации, массовые взрывы (рис. 7 а). Для контроля качества взрывания используется модуль определения гранулометрического состава горной массы по фотоснимкам (рис. 7 б). С его помощью выполняется корректировка параметров паспортов на бурение и взрывание, ведется карта буримости пород по месторождению.

Одним из базовых критериев работы большинства горных предприятий является стабилизация качественных показателей добываемого полезного ископаемого на заданном временном интервале. На этот процесс влияет множество возмущающих факторов: горно-геологические, технические, технологические, экономические и пр. Сами процессы добычи и вывоза пород являются стохастическими [8]. Для этого в составе АСУ применяется модуль оперативного диспетчерского управления горнотранспортным оборудованием (рис. 1-2). В его составе используются оптимизационные методы (линейное динамическое программирование и многокритериальная оптимизация), позволяющие эффективно применять горнотранспортное оборудование с учетом его технического состояния, а также оперативно реагировать на изменение ситуации в карьере (неплановые простои оборудования, неподтверждение качества руды и др.).

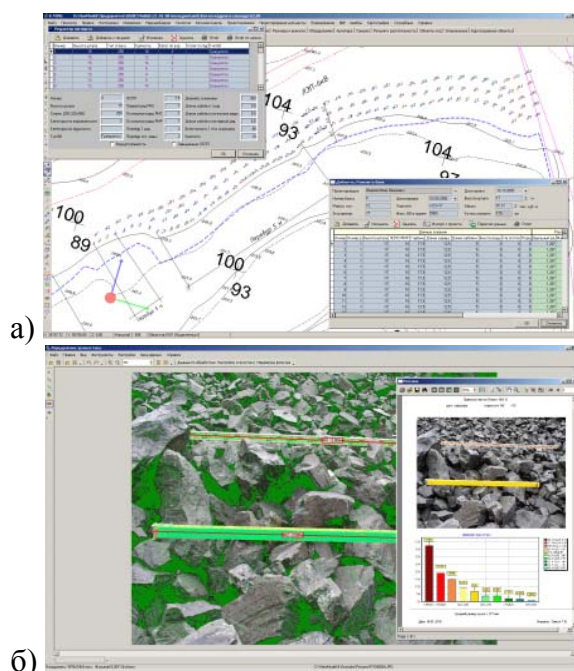


Рис. 7. Использование модуля БВП с составе АСУ ГР: а) проект блока на бурение; б) определение гранулометрического состава горной массы в забое по фотоснимку.

Использование АСУ ГР позволяет повысить производительность труда специалистов основных отделов горного предприятия, ускорить в несколько раз процессы обработки информации, повысить безопасность ведения горных работ, что в конечном итоге приводит к значительному экономическому эффекту за счет повышения эффективности принятия проектных и управленческих решений. Кроме этого, использование оптимизационных методов, а также постоянный контроль показателей выполнения производственной программы позволяют получить прямой экономический эффект (10-15%) и способствуют быстрой окупаемости системы. АСУ ГР на базе ГИС К-MINE прошла многолетнюю апробацию на многих горных предприятиях Украины и стран СНГ, адаптирована к условиям современного горного производства для предприятий, выполняющих отработку рудных и нерудных полезных ископаемых.

Список литературы:

1. Капутин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика / Ю.Е. Капутин. – СПб.: Недра, 2002. – 424 с.
2. Назаренко В.М. Автоматизированная система моделирования, оценки запасов месторождений и управления горными работами на базе геоинформационной системы К-MINE / В.М. Назаренко, М.В. Назаренко, С.А. Хоменко // Журнал "ТИТАН". – №3. – 2009.
3. Назаренко М.В. Автоматизированная система управления горными работами современного предприятия на базе геоинформационной системы К-MINE / М.В. Назаренко, С.А. Хоменко // Маркшейдерский вестник. – №5. – 2009. – С. 30-37.
4. Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд: пер. с англ. / М. Давид. – Л.: Недра, 1980. – 360 с.
5. Кормен Т. Алгоритмы. Построение и анализ / Т. Кормен, Ч. Лейзерсон, Р. Ривест. – М.: МЦНМО, 2001. – 960 с.
6. Archireco P.K. Application of Modified Conditional Simulation and Artificial Neural Network to Open Pit Optimization / P.K. Archireco. – Halifax. – Nova Scotia, 1998. – 179 p.
7. Joornei A.G. Geostatistical simulation; methods for exploration and mine planning / A.G. Joornei // Engineering and Mining Journal. – 1979. – December.
8. Цой С. Дискретные модели горного производства / С. Цой, А.И. Шерман. – Алма-Ата: Наука, 1981. – 248 с.