

КРИВОРОЖСКИЙ ГОРНО-РУДНЫЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

**Е Ф Р Е М О В**  
Михаил Васильевич

**ОБОСНОВАНИЕ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ  
СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ И РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ  
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ  
РЕСУРСОВ СЕРОСОДЕРЖАЩЕГО И ФОСФАТНОГО  
СЫРЬЯ УКРАИНЫ**

Специальность 05.15.03 «Открытая разработка  
месторождений полезных  
ископаемых»  
05.15.11 «Физические процессы  
горного производства»

**Д и с с е р т а ц и я**  
на соискание ученой степени  
доктора технических наук  
в виде научного доклада

г. Кривой Рог  
1992 г.

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00814418 (Q)

Работа выполнена в Научно-исследовательском и проектном институте серной промышленности (НИПСЕР).

#### НАУЧНЫЙ КОНСУЛЬТАНТ

Доктор технических наук, профессор БЫЗОВ Б.Ф.

#### ОФИЦИАЛЬНЫЕ ОППОНЕНТЫ

Доктор технических наук, профессор Холодныков Г.А.

Доктор технических наук, профессор Дриженко А.Д.

Доктор технических наук, профессор Щелканов В.А.

#### ВЕДУЩЕЕ ПРЕДПРИЯТИЕ

Институт геотехнической механики АН Украины,  
г. Днепропетровск.

Защита состоится " 22" декабря 1992 г. в 13.00 часов  
на заседании специализированного совета Д 068.11.01. Криворож-  
ского горно-рудного института, по адресу: 324033, г.Кривой Рог,  
ул. ХХП партсъезда, 11.

Автореферат разослан " 22" ноября 1992 г.

Ученый секретарь  
специализированного совета,  
канд. техн. наук, доцент

ФАУСТОВ Г.Т.

АНБ 26.212

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Промышленность Украины потребляет значительные объемы горнохимического сырья. Это в первую очередь сера, фосфаты, калий, цеолиты, бариты, известняки, давсаниты, алуниты, ильмениты, глаукониты и др. При этом практически по всем перечисленным полезным ископаемым существующая сырьевая база позволяет полностью обеспечить потребность промышленности Украины в сырье без ввоза извне. Исключения составляют два продукта - фосфаты и сера. Потребность в фосфатах до настоящего времени полностью обеспечивалась за счет поставок апатитового концентрата из России. Дефицит по сере покрывался путем централизованных закупок этого продукта за рубежом.

Свыше 90 % общего производства серы в мире идет на производство серной кислоты, которая в свою очередь (до 60 %) используется в процессе получения фосфорсодержащих удобрений.

По данным международной комиссии по минеральным удобрениям (ИКА, Париж) на ближайшую перспективу прогнозируется увеличение потребности в фосфорсодержащих удобрениях с 39,3 млн.т (в пересчете на 100 % содержание  $P_2O_5$ ) в 1992 г. до 41,7 млн.т в 1995г. В соответствии с ростом объемов производства фосфорсодержащих удобрений, прогнозируется и рост мирового производства серы с 50,47 млн.т в 1993 году до 55,0 млн.т в 1996 году.

Тенденция роста производства серы прогнозируется и в странах СНГ. Так, если в 1993 году планируется произвести 7,68 млн.т серы, то в 1996 году производство серы планируется на уровне 9,36 млн.т.

При этом рост объемов производства серы в странах СНГ будет осуществляться в основном за счет увеличения объемов получения газовой серы и серы из нефтей. Объемы производства природной серы из руд будут сокращаться, что связано с истощением сырьевой базы.

Перспективы производства и потребления серы на Украине характеризуется данными, приведенными в табл. I.

Как видно из таблицы на Украине до 1995 года прогнозируется устойчивый дефицит по сере.

АНБ Им. В. Степаненко  
АН УРСР

Таблица I

Прогнозные объемы производства и потребления  
серы на Украине, млн.т

Показатели	Г о д ы			
	1992	1993	1994	1995
Производство серы	1,40	1,53	1,48	1,46
Потребление серы	1,87	1,88	1,88	1,90
Результат + избыток, - дефицит	-0,47	-0,35	-0,4	-0,438

Потребность Украины в апатитовом сырье на перспективу до 2000 года составляет 1,5 млн.т в пересчете на 100 %  $P_2O_5$ . До 1991 г. это сырье в требуемых объемах поступало в виде концентрата с содержанием  $P_2O_5$  - до 35 % из месторождений Кольского полуострова и использовалось для получения фосфорной кислоты в производстве минеральных удобрений.

Потребности в фосфорной муке, для внесения в почву, с содержанием  $P_2O_5$  до 20 % по данным Сельхозхимии Украины составляет около 2,5 млн.т. Фосмука на Украине не производится и потребности в этом виде удобрений не закрыта.

В настоящее время из-за сокращения объемов добычи поставки апатитового концентрата на Украину снизились и составят на перспективу до 2000 года всего 600-650 тыс.т в год.

Вместе с тем Украина располагает значительными потенциальными ресурсами серосодержащего и фосфатного сырья. В виде соединений сера находится в углях, в дымовых газах ТЭЦ, в отходящих газах коксохимического производства и нефтепереработки. Значительные запасы природной серы сосредоточены в рудах Предкарпатского сероносного бассейна. Запасы фосфоритов, пригодных для получения фосмуки с содержанием  $P_2O_5$  до 20 %, сосредоточены на Ратновском и Осьновском месторождениях, на разведываемых в настоящее время Маневич-Клеванской и Днестровской площадях. Сырьевой базой производства апатитов является Новополтавское редкометальное апатитовое месторождение и группа ильменито-apatитовых месторождений Житомирской области (Стремигородское, Седоровское, Выдбыргское и др.)

В этой связи обоснование приоритетных направлений развития серной и фосфатной отраслей промышленности, разработка и внедрение методов повышения эффективности использования сырьевых ресурсов, обеспечивающих рост объемов производства и снижения себестоимости производимой продукции до уровня мировых цен, является актуальной научно-технической проблемой, имеющей важное народно-хозяйственное значение.

Целью настоящей работы является обоснование перспектив развития горно-добывающего комплекса серной и фосфатной отраслей промышленности Украины и разработка методов повышения эффективности эксплуатации месторождений горно-химического сырья, обеспечивающих увеличение объемов производства, снижение себестоимости и ликвидацию дефицита в данной продукции.

Идея работы заключается в том, что обоснование перспектив развития горно-добывающего комплекса и оптимизация параметров эксплуатации месторождений горно-химического сырья осуществляется с использованием взаимосвязи между ресурсной обеспеченностью отраслей сырьем, стоимостными показателями его добычи и переработки и конъюнктурой мирового рынка на данную продукцию.

Методы исследований. Решение проблемы осуществлялось комплексным методом, включающим системный анализ и научное обобщение, метод вариантов и математического моделирования на ЭВМ, методы математической статистики и технико-экономического моделирования, промышленную апробацию полученных результатов исследований.

#### Научные положения, представляемые к защите:

1. Геометризация элементов горизонтальных месторождений на ЭВМ, расчеты объемов полезного ископаемого и пород вскрыши по технологическим разностям, определение контуров карьера и расчеты календарных графиков его отработки по различным вариантам может производиться на основе табличных данных результатов детальной геологической разведки без промежуточных построений планов изомощностей. При этом расхождение результатов расчета на ЭВМ от результатов, полученных традиционными методами не превышает  $\pm 5\%$  (4, 6, 8, 18, 38, 39).

2. Для условий горных предприятий по добыче остродефицитного серного и фосфатного сырья ввод новых рудников в эксплуатацию должен осуществляться на мощность 20-25 % от проектной, а сроки освоения проектной мощности, в зависимости от объемов горно-капиталь-

ных работ и текущих объемов вскрыши, составляют от 1,5 до 5 лет (3, 7, 10, 17) .

3. Горнотехническим условиям карьеров по добыче горно-химического сырья соответствуют параметры и технические характеристики серийновыпускаемого горно-транспортного оборудования. Теоретические предпосылки выбора типа оборудования и расчета параметров разработки основного надрудного уступа по безтранспортной системе при высокой обводненности серных месторождений, кроме общеизвестных, должны базироваться также на условиях обеспечения фильтрации дренажных вод породами, сложенными в основании внутренних отвалов (1, 2, 5, 9, 11, 12, 13, 16, 27, 30) .

4. Применение в процессе выплавки серы методом ПЭС "утяжеленного" теплоносителя с плотностью на 2-3 % выше плотности пластовой воды создает оптимальные условия теплопередачи в системе "теплоноситель - рудное тело", позволяет в 2,5 раза снизить удельный расход тепла на выплавку 1 тонны серы и повысить коэффициент извлечения из недр на 20 % (50, 60, 62, 68) .

5. Разработка методом ПЭС серных месторождений с низкими фильтрационными свойствами может быть осуществлена только при обеспечении условий искусственной начальной фильтрации теплоносителя в нижней части пласта по всей площади залежи с последующей выплавкой серы из вышележащих слоев. При этом, в первоначальный период эксплуатации для обеспечения стока серы и в дальнейшей миграции свежих порций теплоносителя к кровле выплавленной зоны, в последней должен поддерживаться турбулентный режим, т.е. расход теплоносителя должен быть прямопропорционален объему выплавленной зоны (20, 22, 24, 25, 29, 37, 52, 56, 58, 66, 70, 73) .

6. Приоритетным направлением развития серной промышленности Украины является интенсификация добычи самородной серы путем вовлечения в эксплуатацию новых месторождений; производство серы из других альтернативных источников носит вспомогательный характер и направлено на уменьшение выбросов сернистых соединений в атмосферу (15, 42, 46) . Разработка месторождений фосфатного сырья Украины с содержанием  $P_2O_5$  до 7 % в условиях рыночных отношений практически необходима и экономически целесообразна (43, 44, 45) .

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендации, подтверждается:

1. Использование апробированных методов математического и технико-экономического моделирования взаимосвязей основных технологических и экономических параметров.

2. Удовлетворительным соответствием теоретических зависимостей практических данных с оценкой точности по критериям математической статистики и внедрением предложенных методик в практику работы проектного института.

3. Экспериментальной проверкой результатов исследований в промышленных условиях, а также их внедрением как в отдельные проекты, так и в технологические процессы действующих рудников по добыче горно-химического сырья.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Предложены критерии установления границ открытой разработки месторождений горно-химического сырья, учитывающие ресурсную обеспеченность отрасли данным видом полезного ископаемого и конъюктуру мирового рынка.

2. Разработана методика установления экономически целесообразной производительности карьера по полезному ископаемому на момент его ввода в эксплуатацию и определения сроков освоения проектной мощности. Установлены зависимости продолжительности сроков освоения от объемов горно-капитальных работ и годовых объемов вскрышных работ.

3. Для условий высокой обводненности серных месторождений установлены зависимости параметров бестранспортной системы разработки основного надрудного уступа от мощности скальных пород, селективно укладываемых в основание внутренних отвалов для обеспечения их устойчивости. На основе полученных зависимостей предложена методика выбора типа экскаваторов-драглайнов и расчета параметров их работы.

4. Исследован процесс теплопередачи в системе "теплоноситель - рудное тело", получена зависимость эффективности процесса плавления серы для условий высокопроницаемых обводненных залежей от плотности теплоносителя. Установлено, что оптимальные условия выплавки серы достигаются при плотности теплоносителя на 2-3 % выше плотности пластовых вод.

5. Доказано, что промышленная эксплуатация слабопроницаемых серных залежей методом ПВС возможна при условии создания зоны

фльтрации в нижней части пласта по всей его площади с обеспечением выноса расплавленной серы из выплавленной зоны потоком теплоносителя. С использованием полученных закономерностей разработан комбинированный способ эксплуатации слабопроницаемых залежей, даны конкретные технические решения для его реализации.

6. Предложена методика установления рациональных объемов производства фосфоритов и апатитового концентрата, учитывающая ресурсную обеспеченность Украины собственным сырьем и конъюктуру мирового рынка.

#### Практическое значение работы

1. Для условий карьеров по добыче горно-химического сырья разработаны:

1.1. Технологическая схема гидромониторного размыва пересушенных неогеновых глин в смеси с четвертичными отложениями.

1.2. Схемы работы роторных экскаваторов в зонах тектонических нарушений.

1.3. Схемы отработки основного надрудного уступа по бестранспортной системе с селективным складированием скальных пород в основание внутренних отвалов.

1.4. Типовые технологические схемы производства горных работ, позволяющие максимально использовать параметры применяемого горно-транспортного оборудования.

1.5. Подсистема инженерных расчетов, объединяющая совокупность методик и алгоритмов для автоматизации проектных работ.

2. Для рудников ПЭС предложены:

2.1. Способ нагрева пластовых вод, позволяющий утилизировать отходящее тепло, значительно уменьшить использование речной воды и исключить процесс накипеобразования в нагревающих системах.

2.2. Ряд конструкций самовосстанавливающихся скважин, для условий добычи серы методом ПЭС в условиях анизотропности рудного пласта.

2.3. Технология приготовления утяжеленного теплоносителя, использование которого позволит увеличить коэффициент выплавки серы из недр на 20 %.

2.4. Технология добычи серы из слабопроницаемых руд комбинированным способом – созданием в нижней части залежи проницаемой зоны по всей площади пласта с последующей добычей серы методом подземной выплавки и конкретные технологические решения по

реализации предложенной технологии в промышленных условиях.

Личный вклад автора состоит в постановке задач исследования, их решении, анализе и обобщении полученных результатов; в постановке, подготовке и проведении экспериментов; во внедрении технических и технологических решений; в обосновании перспектив развития серной и фосфатной отраслей промышленности Украины.

Реализация работы.

I. На серных карьерах Предкарпатья внедрены:

I.1. Технологические схемы разработки основного надрудного уступа по бестранспортной системе с селективным складированием скальных вскрышных пород в основание внутренних отвалов.

I.2. Схема разработки способом гидромеханизации переувлажненных неогеновых глин в смеси с четвертичными отложениями.

I.3. Технологические схемы работы роторных экскаваторов в условиях анизотропности массива обрабатываемых пород.

2. В институте НИПСЕРА внедрена в процесс проектирования подсистема инженерных расчетов по обоснованию параметров горных работ на месторождениях горно-химического сырья.

3. На рудниках подземной выплавки серы внедрены:

3.1. Технология приготовления теплоносителя из высокоминерализованных пластовых вод с утилизацией тепла.

3.2. Конструкции саморазогревающихся скважин.

4. Ряд технических решений, полученных автором, реализован в проектах открытой разработки Северного и Подорожненского карьеров РПО "Сера", Центрального и Южного карьеров ЯПО "Сера", карьеров Куйбышевского и Гаурдакского серных заводов, а также в проектах рудников подземной выплавки серы на Яворовском ПО "Сера", Загайпольском опытно-промышленном руднике, на Гаурдакском серном заводе (Туркмения).

Суммарный экономический эффект от внедрения разработок, выполненных с участием автора, составляет свыше 4,0 млн. рублей.

По результатам работ, проведенных под руководством и с непосредственным участием автора, разработаны и утверждены правительством Украины республиканские программы: "Сера Украины" и "Фосфор Украины", которые являются основой планирования научно-технического прогресса в данных отраслях горнодобывающей промышленности.

Реализация программ позволит:

I. Вовлечь в эксплуатацию более 90 млн. т запасов самородной

серы, которые в настоящее время переведены в категорию забалансовых.

2. Полностью ликвидировать к 1997 году дефицит промышленности Украины по сере.

3. Снизить себестоимость производства 1 т серы и обеспечить рентабельность выпуска серы на мировом уровне.

4. Организовать на Украине, начиная с 1998 года, производство фосфорных удобрений и апатитового концентрата на собственной сырьевой базе.

Апробация работы. Отдельные фрагменты и работа в целом докладывалась на технических советах Роздольского ПО "Сера", Яворовского ПО "Сера", на научно-техническом совете института НИПИСЕРА, в Днепропетровском и Свердловском горных институтах, в Государственном Институте горно-химического сырья г.Люберцы, в Институте геотехнической механики г.Днепропетровск, в Криворожском горно-рудном институте, на техсоветах Ассоциации "Укрмунудобрений" и Министерства промышленности Украины. По теме диссертации опубликовано более шестидесяти научных работ. Отдельные положения работы защищены тридцатью авторскими свидетельствами.

Большую помощь в подготовке работы автору оказывали сотрудники института НИПИСЕРА Гайдин А.М., Ивасив С.М., Филенко Г.Д., Гордиенко Е.Г., Добахов П.Г. Автор выражает им свою глубокую благодарность.

### ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Теоретические основы эксплуатации карьеров разработаны в трудах акад. Н.В.Мельникова, В.В.Ржевского, В.Ф.Бызова, проф. М.Г.Новожилова, В.С.Хохрякова, А.И.Арсентьева, А.Ю.Дриженко, Б.П.Юматова, Б.Н.Тартаковского, М.Е.Певзнера, Б.А.Щелканова, М.С.Четверика, Г.А.Холодныкова, Е.Ж.Аренса и др.

В этих работах были поставлены и решены основные задачи установления параметров горных работ приведены методики выбора структурных схем комплексной механизации, и определения рациональных параметров применяемых систем разработки, произведено экономическое обоснование планирования режима горных работ, а также сформулированы теоретические основы разработки месторождений геотехническими методами.

Решение прикладных вопросов для условий Предкарпатского сероносного бассейна нашло отражение в исследованиях к.т.н. Гайдина А.М., Гуменика И.Л., Ивасива С.М., Самойлова Ю.А., Марковича Л.П. Однако выполненные исследования не в полной мере раскрывают вопросы определения границ открытой разработки месторождений горно-химического сырья, влияния горно-технических и экономических факторов на производственную мощность карьеров и рудников ПЭС, продолжительность периода строительства и освоения проектных показателей, выбора направления развития фронта горных работ, а также совершенствования технологии ПЭС. Отсутствие должной полноты исследований по данным вопросам обусловило использование в проектах отдельных решений без достаточной привязки к специфическим горно-геологическим условиям месторождений горно-химического сырья и, как следствие, привело к снижению эффективности работы отдельных рудников. Кроме того, отсутствуют исследования по развитию сырьевой базы фосфатов.

На основе обобщения выполненных исследований по проблеме и учитывая особенности разработки месторождений горно-химического сырья, автором сформулированы и решены следующие задачи:

1. Выполнены исследования потенциальных ресурсов серосодержащего и фосфатного сырья Украины и определены первоочередные объекты освоения.

2. Разработаны критерии и создана методика геометризации с использованием ЭВМ элементов месторождений, позволяющая оптимизировать на основе повариантных расчетов основные параметры проектируемых карьеров.

3. Разработана и реализована методика установления производственной мощности рудника на момент ввода его в эксплуатацию, а также определения оптимальных сроков освоения его проектной мощности.

4. Проведены теоретические и экспериментальные исследования, установлены и проверены в промышленных условиях области эффективного применения основного горно-транспортного оборудования для комплектации технологических схем производства горных работ на карьерах горно-химического сырья.

5. Установлены закономерности фильтрации теплоносителя и распределения тепловых полей при подземной выплавке серы в различных гидрогеологических условиях, разработана технология добычи серы методом ПЭС из слабопроницаемых руд.

6. На основе выполненных исследований с учетом конъюнктуры мирового рынка установлены приоритетные направления развития горнодобывающего комплекса в серной и фосфатной отраслях промышленности Украины.

I. Анализ потенциальных ресурсов серосодержащего и фосфатного сырья и определение первоочередных объектов освоения

Сера в углях находится в виде колчеданной, сульфатной и органической.

Колчеданная сера встречается в виде отдельных зерен минералов пирита и маркизита. Сульфатная сера содержится в углях главным образом в виде сульфатов железа и кальция. Содержание сульфатной серы в углях не превышает 0,1-0,2 %. При сжигании сульфатная сера переходит в золу, а при коксовании углей - в кокс. Органическая сера входит в состав органической массы угля.

Исследованиями установлено, что в малосернистых углях (содержание  $S_{об}$  до 1,5 %) сера находится преимущественно в органических соединениях, а при содержании  $S_{об}$  более 2,5 % - в неорганических соединениях (дисульфидная или колчеданная сера), которые могут служить сырьем для производства серной кислоты.

По Львовско-Волынскому и Днепропетровскому бурогольному бассейну ресурсы серных колчеданов не оценены, по Донецкому бассейну ресурсы серного колчедана оцениваются в 700 тыс.т в год (в пересчете на 45 % содержания серы в колчедане) или около 250 тыс.т в год. В настоящее время проводятся исследования по организации производства серы из углей.

Ресурсы серы в дымовых газах ТЭЦ и ГРЭС. В дымовых газах ТЭЦ и ГРЭС в зависимости от вида топлива содержится от 0,01 до 0,53 % сернистого ангидрида ( $SO_2$ ). Объемы выбросов характеризуются данными, приведенными в табл. 2.

Таблица 2

Объемы выбросов сернистого ангидрида в атмосферу, млн.т

Показатели	Г о д ы		
	1990	1995	2000
I	2	3	4
Объем выбросов $SO_2$ в странах СНГ	17,9	19,0	20,3

I	2	3	4
в т.ч. по Украине	3,7	3,8	4,2
Ресурсы серы в дымовых газах в странах СНГ	9,0	9,5	10,2
в т.ч. по Украине	1,8	1,9	2,1
Возможные объемы получения серы из дымовых газов в странах СНГ	3,0	4,2	4,9
в т.ч. по Украине	0,6	0,8	0,9

Учитывая значительные ресурсы серы в дымовых газах и связанное с этим отрицательное воздействие на окружающую среду, утилизация  $SO_2$  в ближайшей перспективе является весьма актуальной.

Ресурсы серы в газах коксохимических производств и в нефтепереработке незначительны и оцениваются на ближайшую перспективу в 60-80 тыс.т в год.

Ресурсы природной серы. На I.01.1992 г. в Государственный баланс бывшего СССР внесено 18 месторождений самородной серы. Из них двенадцать расположено в Предкарпатье (Предкарпатский сероносный бассейн); два - на Средней Волге (Волжский бассейн); два - в Средней Азии (Гаурдак-Кугитанский сероносный бассейн) и два - на Дальнем Востоке (Курило-Камчатская вулканическая сероносная область). Запасы серы характеризуются довольно высокой степенью разведанности. Доля категории  $A+B+C_1$  составляет около 80 %, по категории  $C_2$  разведано около 13 % запасов и только 7 % запасов отнесено к забалансовым.

Состояние запасов серы по месторождениям Украины приведено в табл. 3.

Таблица 3

Состояние остаточных запасов серы по месторождениям Предкарпатья по состоянию на I.01.91г.

Месторождение	Един. измер.	$A+B+C_1$	$C_2$	Примечание
I	2	3	4	5
Роздольское	тыс.т	35 <sup>к</sup>		Отработано

I	2	3	4	5
Подорожненское	тыс. т	<u>15041</u> 4724	<u>23455</u> 4869	Отрабатывается
Любенское	тыс. т	<u>31727</u> 6565	<u>4151</u> 941	Требуется разработка технологии
Язовское карьер	тыс. т	<u>193401</u> 53199	<u>7543</u> 1638	Отрабатывается Требуется совершенствование технологии
Язовское ПЭС	тыс. т	<u>40582</u> 10780	<u>11464</u> 2013	Отрабатывается
Гримновское ПЭС	тыс. т	<u>63708</u> 15844	<u>3126</u> 735	Требуется разработка технологии
Немировское ПЭС	тыс. т	<u>178401</u> 42905	<u>28353</u> 6603	Отрабатывается, требуется совершенствование технологии
Шевченковское ПЭС	тыс. т	<u>56212</u> 14725	<u>1552</u> 408	Требуется разработка технологии
Загайпольское ПЭС	тыс. т	<u>64225</u> 17994	<u>316</u> 70	"-
Глумачское ПЭС	тыс. т	<u>26048</u> 1134	<u>22310</u> 970	"-
Жуковское ПЭС	тыс. т	-	<u>43030</u> 10500	"-

$\frac{35^*}{7}$  числитель - буда  
знаменатель - сера

Суммарные остаточные запасы серы по месторождениям Украины составляют 197417 тыс. т.

В связи с тем, что основным потребителем серы является серно-кислотное производство произведены исследования по установлению экономической эффективности производства серной кислоты из различных видов серосодержащего сырья с учетом компенсации экологического ущерба предприятиями в виде платежей в бюджет за сверхнормативные выбросы загрязненных газов в атмосферу и нарушения земель

горными работами. (46)

Критерием эффективности принят минимум приведенных затрат на производство 1 т кислоты:

$$C_j + K_{uj} \pm \frac{\Delta_1}{Q_j} \rightarrow \min \quad (1)$$

где  $C_j$  - себестоимость производства 1 т кислоты из  $j$ -го вида сырья, руб.;

$K_{uj}$  - удельные капитальные затраты на производство 1 т кислоты из  $j$ -го вида сырья, руб.;

$\Delta_1$  - сумма платежей в бюджет за компенсацию экологического ущерба, руб.;

$Q_j$  - годовой объем производства серной кислоты из  $j$ -го вида сырья.

Величина  $\Delta_1$  для условий производства серной кислоты из отходящих газов цветной металлургии и газов энергетической промышленности определяется по выражению:

$$\Delta_1 = -\Delta_{\text{вг}} = -[(U_q \cdot M_q) + (U_n \cdot M_n)] \quad , \text{руб.} \quad (2)$$

где  $U_q, U_n$  - удельный ущерб от выбросов в отходящих газах 1 т загрязнителя соответственно в пределах и сверх ПДВ, руб./т;

$M_q, M_n$  - масса выбросов в отходящих газах загрязнителя соответственно в пределах и сверх ПДВ, т.

Поскольку в данном случае ущерб рассматривается как предотвращенный, его величина имеет знак (-) и абсолютное значение приведенных затрат уменьшается на величину удельного предотвращенного ущерба.

При производстве серной кислоты из колчедана, полученного из углей величина ущерба определяется аналогично по массе выбросов загрязнителя в отходящих газах при сжигании углей.

Величина  $\Delta_1$  для условий производства серной кислоты из флотационного концентрата и природной серы определяется по выражению:

$$\Delta_1 = \Delta_3 \quad , \text{руб.} \quad (3)$$

где  $\Delta z$  - ущерб от нарушения земель, изъятых под горные работы, руб.;

$$\Delta z = k_e \sum_{k=1}^n U_k Z_k \quad , \text{ руб.} \quad (4)$$

$k_e$  - коэффициент, учитывающий условия использования гумусового слоя;

$U_k$  - годовой ущерб изъятия 1 га  $k$ -го вида земельных угодий, руб/га;

$Z_k$  - площадь  $k$ -го вида угодий, изъятых в данном году, га.

Поскольку ущерб, определяемый по формуле (4) является пгч-мым, его абсолютное значение в формуле (I) имеет знак (+).

В результате исследований установлено, что по величине приведенных затрат наиболее эффективным является использование в производстве серной кислоты отходящих газов цветной металлургии и коксохимии. При этом утилизация серы способствует уменьшению выбросов сернистых соединений в атмосферу и существенно улучшает состояние окружающей среды.

Следующим по эффективности видом сырья является газовая сера, получаемая при очистке отходящих газов нефтеперерабатывающей промышленности.

Природная сера в этом перечне занимает лишь четвертое место. Однако, учитывая незначительные ресурсы, производство серы из отходящих газов коксохимической, нефтеперерабатывающей промышленности, отходящих газов энергетической промышленности и колчеданов из углей носит вспомогательный характер, и в основном решает вопросы экологического характера - очистки отходящих газов от сернистых соединений. Основным направлением развития серной промышленности на ближайшую перспективу является интенсификация добычи природной серы из серных руд.

Добыча серы из серных руд осуществляется двумя способами:

- открытая разработка месторождений с последующим обогащением серных руд и выплавкой серы из концентратов;
- подземная выплавка серы из недр непосредственно на месте их залегания (метод ПЭС).

Учитывая специфику и экономическую целесообразность разработки серных месторождений, метод открытой разработки применяется на месторождениях до глубины 150 м, метод ПЭС - на месторождениях, залегающих на глубинах от 100 м и более. Кроме того, основным уси-

днем применения метода ПЭС является водопроницаемость серных залежей, обеспечивающая фильтрацию теплоносителя и расплавленной серы по пласту. По этому критерию серные залежи разделяются на кондиционные (проницаемость пласта свыше  $10 \text{ м}^3/\text{час}$  при давлении на устье скважины до  $10 \text{ Мпа}$ ) и слабопроницаемые (проницаемость менее  $10 \text{ м}^3/\text{час}$ ). Кондиционные залежи могут разрабатываться по существующей технологии ПЭС, разработка слабопроницаемых залежей по существующей технологии не рентабельна, а в отдельных случаях вообще невозможна и для вовлечения их в эксплуатацию необходима разработка специальной технологии.

**Ресурсы фосфатного сырья.** Запасы фосфатных руд в развитых капиталистических и развивающихся странах в 1991 г. составили 116,7 млрд.т (в пересчете на  $100\% \text{ P}_2\text{O}_5$  - 25,6 млрд.т). На фосфориты приходится 93,3 % на апатиты - 6,7 %. Подтвержденные запасы фосфоритов и апатитов оцениваются соответственно в 41,0 и 4,3 млрд.т.

Лидирующее положение по запасам фосфоритов и апатитов занимает Африканский континент, где особенно выделяются Марокко, Тунис, АРЕ, Западная Сахара и ЮАР. На втором месте следуют страны Американского континента, в первую очередь США, Перу, Мексика и Бразилия. Азиатский континент характеризуется крупными запасами фосфоритов, имеющихся в Иордании, Ираке, Сирии, Саудовской Аравии и других странах.

Цены на фосфатное сырье за 1991 г. в США составляли от 30,36 до 34,65 доллара за 1 т среднесортного фосфоритового концентрата ( $\text{P}_2\text{O}_5$  - 32,4-33,94 %). Цены на марокканские фосфоритовые концентраты составили 48,5 доллара.

Потребность Украины в фосфорсодержащем сырье на перспективу до 2000 года составляет 1,5 млн.т в пересчете на  $100\% \text{ P}_2\text{O}_5$  (табл. 4).

Таблица 4

Потребность в апатитовом концентрате в тыс.т

Вид конечного продукта	Производство	Норма расхода $\text{P}_2\text{O}_5$ т/тыс.т	Потребность в $\text{P}_2\text{O}_5$
I	2	3	4
Триполифосфат натрия	12,32	655,0	8,07
Триполифосфат натрия	4,67	669,0	3,12

I	2	3	4
Трикальный фосфат в аммонизированной форме	64,50	1133,0	73,08
Суперфосфат простой	249,40	1070,8	267,07
Суперфосфат аммонизированный	12,00	1206,0	14,47
Трикальный фосфат кормовой	66,50	1121,0	74,50
Монокальный фосфат кормовой	14,70	1182,0	17,30
Нитроаммофоска	85,00	1196,7	101,70
Аммофос	503,00	1122,1	564,90
Неучтенная потребность			370,00
Итого			1500,00

Потребность в фосфорной муке с содержанием  $P_2O_5$  до 20 % по данным Сельхозхимии составляет около 2,5 млн.т в год. Несмотря на значительные запасы фосфатов табл. 5, их добыча на Украине до настоящего не осуществлялась.

Таблица 5

Характеристика месторождений фосфатного сырья Украины

Наименование месторождений	Запасы $P_2O_5$ , тыс.т	Мощность продуктивного горизонта, м	Мощность вскрышных пород, м
I	2	3	4
<b>Разведанные месторождения</b>			
1. Стремигородское ильменито-апатитовое месторождение	<u>15936</u> 2,7 %	250	20-40
2. Новополтавское редкометальное апатитовое месторождение	<u>9154</u> 4-9 %	25-140	-

I	2	3	4
3. Осыновское месторождение фосфоритов	<u>5584</u> 4,97 %	4,8	20-50
<u>Разведваемые месторождения</u>			
1. Ратновское месторождение фосфоритов	<u>7310</u> 5,69 %	1,3	16,4
2. Маневич-Клеванская площадь	<u>1500</u> 4-6 %	I-2 м	50-100
<u>Опроискованные рудопроявления</u>			
1. Днестровская площадь Львовская, Тернопольская, Ив.-Франковская, Черновицкая области	<u>199860</u> 2-10 %	I-7	30-100

$$3925^* \frac{\text{числитель} - \text{запасы } P_2O_5}{\text{знаменатель} - \text{содержание } P_2O_5 \text{ руде.}}$$

Переход к рыночным отношениям и, как следствие, к закупке фосфатного сырья по ценам мирового рынка, предопределил коренное изменение подходов к оценке эффективности создания собственной сырьевой базы фосфатов.

Исследования горно-геологических характеристик залежей вещественного состава руд и технологических схем их обогащения показали принципиальную возможность промышленного освоения месторождений с получением апатитовых и фосфоритовых концентратов. При этом первоочередными объектами освоения являются Ратновское и Осыновское месторождения фосфоритов и Стремигородское месторождение апатитов. (44,45).

Разработка этих месторождений может быть осуществлена открытым способом. Разработка Новополтавского месторождения возможна только шахтным способом, что предопределяет значительные капитальные вложения и длительный срок строительства. Разработка Маневич-Клеванской площади может быть осуществлена методом скважинной гидродобычи. Однако для промышленного освоения этого метода необходимо разработать способы разуплотнения крупнозернистых фосфоритов в верхней части рудного пласта.

АНД 18. 5. СТОФ-КИИ  
АН УРСР

Таким образом перспективы развития сырьевой базы серной и фосфатной отраслей промышленности Украины связаны с совершенствованием традиционных и разработкой принципиально новых технологий производства горных работ и вовлечении в эксплуатацию на этой основе новых месторождений.

## 2. Геометризация элементов месторождений на ЭВМ и разработка критериев оптимизации основных параметров проектируемых карьеров

Традиционной геологической информацией при установлении границ открытой разработки являются планы месторождений с системой изоощностей рудного пласта и покрывающих пород и геологические разрезы. Применение ЭВМ в проектировании требует представления исходной геологической информации в виде удобном для математической обработки. Таким требованиям отвечает дискретная форма представления геологических данных в виде массивов информационных точек, количество которых соответствует количеству разведочных скважин при детальной разведке месторождения.

Предложена методика геометризации элементов горизонтальных месторождений с использованием табличных данных детальной геологической разведки. При подготовке исходных данных месторождение разделяется на блоки, каждый из которых ограничен в плане четырьмя разведочными скважинами. В процессе расчетов каждый блок делится на элементарные, размерами которых определяется точность подсчета площадей и объемов горных пород. Для каждого элементарного блока производится определение его площади ( $S_i$ ), объемов полезного ископаемого ( $V_{ni}$ ) и вскрышных пород ( $V_{ei}$ ) и коэффициента вскрыши ( $K_{ei}$ ). Полученные данные группируются в массив ( $S_i, V_{ni}, V_{ei}, K_{ei}$ ) по возрастанию  $K_{ei}$  и производится его сравнение с величиной граничного коэффициента вскрыши.

В контур карьера включаются блоки, коэффициент вскрыши в которых отвечает условию:

$$K_{гр} \geq \frac{\sum_{i=1}^n V_{ei} + \Delta V}{\sum_{i=1}^n V_{ni}} \quad (5)$$

где:  $\sum_{i=1}^n V_{ei}$  - объемы вскрышных пород, накопленные в сумматоре, тыс.м<sup>3</sup>;  $\sum_{i=1}^n V_{pi}$  - то же по полезному ископаемому, тыс.т;  $\Delta V$  - приращение объемов вскрыши в торцах карьера, тыс.м<sup>3</sup>;  $K_{гр}$  - граничный коэффициент вскрыши, м<sup>3</sup>/т.

Величину граничного коэффициента вскрыши рекомендовано определять по выражению

$$K_{гр} = \frac{1}{C_{сес} \left[ \frac{100}{\alpha(1+\beta)(1-\Pi_{т})} \left\{ C_{оп} - \sum_{j=1}^{T_{оj}} \frac{K_j E}{Q_j \left[ 1 - \frac{1}{(1+E)^{T_{оj}}} \right]} - C_n \right\} \right]} \frac{C_p}{C_{сес}} \quad (6)$$

где:  $C_{сес}$  - средняя себестоимость разработки 1 м<sup>3</sup> вскрышных пород, руб./м<sup>3</sup>;  $\beta$  - потери руды при переработке в долях единицы;  $\Pi_{т}$  - потери руды при добыче и транспортировании, в долях единицы;  $\alpha$  - содержание полезного компонента в руде, в %;

$C_{оп}$  - оптовая цена 1 т конечного продукта, приведенная к уровню мировых цен, руб.;  $K_j$  - капитальные затраты j-го вида приведенные к моменту окончания строительства карьера, руб.;

$T_{оj}$  - нормативный срок окупаемости j-го вида капитальных вложений, лет;  $G_p$  - производительность предприятия по конечному продукту в i-й год эксплуатации, т;  $C_p$  - средняя себестоимость добычи 1 т руды, руб./т;  $C_n$  - стоимость переработки руды в себестоимости 1 т конечного продукта, руб./т.

Данный критерий позволяет учитывать одновременность капитальных вложений, сроки их окупаемости, а также уровень мировых цен на данный вид сырья.

В результате проведенных исследований получена зависимость величины относительной погрешности расчетов вычисления площадей ( $\Delta S$ ) от размеров элементарных блоков (рис. 1). Установлено, что для условий пластовых месторождений размеры элементарных блоков, обеспечивающих относительную погрешность  $\pm 5\%$ , должны составлять 100x100 м.

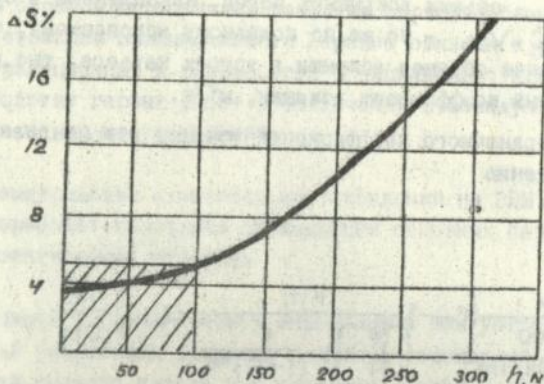


Рис. 1. Изменение значений  $\Delta S$  от размеров расчетных блоков.

После оконтуривания месторождения осуществляется моделирование на ЭВМ его горно-геологических параметров и производится расчеты календарных графиков отработки. Установлено, что наиболее рациональным для условий горизонтальных месторождений является дискретно-аналитическое моделирование горно-геологических параметров месторождения. При этом контуры месторождения аппроксимируются полиномами  $N$ -ой степени; геологическая информация задается в дискретном виде. (8).

Расчет на ЭВМ календарных графиков отработки месторождения осуществляется путем построения графиков площадей сечений рабочей зоны карьера по полезному ископаемому и по вскрышным породам.

Площадь сечения рабочей зоны карьера на  $j$ -ом этапе по руде определяется по выражению:

$$S_j = \frac{L_j + L_{j+1}}{2} \cdot \frac{\sum_{k=1}^n h_k}{n} \quad (7)$$

где  $L_j, L_{j+1}$  - длина фронта работ в начале и конце этапа;  
 $h_k$  - мощность полезного ископаемого в  $K$ -ой информационной точке.

Длина фронта работ на  $i$ -ом этапе определяется путем совместного решения уравнений:

$$\begin{cases} Y = f_i(x) = (x + KB) t_{0\alpha} \\ Y = \Psi_i(x) = \sum_{l=0}^n C_l X_l \end{cases} \quad (8)$$

где  $f_i(x)$  - уравнение линии фронта работ на  $i$ -ом этапе;  
 $\Psi(x)$  - аппроксимирующий полином участка контура карьерного поля.

Принадлежность  $K$ -ой информационной точки  $j$ -ому этапу определяются из условия (рис. 2):

$$\begin{aligned} Y &\geq [X_i + (K+1)B] t_{0\alpha} \\ Y &\leq [X_i + KB] t_{0\alpha} \end{aligned} \quad (9)$$

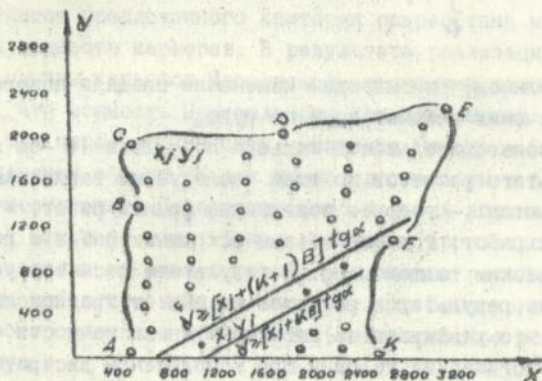


Рис. 2. К расчету календарных планов отработки месторождения.

Площадь сечения рабочей зоны карьера на  $j$ -ом этапе по вскрыше определяется по выражению

$$S_{ej} = L_j h_{ej} + h_{ej} t_{0\beta}, \text{ м}^2 \quad (10)$$

где  $h_{ej}$  - средняя мощность вскрыши на  $j$ -ом этапе, м;  
 $\beta$  - угол погашения нерабочего борта карьера, град.

Полученные графики площадей сечений рабочей зоны карьера

по руде и вскрыше аппроксимируются полиномами  $n$ -ой степени. Годовые объемы вскрыши определяются из выражения:

$$V_{\text{вт}} = \int_{l_t}^{l_t+l_r} \varphi(l) dl, \text{ м}^3 \quad (11)$$

где  $l_t$  - положение линии фронта работ в  $t$ -ом году;  $\varphi(l)$  - полином описывающий изменение площади поперечного сечения рабочей зоны карьера по вскрыше;  $l_r$  - годовое подвигание фронта работ.

Величина  $l$  определяется как разность пределов интегрирования уравнения

$$\int_{l_t}^{l_t+l_r} f(l) dl - Q = 0 \quad (12)$$

где  $f(l)$  - полином, описывающий изменение площади поперечного сечения рабочей зоны по руде,

$Q_t$  - производительность карьера по руде в  $t$ -ом году.

В результате расчетов по всем исследуемым вариантам на печать ЭВМ выдаются: - годовое подвигание фронта работ; - длина фронта горных работ; годовые объемы вскрышных работ с разделением по технологическим толщам и др. В результате расчетов установлено, что отклонение результатов расчетов на ЭВМ от традиционных не превышает  $\pm 2\%$ , что указывает на высокую степень точности отображения горно-геологических условий при комплексном дискретно-аналитическом моделировании месторождений.

Методика установления производственной мощности серных карьеров, позволяет учитывать влияние на величину производственной мощности горно-технических условий и экономических факторов, а также содержание полезного компонента в добываемой руде и сложности использования вскрышных пород в качестве попутно добываемого сырья. Критерием эффективности, при установлении производственной мощности карьеров по добыче горно-химического сырья принят минимум приведенных затрат на производство конечной продукции за весь срок их существования:

$$\sum_{i=1}^T \sum_{j=1}^N Q_{ij} \left[ (C_{0ij} \frac{V_{rij} + V_{nij}}{Q_{ij}} + C_{pij}) + 33,7 - 0,61\alpha_{ij} \right] \rightarrow \min \quad (13)$$

$$(1+E)^{i-1}$$

где  $T$  - срок эксплуатации группы карьеров, лет;  $N$  - количество карьеров, находящихся в эксплуатации;  $Q_{ij}$  - производительность  $j$ -го карьера в  $i$ -ый год эксплуатации, млн.т;  $C_{0ij}$  - стоимость разработки  $1 \text{ м}^3$  вскрыши на  $j$ -ом карьере в  $i$ -ом году, руб.;  $V_{rij}$  - годовой объем вскрыши в  $i$ -ом году на  $j$ -ом карьере, млн.м<sup>3</sup>;  $V_{nij}$  - годовой объем попутно добываемого сырья, млн.м<sup>3</sup>;  $C_{pij}$  - себестоимость добычи  $1 \text{ т}$  руды в  $i$ -ом году на  $j$ -ом карьере без учета стоимости разработки вскрыши, руб./т;  $\alpha_{ij}$  - содержание полезного компонента в руде в  $i$ -ом году на  $j$ -ом карьере, в %.

С учетом предложенного критерия разработана методика установления мощности карьеров. В результате реализации методики на примере группы карьеров Яворовского горнохимического завода установлено, что мощность Центрального карьера должна составлять  $1,0$  млн.т в пересчете на серу, мощность Южного -  $0,5$ . При этом, для выполнения общего объема производства серы в бассейне, мощность существующего Подорожененского карьера должна быть доведена до  $0,4$  млн.т по сере. Такое сочетание производственных мощностей позволит исключить резкое увеличение годовых объемов вскрышных работ при вводе в эксплуатацию Северного карьера Яворовского месторождения и организовать межкарьерное усреднение качества руд.

Учитывая, что обеспечение потребности в апатитовом концентрате возможно из четырех альтернативных источников: 1 - производство концентрата на базе комплексной переработки руд Стремиморского месторождения; 2 - производство концентрата на базе комплексной переработки руд Новополтавского месторождения; 3 - поставка концентрата из стран СНГ; 4 - поставка концентрата из стран Средиземноморья, задача определения производственной мощности карьеров по добыче апатитов может быть формализована следующим образом. Определить минимальные затраты на обеспечение апатитовым концентратом потребности промышленности:

$$\sum_{i=1}^4 C_i V_i \rightarrow \min \quad (14)$$

при условии:  $\sum V_i \geq V_n$

где  $C_i$  - стоимость  $i$  т концентрата из  $i$ -го источника, руб/т;  
 $V_i$  - объемы поставок концентрата из  $i$ -го источника, т;  
 $V_n$  - потребность промышленности в концентрате, руб.

Учитывая, что Стремигородское и Новополтавское месторождения представлены комплексными рудами с включением редкоземельных металлов, стоимость  $i$  т апатитового концентрата  $C_a$  должна определяться с учетом производства и реализации всех составляющих компонентов при допустимом уровне рентабельности всего производства:

$$C_a = Z_a - \frac{K(\Pi - Z) - K_p \Pi}{V_a}, \text{ руб} \quad (15)$$

где  $C_a$  - отпускная цена апатитового концентрата;  $Z_a$  - затраты на производство  $i$  т апатитового концентрата, руб.;  $K$  - коэффициент налоговых издержек;  $\Pi$  - стоимость реализации попутных компонентов, руб.;  $Z$  - затраты на производство попутных компонентов, руб.;  $K_p$  - минимально допустимый уровень рентабельности производства попутных компонентов;  $V_a$  - объем производства апатитового концентрата, т.

С учетом выражения (15) целевая функция (14) примет вид:

$$\left\{ \sum_{n=1}^2 C_n V_n + \sum_{i=1}^2 V_j \left[ Z_a - \frac{K \sum_{i=1}^2 (\Pi_i - Z_i) - K_p \Pi_i}{V_j} \right] \right\} \rightarrow \min \quad (16)$$

при условии  $\sum_{n=1}^2 V_n + \sum_{i=1}^2 V_i \geq V_n$

В результате расчетов установлено следующее.

Производственная мощность предприятия на базе Стремигородского месторождения - 600 тыс.т апатитового концентрата в год. Мощность предприятия на базе Новополтавского месторождения 600 тыс.т, поставки из стран СНГ 400 тыс.т, поставки из стран средиземноморья - 200 тыс.т.

Однако учитывая что время строительства объектов на Стримигородском и Новополтавском месторождениях будет составлять от 7 до 10 лет, закрытие потребности в апатитовом концентрате на этот период может быть осуществлено только за счет поставок из СНГ и стран средиземноморья.

Определение сроков строительства карьеров и затрат на выполнение горно-капитальных работ осуществлено на основе реализации разработанной экономико-математической модели процесса строительства карьера. В качестве критерия эффективности при реализации модели принято равенство дохода ( $\Gamma_k$ ), получаемого в народном хозяйстве от сокращения сроков строительства карьера и затрат на интенсификацию его строительства ( $\Delta Z$ ). Результаты исследований показывают, что при высокой отпускной цене на серу и фосфаты и их дефицит, сроки строительства карьеров необходимо сокращать на 10+15% по сравнению с нормативными. (17)

Однако ввод карьера в эксплуатацию осуществляется не на проектную мощность  $Q_n$ , а очередями, с производственной мощности I очереди  $Q_e$  (рис. 3).

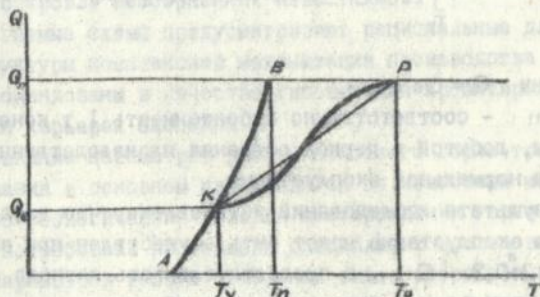


Рис. 3. К установлению продолжительности освоения проектной мощности карьеров.

Процесс наращивания производственной мощности до проектной в общем случае может быть описан уравнением:

$$Q = f(T) = \frac{(T_n - T_y)(Q_n - Q_e)}{T_0 - T_y} + Q_e \quad (17)$$

где  $Q$  - текущая производительность карьера,  $T_n$  - нормативное время строительства карьера на производственную мощность  $Q_n$ ;  $T_y$  - время строительства карьера на мощность  $Q_e$ ;  $T_0$  - время освоения проектной производственной мощности карьера.

Ввод карьера в эксплуатацию на производственную мощность позволяет уменьшить затраты на выполнение горно-капитальных работ на величину  $\Delta Z_y = Z_n - Z_y$ ; ( где  $Z_n, Z_y$  - соответственно затраты на выполнение горно-капитальных работ при строительстве карьера на производственную мощность  $Q_n, Q_e$  ) ускорить выпуск продукции на время  $\Delta T_1 = T_n - T_y$  и получить прибыль от реализации производственной продукции в размере  $\Pi_e$ . При этом достижение проектной мощности карьера  $Q_n$  может быть осуществлено за время  $T_0$ . В то же время ввод карьера в эксплуатацию на мощность  $Q_e$  позволит получить в отрасли прибыль  $\Pi_0$  от реализации продукции за время  $\Delta T_2 = T_y + T_0 - T_n$ .

Формализация задачи представлена в следующем виде:

Отыскать  $\max$  функции

$$\Pi = \Delta Z_y + (C_0n - C_0) \int_{T_y}^{T_0} f(T) dT + Q_n (C_0n - C_n) (T_y + T_0 - T_n) \rightarrow \max \quad (18)$$

при условии  $Q < Q_e \leq Q_n$

где  $C_0, C_n$  - соответственно себестоимость 1 т конечного продукта из руды, добытой в период освоения производственной мощности и в период нормальной эксплуатации.

В результате исследований установлено, что ввод серых карьеров в эксплуатацию может быть осуществлен при значении  $Q_e = 0,2 \div 0,3 Q_n$ , а продолжительность периода освоения проектной мощности, в зависимости от объемов горно-капитальных работ и годовых объемов вскрыши составляет от 1,5 до 5 лет.

Выбор типа и количества оборудования для комплектации типовых технологических схем производства вскрышных работ осуществлялся по критерию минимума стоимости разработки 1 м<sup>3</sup> вскрыши:

$$C = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^n f(q) q_{ij}}{V_i} \quad (19)$$

$$\text{при условии } \sum_{i=1}^n q_{ij} = V_j \quad (i = \overrightarrow{1, n})$$
$$0 \leq q_i \leq P_i \quad (i = \overrightarrow{1, n})$$

где  $T$  - время эксплуатации карьера;  $\Pi$  - тип горно-транспортного оборудования;  $f(q)$  - функция изменения стоимости разработки  $I \text{ м}^3$  вскрыши  $i$ -м типом оборудования в зависимости от годовых объемов вскрышных пород;  $q_{ij}$  - объем вскрышных пород, разрабатываемые  $i$ -м типом оборудования в  $j$ -ом году;  $V_j$  - суммарный годовой объем вскрышных пород, разрабатываемых в  $j$ -ом году.

Рекомендуемые схемы предусматривают осуществлять разработку четвертичных пород способом гидромеханизации; неогеновые глины в зависимости от годовых объемов разрабатывать экскаваторами ЭКГ-8 в сочетании с автотранспортом или роторными экскаваторами с системой конвейеров и отвалообразователей; основной надрудный уступ, сложенный неогеновыми глинами и неосерненными известняками, разрабатывать по бестранспортной схеме. Вскрытие рудного пласта осуществлять скользящими съездами с размещением транспортных коммуникаций по кровле неосерненных известняков.

Предлагаемые схемы предусматривают рациональные для данных условий структуры комплексной механизации производства вскрышных работ и рекомендованы в качестве типовых для проектирования горных работ на карьерах бассейна.

Установление параметров работы основного горно-транспортного оборудования в основном производится по известным методикам. Однако горно-геологические условия месторождений горно-химического сырья потребовали проведения специальных исследований по уточнению параметров работы отдельных видов оборудования.

Анализ геологического строения месторождений показал, что в основном вскрышные уступы, отрабатываемые роторными комплексами, на карьере бассейна сложены однородными породами и могут рассматриваться как квазиизотропные массивы. Однако на отдельных участках массива имеются зоны тектонических нарушений, характеризующиеся повышенной трещиноватостью пород.

В связи с наличием зон тектонических нарушений оптимизация устойчивости параметров забоя производилась отдельно для квазиизотропного и анизотропного массива. На основании проведенных исследований для условий карьеров Предкарпатского бассейна реко-

мендовано принимать высоту уступа, обрабатываемого роторными экскаваторами типа SR5 -2400 верхним черпанием, равной 30 м, вместо 23 по проекту. В зонах тектонических нарушений высоту уступа необходимо понижать до 23 м, используя для этого экскаватор ЭШ-10/70. Кроме того разработаны рекомендации по повышению проходимости роторных экскаваторов в зонах тектонических нарушений. Предложенные рекомендации позволили на 12 % увеличить коэффициент использования экскаватора во времени и значительно повысить его производительность. Рекомендуемые параметры забоя внедрены на Подоросненском руднике РПО "Сера". Технические решения защищены а.с. № 1476134.

Другим резервом повышения производительности роторных экскаваторов является снижение до минимума объемов переувлажненных четвертичных суглинков, оставляемых в подошве уступа, разрабатываемого способом гидромеханизации, переувлажненных неогеновых глин верхнего слоя третичной толщи. Разработку водонасыщенных пород по контакту третичных и четвертичных отложений предложено производить шагающим экскаватором типа ЭШ-10/60. Четвертичные породы недомыва и неогеновые глины верхнего слоя складываются в навал с последующим размывом его гидромониторной установкой.

Работоспособность данной схемы доказана промышленным экспериментом в условиях Центрального карьера ЯГХЗ. Эффективность работы схемы достигается при смешивании 40 % неогеновых глин и 60 % четвертичных суглинков рис. 4. Экономический эффект от

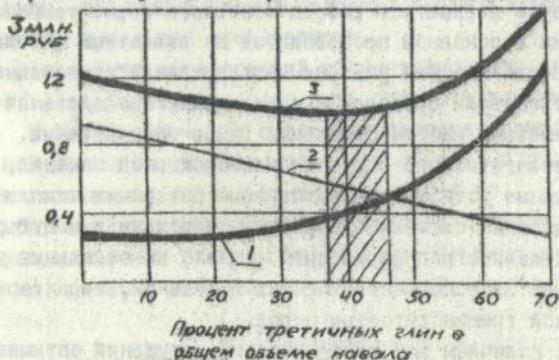


Рис. 4. Изменение затрат на разработку в зависимости от соотношения четвертичных пород и неогеновых глин. 1.-Затраты на гидромониторный размыв. 2.- Затраты на разработку экскаваторами ЭШ-8 и автотранспортом. 3.- Суммарные затраты.

внедрения данной схемы на Центральном карьере Язовского месторождения составил 56 тыс. рублей.

Известно, что на высоту внутренних отвалов (и, как следствие на их емкость) в значительной мере влияет величина порового давления в основании глинистых отвалов при их уплотнении, а также увлажнение нижней части отвала при повышении уровня грунтовых вод в выработанном пространстве.

Для уменьшения отрицательного воздействия перечисленных факторов необходима селективная отсыпка внутренних отвалов со складированием скальных пород в основание и сооружения в основании отвала специальных дренажей.

Получены зависимости параметров бестранспортной системы разработки основного надрудного уступа от мощности селективно складированных в основании скальных пород (рис. 5).

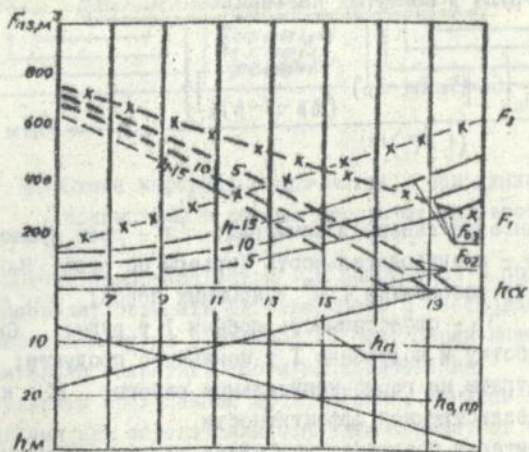


Рис. 5. Зависимость основных параметров системы разработки от мощности скальных пород, складированных в основании внутренних отвалов.

При этом установлено, что при средней мощности пород скальной вскрыши  $h_{ск} = 11,2$  м, общая высота внутренних отвалов при их селективной отсыпке может составлять 64 м, против 55 м при валовой отсыпке, коэффициент запаса прочности при этом составляет 1,43. Этот принцип был положен в основу рекомендованной для условий бассейна технологической схемы разработки основного надрудного уступа по бестранспортной системе с селективным складированием скальных пород во внутренние отвалы и вскрытием рудного пласта скользящими с/ездами, с размещением фланговых выездных траншей на кровле известнякового горизонта. Технические решения защищены а.с. № 992739, № 1061381, № 1049662. Данные схемы внедрены в техно-рабочий проект расширения мощности Язовского рудника, эффект от внедрения составил 300 тыс. рублей.

Для экономической оценки и выбора оптимального варианта направления развития фронта горных работ рекомендован критерий приведенной прибыли, полученной в результате реализации конечного продукта произведенного из добытой руды и отнесенной к балансовым запасам руды в контурах карьера:

$$\frac{1}{Q_{бвн}} \sum_{i=1}^T \frac{100}{Q_{ri}(\delta\beta - \gamma - \beta)_x} \left\{ C_{оп} \left[ (3_{ei} k_{ei} - 3_p) \frac{100}{(\delta\beta - \gamma - \beta)_x} \right] \right\} - 3_r \rightarrow \max \quad (20)$$

где  $Q$  - балансовые запасы в контурах;  $T$  - срок существования карьера;  $Q_{ri}$  - производительность карьера по руде;  $3_{ei}$  - усредненная стоимость разработки  $1 \text{ м}^3$  вскрышных пород;  $k_{ei}$  - коэффициент вскрыши;  $3_p$  - себестоимость добычи  $1 \text{ т}$  руды;  $C_{оп}$  - затраты на переработку и получение  $1 \text{ т}$  конечного продукта; - приведенные затраты на горно-капитальные работы;  $E$  - коэффициент народнохозяйственной эффективности.

Данный критерий позволяет учитывать влияние полноты извлечения балансовых запасов при выборе направления развития фронта работ и будет способствовать более рациональному использованию недр.

Предложенный в работе комплекс методик и алгоритмов, объединен геологическим и технико-экономическим информационным обеспечением в подсистему инженерных расчетов, позволяющую производить с использованием ЭВМ оконтуривание месторождений, расчеты кален-

дарных графиков их обработки, установление основных технико-экономических показателей периода строительства и освоения производственной мощности проектируемых карьеров и определение рационального направления развития фронта горных работ.

Схема функционирования подсистемы представлена на рис. 6

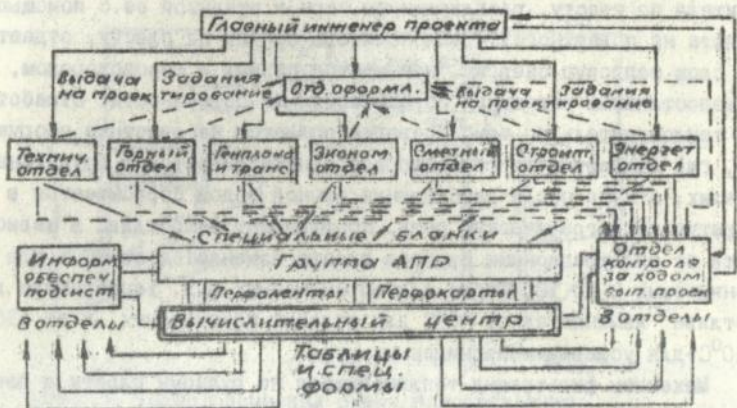


Рис. 6. Схема информационных потоков при функционировании подсистемы в режиме детальных расчетов.

Внедрение комплекса методов и алгоритмов в практику проектирования позволит повысить достоверность и обоснованность принимаемых решений и путем частичной автоматизации инженерных расчетов значительно сократить сроки проектирования.

Результаты проведенных исследований, являясь теоретическими предпосылками для определения основных параметров как эксплуатируемых серных карьеров (Центральный, Южный - Яворовского ПО "Сера"; Северный и Подорожненский - Роздольского ПО "Сера"; Южный и Северо-Восточный - Гаурдакского серного завода), так и вновь проектируемых серных (Любвицкого - Роздольского ПО "Сера", Северного - Яворовского ПО "Сера"; Северо-Западного - Гаурдакского серного завода), фосфоритовых (Рагновское и Осмыновское месторождения), а также слатитовых (Стремигородское месторождения).

### 3. Исследования закономерностей фильтрации теплоносителя и разработка технологии эксплуатации методом ПЭС слабопроницаемых залежей

Сущность метода подземной выплавки серы ПЭС заключается в подаче в пласт по специально оборудованным скважинам теплоносителя (нагретой до  $160^{\circ}\text{C}$  очищенной речной воды); фильтрацией теплоносителя по пласту, расплавлением серы и откачкой ее с помощью эрлифта на поверхность. Теплоноситель пройдя по пласту, отдает ему свою тепловую энергию, насыщается солями и сероводородом, и по водоотливным скважинам сбрасывается на поверхность. Отработанный теплоноситель по трубопроводам подается на очистные сооружения, где очищается от сероводорода и накапливается в прудах-накопителях, откуда после разбавления речной водой сбрасывается в открытую гидрографическую сеть. Коэффициент водоотлива в зависимости от фильтрационных свойств пласта изменяется от 80 % для проницаемых и до 100 %-для слабопроницаемых руд. Температура водоотлива изменяется от  $40^{\circ}\text{C}$  для условий проницаемых, и до  $130-140^{\circ}\text{C}$ -для условий непроницаемых руд.

Механизм фильтрации теплоносителя по рудному пласту и распределение тепловых полей в системе "теплоноситель - рудное тело" в зависимости от мощности пласта, его проницаемости, минерализации и количества пластовых вод, имеет существенные отличия. В проницаемых рудных залежах мощностью до 20 м и минерализацией пластовых вод до 100-150 мг/л, пресный теплоноситель в первоначальный период эксплуатации смешиваясь с пластовой водой, оттесняет последнюю на периферию обрабатываемого блока. Новые порции теплоносителя фильтруя по пласту, создают последнему тепловую энергию, которая тратится на разогрев вмещающих пород и на выплавку серы. В залежах мощностью от 20 до 100 м при наличии пластовых вод с минерализацией свыше 200 мг/л теплоноситель, плотность которого ниже плотности пластовых вод, всплывает в кровлю залежи, мигрирует к зонам разгрузки (водоотливным скважинам). Процесс выплавки серы в этом случае осуществляется в зоне всплытия теплоносителя и в зоне его движения по верхней части пласта. При достижении определенных размеров этих зон, процесс выплавки практически прекращается. Таким образом, эффективность процесса выплавки серы может регулироваться плотностью теплоносителя. Исследованиями установлено, что оптимальные усло-

вия выплавки серы достигаются при плотности теплоносителя на 2-3 % выше плотности пластовых вод.

Этот принцип положен в основу разработанного способа подземной выплавки серы с использованием утяжеленного теплоносителя (а.с. 1343917).

Сущность способа заключается в следующем (рис. 7).

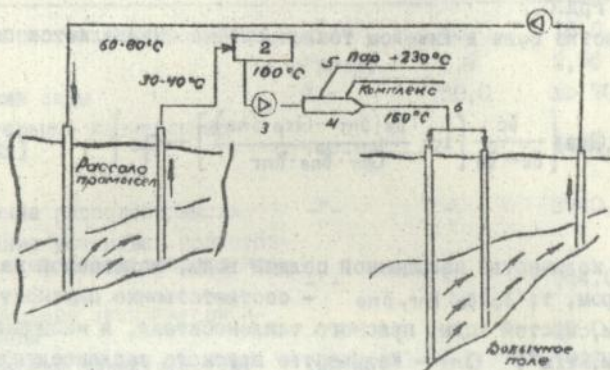


Рис. 7. Технологическая схема приготовления утяжеленного теплоносителя.

Условные обозначения:

- 1.-Насос для перекачки пластовой воды. 2.-Дезаэратор. 3.-Насос для перекачки утяжеленного теплоносителя с  $t = 100^{\circ}\text{C}$ . 4.-Теплообменник. 5.-Паропроводы. 6.-Магистральные трубопроводы.

Исходная вода насосом закачивается в скважины рассолопромисла, находящегося на расстоянии 1,5 км от добычного поля. Проходя через пласт каменной соли отработанный теплоноситель растворяет последнюю, насыщаясь до содержания 35-40 %  $\text{NaCl}$ , и подается в атмосферный дезаэратор, где нагревается до  $t = 100^{\circ}$ . При этом из раствора удаляют растворенные газы ( $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  и др.). Из дезаэратора раствор поступает в контактный подогреватель. В подогревателе воду смешивает с водяным паром, поступающим по паропроводу. В результате получают минерализованный утяжеленный теплоноситель, который по трубопроводу 6 подается в серодобычные скважины.

Соотношение расходов пара и насыщенной солями воды определяется из выражения

$$\frac{Q_n}{Q_{тр}} = \frac{t_{тр} - t_{тр}}{t_{тр} - t_{тр}} \quad (21)$$

где  $Q_n$  - расход пара, т;  $Q_{тр}$  - расход насыщенной солями воды, т;  $t_{тр}$  - температура насыщенного солями теплоносителя, град.С;  $t_{тр}$  - температура насыщенной солями воды, град.С;  $t_{тр}$  - температура пара, град.С.

Количество соли в тяжелом теплоносителе определяется по выражению:

$$Q = Q_{пе} \left\{ \frac{\delta_c}{\delta_c - \delta_e} \left[ 1 - \frac{\delta_e (\delta_{пт} - Q_{тр} \delta_{пе})}{Q_{пт} \cdot \delta_{пе} \cdot \delta_{пт}} \right] - Q_c \right\} \quad (22)$$

где  $Q_{пе}$  - количество насыщенной солями воды, подаваемой на смешение с паром, т;  $\delta_c, \delta_e, \delta_{пт}, \delta_{пе}$  - соответственно плотности каменной соли, чистой воды, пресного теплоносителя, и насыщенной солями воды, т/м<sup>3</sup>;  $Q_{пт}$  - количество пресного теплоносителя (пара), подаваемого на смешение, т;  $Q_{тр}$  - количество тяжелого теплоносителя, подаваемого на смешение, т;  $Q_c$  - массовая доля соли в пластовой воде.

Для предотвращения выпадания твердого осадка (накипи) на внутренних поверхностях подогревателя и водоводов в контактный нагреватель вводят в качестве ингибитора солеотложений комплексоны.

Реализация данного способа предусматривается в условиях Гаурдакского серного рудника.

Сравнение основных технико-экономических показателей использования в процессе пресного и утяжеленного теплоносителя приведено в табл. 6.

Анализ таблицы показывает, что внедрение технологии ПВС с использованием утяжеленного теплоносителя только в условиях Гаурдакского рудника позволит: снизить в 2,5 раза удельный расход теплоносителя; повысить на 20 % извлечение серы из недр; уменьшить потребление свежей речной воды; уменьшить расход топлива за счет сокращения потребления пара. По результатам проведенных исследований выданы исходные данные на проектирование опытно-промышленной установки по приготовлению утяжеленного теплоносителя.

Таблица 6

Сравнительные показатели применения  
утяжеленного теплоносителя

Наименование показателей	Едн. изм.	Базовый вариант	Вариант с использованием тяжелого теплоносителя
Удельный расход теплоносителя	м <sup>3</sup> /т	40,0	16,0
	Гкал/т	6,4	2,56
Извлечение серы	%	50,0	до 70,0
Дополнительные капитальные вложения	тыс. руб	-	4484,4
в т.ч.			
на создание рассолопровода	"	-	3740,0
на создание установки приготовления утяжеленного теплоносителя	"	-	744,0
Дополнительные эксплуатационные расходы	"	-	1350,0
Экономическая эффективность	<u>тыс. руб</u> ГСД	-	1920,0
Срок окупаемости	лет	-	2,3

В слабопроницаемых залежах фильтрация теплоносителя практически отсутствует.

Для достижения связи между скважинами используется гидравлический разрыв с последующими кислотными обработками. В этом случае обеспечивается гидравлическая связь между скважинами и их приемистость возрастает от 0 до 15-20 м<sup>3</sup>/час. Однако трещины гидроразрыва в процессе вылазки трансформируются в отдельные каналы диаметром до 30 мм и осуществить нормальный процесс ПЭС при этом практически невозможно.

Эффективная вылазка серы в этом случае может быть достигнута только при условии создания в почве пласта проницаемой зоны по всей площади. При этом тепловая энергия теплоносителя подводится снизу и осуществляется площадной прогрев пласта за счет теплопроводности рудного массива.

Расплавленная сера под действием сил гравитации опускается вниз и выносится из зоны плавления потоком теплоносителя в виде

сероводяной смеси. Постоянный подвод свежего теплоносителя к кровле камеры плавления достигается за счет соответствующего перераспределения гидротоков теплоносителя по выплавленному пористому скелету. Скорость движения теплоносителя в выплавленной зоне должна обеспечивать интенсивное движение как теплоносителя, так и сероводяной смеси в пределах всего блока т.е. обеспечивать турбулентное их движение.

При этом удельный расход теплоносителя на выплавку 1 т серы определяется по выражению:

$$q = \frac{Q_2 T}{S_{бл} \delta_s h K_{из} \rho_s} \text{ м}^3/\text{т} \quad (23)$$

где  $Q_2$  - часовой расход теплоносителя, определяемый в зависимости от площади блока  $S_{бл}$   $\text{м}^2/\text{час}$ ;  $T$  - время выплавки блока на высоту  $h$ , равную мощности пласта, час;  $S_{бл}$  - площадь выплавленного блока,  $\text{м}^2$ ;  $\delta_s$  - содержание серы в руде, в долях единицы;  $h$  - мощность рудного пласта, м;  $K_{из}$  - извлечение серы в долях единицы.

Производительность блока по выплавленной сере определится по выражению

$$A = \frac{S_{бл} \delta_s \rho_s h K_{из}}{T} \text{ т/час} \quad (24)$$

где  $\rho_s$  - плотность серы.

Исследованиями, проведенными совместно с кафедрой разработки рудных месторождений и горной теплофизики Ленинградского горного института установлено следующее: - расход теплоносителя при рекомендуемой схеме составит  $19 \text{ м}^3/\text{т}$  против существующего  $40 \text{ м}^3/\text{т}$ ; - извлечение серы из недр составит 60 % против достигнутого - 40 %; - себестоимость 1 т добываемой руды снизится в 2,5 раза.

Для реализации предложенного способа выплавки серы с площадным восходящим прогревом залежи предложен комбинированный способ (а.с. 1535092, 1044063, 1279296, 1398509, 1358514, 1473412).

Сущность способа заключается в создании в нижней части залежи зоны фильтрации по всей площади рудного пласта в пределах обрабатываемого блока. Зона фильтрации создается путем взрывания зарядов ВВ в горизонтальных скважинах тройденных в подошве рудного

пласта. Осуществление способа возможно по двум направлениям: шахтной подготовкой рудной залежи с последующим бурением горизонтальных скважин для взрывания, или бурением серии наклонно-горизонтальных скважин с поверхности, с последующим взрыванием в горизонтальной части суспензированных жидких ВВ. При шахтном способе подготовку серную залежь вскрывают вертикальными стволами 2 и выработками 3 проходимыми за контурами залежи (рис.8).

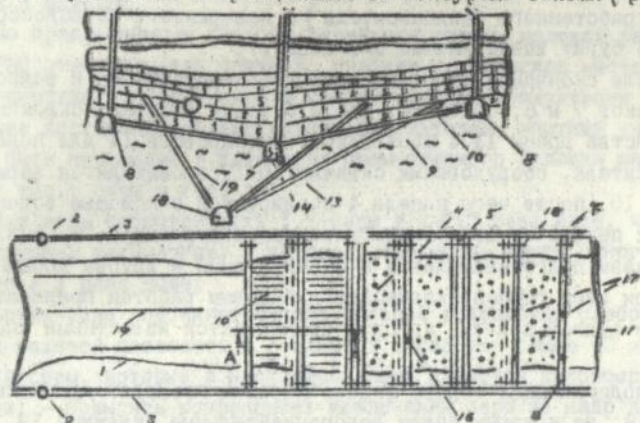


Рис. 8. Комбинированный способ разработки серных месторождений.

Залежь делят на добычные панели 4, ширину которых определяют в зависимости от мощности рудника, параметров залежи и возможностей буровой техники (например, из условий возможности прохождения скважин без искривлений). Добычные панели 4 разделяются междупанельными охранными целиками 5, ширину которых определяют из условия сохранения зон 6 дробления. В каждой добычной панели 4 в наиболее пониженных отметках подошвы залежи проходят серосборный штрек 7, а в повышенных частях на границах панели проходят водозаборные штреки 8. Указанные штреки проходят в кровле подстилающих водоупорных пород. Из серосборного штрека 7 бурят наклонно-горизонтальные взрывные скважины 10, которые располагаются на расстоянии от 0,5 до 0,8 м от подошвы залежи. Для обеспечения эффективности взрывания скважин 10 на границах блоков II проходят сбойки 12. Для сбора и транспортировки жидкой серы по серосборному штреку 7 устраивают специальную дренаж 13

из перфорированных труб и щебеночной обсыпки. Внутри дрены 13 прокладывается трубопровод 14, служащий для подачи теплоносителя и одновременно для обогрева дрены и предотвращения застывания серы. Трубопровод 14 имеет специальные выпуски для равномерного распределения теплоносителя вдоль серосборного штрека 7. Для откачки серы с поверхности на серосборный штрек 7 бурятся скважины 15 и скважины 16 для подачи теплоносителя. Для откачки пластовой воды (отработанного теплоносителя) с поверхности на водосборные штреки 8 бурят водоотливные скважины 17.

После окончания работ по проходке серодобычных и водоотливных штреков 7 и 8, сбоек 12, после бурения взрывных скважин 12 и устройства дрены 13 с прокладкой трубопровода 14 для подачи теплоносителя, оборудования скважин 15-17 производится взрывание скважин 10, после чего панели 4 изолируются с помощью водонепроницаемых перемычек 18, устанавливаемых в штреках 7, 8. Аналогичным образом подготавливаются к эксплуатации и другие добычные панели. При этом горнопроходческим и буровым работам предшествует осушение рудной залежи, которое производится известными способами.

В подстилавших серную залежь породах проходят дренажные штреки 18, из которых бурят водопонизительные скважины 19, с помощью которых дренируют пластовую воду, отводят ее в центральный водосборник и далее на поверхность. Для обеспечения безопасного ведения проходческих и эксплуатационных работ панели должны быть расположены так, чтобы между эксплуатируемой и подготавливаемой панелями находилась, как минимум, одна полностью готовая и изолированная перемычками 18 панель 4, из которой при необходимости производят удаление "проскоков" теплоносителя из эксплуатируемой панели.

Всего на добычном участке должно находиться не менее четырех панелей: эксплуатируемая, резервная, в подготовке, в осушении.

Процесс подземной выплавки серы осуществляется в следующей последовательности.

Теплоноситель подается по скважинам 16, пробуренным с поверхности на серосборный штрек 7 и далее по трубопроводу 14, проложенному в дрене 13 выпускается в серодобычный штрек, откуда через зону дробления 6 поступает в приподовленную часть пласта, движется по ней к водоотливному штреку и плавит серу. При этом теплоноситель занимает верхнее положение по отношению к сере, которая под

действием сил гравитации стекает в зону дробления 6 и далее в серосборный штрек 7, где по дрене 13 поступает к скважине 15 и откачивается на поверхность.

В результате постоянного движения теплоносителя по контакту плавления серы от подошвы залежи к ее кровле осуществляется сплошная восходящая выплавка серы и зона охвата залежи плавлением близка к единице.

По предложенному способу обработки серных залежей разработано ТЭО строительства опытного участка на Язовском месторождении мощностью 50 тыс. т серы в год со сроком эксплуатации 7-8 лет. В случае достижения положительных результатов, опытный участок может быть переведен в категорию промышленного рудника мощностью 50-100 тыс. т серы в год.

При этом себестоимость 1 т серы в 2-2,5 раза ниже, чем при существующей технологии, а производительность труда одного работающего в 3 раза выше.

Применение комбинированного способа разработки слабопроницаемых залежей позволит: - вовлечь в разработку свыше 90 млн. т запасов серы, которые в настоящее время являются законсервированными; - повысить коэффициент извлечения серы из недр до 50 %, при существующем 40 %; - уменьшить удельный расход теплоносителя за счет увеличения зоны охвата пласта плавлением и максимального использования тепла на выплавку серы; - уменьшить отчуждение земель под горные работы; - значительно уменьшить капитальные и эксплуатационные расходы при эксплуатации серных месторождений.

#### 4. Перспективы развития производства серы и фосфатов на базе эффективного освоения имеющихся ресурсов серосодержащего и фосфатного сырья

Украина располагает значительными ресурсами серосодержащего и фосфатного сырья. Однако освоение ресурсов серосодержащего сырья сдерживалось как низкой эффективностью применяемых технологий добычи природной серы, так и отсутствием технических решений по получению серы из углей, отходящих газов ТЭЦ, и добычи серы методом ПЭС из слабопроницаемых залежей.

Освоение ресурсов фосфатного сырья сдерживалось в основном централизованным планированием производства и потребления фосфатов в рамках бывшего Союза с ориентацией на развитие производства

данного вида продукции на Кольском полуострове и в Казахстане. Эти обстоятельства привели к резкому увеличению дефицита промышленности Украины как в сере, так и в фосфатах.

Проведенный автором комплекс исследований позволил разработать теоретические основы и практические рекомендации по повышению эффективности использования потенциальных сырьевых ресурсов и создать предпосылки для увеличения объемов производства серы и фосфатов как путем совершенствования параметров традиционных технологий разработки эксплуатируемых, так и вовлечением в эксплуатацию перспективных месторождений, на базе принципиально новых технологий. При этом стоимостные показатели производства продукции соответствуют мировым ценам.

Обобщающим результатом проведенных исследований явились разработанные под руководством и с непосредственным участием автора государственные программы "Сера Украины" и "Фосфор Украины".

Программа "Сера Украины" предусматривает:

I. Обеспечить производство серы на Яворовском ПО "Сера" Язовский рудник ОГР в объемах 1000 тыс.т до 2011 года и на Роздольском ПО "Сера" Подорожненский рудник ОГР в объеме 330 тыс.т до 2003 года.

2. Ввести с 1996 г. в эксплуатацию рудник ОГР на Любеньском месторождении, мощностью 300 тыс.т в год.

3. Ввести в эксплуатацию с использованием комбинированного способа разработки рудники ПЭС на слабopоницаемых залежах Немировского (ввод в эксплуатацию 1998 г., мощность 300 тыс.т в год) и Загайпольского (ввод в 1999г., мощность 200 тыс.т в год) месторождений.

4. Создать в 1996 году опытно-промышленную установку по обессериванию углей с получением 50 тыс.т серы в год и доведением объемов производства серы до 600-650 тыс.т.

5. Создать в 1995 году опытно-промышленную установку по утилизации выбросов  $SO_2$  из отходящих газов ТЭЦ на мощность 50 тыс.т серы в год с увеличением объемов получения серы до 400-450 тыс.т в год.

Календарный график прогнозируемых объемов производства серы приведен в таблице 7.

Таблица 7

Прогнозируемые объемы производства серы, тыс.т

Наименование производств	Г о д ы							
	:1993	:1994	:1995	:1996	:1997	:1998	:1999	:2000
Язовский рудник ОГР	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Подорожненский рудник ОГР	330	330	330	330	330	330	300	300
Любеньский рудник ОГР.	-	-	-	-	-	300	300	300
Немировский рудник ПЭС кондиционные руды	175	134	104	104	100	100	-	-
Немировский рудник ПЭС сла- бопроницаемые руды	-	-	-	-	-	150	300	300
Загайпольский рудник ПЭС сла- бопроницаемые руды	-	-	-	-	-	-	200	200
Сера из углей	-	-	-	-	20	30	40	50
Сера из отходя- щих газов ТЭЦ	-	-	10	20	40	50	50	50
Итого:	1505	1464	1444	1454	1490	2030	2190	2200
Потребность про- мышленности Украины в сере	1862	1889	1306	1910	1910	1910	1910	1910
	-357	-425	-462	-456	-420	+120	+280	+290

Таким образом, реализация программы "Сера Украины" позволит уже к 1998 году обеспечить промышленность Украины в сере.

Программа "фосфор Украины" предусматривает:

- I. Ввести мощности по производству фосфоритовых концентратов:
  - на базе Ратновского месторождения - 500 тыс.т в 1996 году;
  - на базе Семновского месторождения - 600 тыс.т в 1999 году;
  - на базе Маневичского месторождения - 1200 тыс.т в 1996 году.

2. Ввести мощности по производству апатитового концентрата:  
- на базе Стремигородского месторождения 620 тыс.т в 1998 году;  
- на базе Новополтавского месторождения - 600 тыс.т в 2000 году.

Реализация программы "Фосфор Украины" позволит к 1999 году полностью обеспечить сельское хозяйство Украины в фосфоритовом концентрате для производства фосфорной муки и частично ликвидировать дефицит промышленности в апатитовом концентрате.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе дано решение важной народно-хозяйственной проблемы - разработка методов повышения эффективности использования сырьевых ресурсов, обеспечивающих увеличение объемов производства и стоимость производимой продукции на уровне мировых цен и обоснование приоритетных направлений развития серной и фосфатной отраслей промышленности Украины. Для решения этой проблемы выполнены исследования потенциальных ресурсов серосодержащего и фосфатного сырья Украины и определены первоочередные объекты освоения; разработаны критерии и методика геометризации на ЭВМ элементов месторождений горно-химического сырья, позволяющая оптимизировать на основе повариантных расчетов параметров проектируемых карьеров; разработана методика установления производственной мощности карьера на момент ввода в эксплуатацию и определения оптимальных сроков освоения его проектной мощности, проведены теоретические и экспериментальные исследования, обоснованы и проверены в промышленных условиях области эффективного применения основного горно-транспортного оборудования для производства горных работ на карьерах горно-химического сырья; установлены закономерности фильтрации теплоносителя и распределения тепловых полей в системе "теплоноситель - рудное тело" в различных гидрогеологических условиях и разработана технология добычи серы из слабопроницаемых руд; установлены перспективы развития производства серы и фосфатов на базе эффективного освоения имеющихся ресурсов серосодержащего и фосфатного сырья Украины.

Основные выводы диссертации заключаются в следующем:

I. Доказано, что геометризация элементов горизонтальных месторождений на ЭВМ, определение контуров карьера и поверхностные

расчеты календарных планов его отработки может эффективно производиться на основе табличных данных результатов детальной геологической разведки без предварительных построений планов изомощностей. При этом расхождение результатов расчетов на ЭВМ от результатов, полученных традиционными методами не превышает  $\pm 5\%$ .

2. Впервые предложены критерии оптимизации основных параметров проектируемых карьеров, основанные на сопоставлении стоимостных показателей производимой продукции с уровнем мировых цен.

3. Установлено, что ввод карьеров по добыче серных руд и фосфатов в условиях дефицитности продукции при ее высокой стоимости на мировом рынке должен осуществляться на мощность 20 - 25 % от проектной, а сроки освоения проектной мощности, в зависимости от объемов горно-капитальных работ и годовых объемов вскрыши, составлять от 1,5 до 5 лет.

4. Исследована зависимость высоты внутренних отвалов от мощности скальных пород, селективно укладываемых в основания отвалов, предложена методика расчета параметров бестранспортной системы разработки основного надрудного уступа, позволяющая за счет селективного складирования скальных пород увеличить высоту внутренних отвалов с 55 до 64 м.

5. Исследованы закономерности фильтрации теплоносителя в различных гидрогеологических условиях при отработке серных месторождений методом ПЭС. Установлено, что эффективность процесса выплавки серы может регулироваться плотностью теплоносителя. Доказано, что применение в процессе выплавки теплоносителя с плотностью на 2-3 % выше плотности пластовых вод создает оптимальные условия теплопередачи в системе "теплоноситель - рудное тело", позволяет в 2,5 раза снизить удельный расход тепла на выплавку 1 т серы и повысить коэффициент выплавки серы из недр на 20 %.

6. Разработана технология выплавки серы методом ПЭС для условий слабопроницаемых залежей и предложены технические решения для ее реализации. Внедрение данной технологии позволит: вовлечь в отработку свыше 90 млн. т запасов серы, которые в настоящее время законсервированы; повысить коэффициент извлечения серы из недр до 60 % при существующем до 40 %; уменьшить в 2 раза удельный расход тепловой энергии за счет увеличения зоны охвата пласта плавлением и максимального использования тепла.

7. На основе полученных в работе результатов разработаны и утверждены правительством Украины республиканские программы "Сера

Украины" и "Фосфор Украины". Их реализация позволит уже в 1998 году полностью покрыть дефицит по сере, обеспечить к 1999 г. сельское хозяйство фосфоритной мукой и частично ликвидировать дефицит промышленности в апатитовом концентрате.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах.

1. "Обоснование эффективной технологии открытой разработки месторождений Предкарпатского сероносного бассейна". Горнорудная промышленность, К. Техника, 1972, с. 71-74. Соавторы Новожилов М.Г., Пчелкин Г.Д., Гуменник И.Л., Копач П.И., Реутский В.Ф.
2. "Определение оптимального объема горной массы, взрываваемой при бестранспортной системе разработки" Кн. "Добыча и переработка серных руд Роздольского месторождения". М. Недра, 1973, с. 154-158. Соавторы Ткаченко А.П., Гуменник И.Л., Копач П.И., Винокуров Ю.
3. "Опыт ускоренного строительства Подорожненского карьера" Кн. "Добыча и переработка серных руд Роздольского месторождения" М., Недра, 1973, с. 146-151. Соавторы Иванников И.А., Кушель Н.П., Реутский В.Ф., Новосад Л.Г.
4. "Исследование комплекса вопросов открытой разработки карьерных полей ЯГХ". Горнорудная промышленность, К., Техника, 1973, с. 28-32.
5. "Организация буровзрывных работ при бестранспортной системе разработки" Опыт эксплуатации серных месторождений. М., Недра, 1973, с. 28-31. Соавторы Пчелкин Г.Д., Гуменник И.Л.
6. "Установление эффективной технологии и методов организации и планирования горных работ на карьерах Яворовского горнохимического комбината". Горнорудная промышленность. К., Техника, 1975, с. 18-21. Соавторы Пчелкин Г.Д., Гуменник И.Л.
7. "Установление эффективной технологии и методов организации планирования и оперативного управления при строительстве и освоении производственной мощности карьера ЯГХ". Горнорудная промышленность, К., Техника, 1976, с. 34-39. Соавторы Новожилов М.Г., Пчелкин Г.Д., Гуменник И.Л.
8. "О создании автоматизированной подсистемы проектирования параметров карьеров на горизонтально залегающих месторождениях" Горный журнал, 1977, № 9, с. 60-62. Соавторы Пчелкин Г.Д., Гуменник И.Л.

9. "К выбору технологической схемы производства вскрышных работ на Южном карьере Язовского месторождения" Реф.сб. ГИТХСа "Промышленность горнохимического сырья" М., НИИГЭХИМ, вып. 4, с. 7-9. Соавторы Реутский В.Ф., Левченко Н.К. .
10. "Установление производственной мощности серных карьеров". Сб. научн.тр. "Самородная сера", НИИГЭХИМ, 1978, с. 12-19.
11. "Особенности бестранспортной системы разработки для карьеров с одной фланговой въездной траншеей". Сб.научн.тр. "Самородная сера", М., НИИГЭХИМ, 1978, с. 19-22. Соавторы Реутский В.Ф., Левченко Н.К. .
12. "Анализ работы карьеров Предкарпатского сероносного бассейна". Сб.научн.тр. "Самородная сера". М., НИИГЭХИМ, 1978, с. 23-29. Соавторы Реутский В.Ф., Левченко Н.К., Мусатов В.Ю., Андришин Н.И. .
13. "Вскрытие карьерных полей Предкарпатского бассейна фланговыми траншеями". Сб.научн.тр. "Самородная сера" М., НИИГЭХИМ, 1978, с. 29-33. Соавторы Левченко Н.Ю., Мусатов В.Ю. .
14. "Математическая модель бестранспортной системы с селективным отвалобразованием". Сб.научн.тр. "Самородная сера", М., НИИГЭХИМ, 1978, с. 33-37. Соавторы Левченко Н.К., Андришин Н.И. .
15. "Состояние открытых горных работ на серных карьерах". Обзор. инф., серия "Сера и серная промышленность", М., НИИГЭХИМ, 1979, с. 1-49. Соавторы Реутский В.Ф., Коробейников Н.С.
16. "Совершенствование технологии производства вскрышных работ на Язовском руднике". Горный журнал., 1979, № 8, с. 22-23. Соавторы Реутский В.Ф., Левченко Н.К. .
17. "К вопросу установления продолжительности освоения производственной мощности серных карьеров". Сб.научн.тр. "Производство серы", М., НИИГЭХИМ, 1980, с. 3-6. Соавторы Реутский В.Ф., Левченко Н.К., Мусатов В.Ф. .
18. "Методика установления границ открытой разработки серных месторождений". Сб.научн.тр. "Технология производства горных работ на серных месторождениях". М., НИИГЭХИМ, 1980, с. 3-6. Соавторы Уваров Я.Ф., Коробейников Н.С. .
19. Производство буровзрывных работ на серных карьерах. Учебное пособие для рабочих профессий. М., НИИГЭХИМ, 1980, с. 1-90. Соавтор Брикатый Б.Л. .

20. "Способы увеличения приемистости скважин при отработке методом ПВС месторождений с низкими фильтрационными свойствами". Обзор.инф., серия "Сера и серная промышленность", М., НИИГЭХИМ; 1982, с.1-35. Соавторы Заярнюк В.М., Иванищук Я.Н., Дубиковский Ю.С., Михарчук М.А., Ивасив С.М., Бальченко Л.П., Матийчук В.В. .
21. "Исследование возможности повышения производительности установок гидромеханизации на Язовском руднике" Сб.научн.тр. "Производство горных работ на серных месторождениях". М., НИИГЭХИМ, 1982, с. 3-5. Соавтор Брижатый В.Л. .
22. "Перспективы вовлечения в эксплуатацию месторождений серы с низкими фильтрационными свойствами рудной залежи". Тез.докл. Всес.совещания "Проблемы технологии подземной выплавки для залежей с низкими фильтрационными свойствами и создание системы оборотного водоснабжения", Черкассы, 1983, с. 3-4. Соавторы Реутский В.Ф., Ивасив С.М. .
23. "Расчет конструкций узловых элементов скважин для ПВС". Тез. докл.Всес.сов. "Проблемы технологии подземной выплавки для залежей с низкими фильтрационными свойствами и создание системы оборотного водоснабжения", Черкассы, 1983, с. 54-55. Соавторы Лесив В.И., Чигирик В.М., Виноградов Д.Л. .
24. "Состояние и перспективы разработки серных месторождений методом ПВС". Тез.докл. III Всес.конф. по геотехнологическим методам добычи полезных ископаемых "Проблемы геотехнологии", сост. в г.Люберцы 3-6.X.82г., Черкассы, 1983, с. 3-7. Соавторы Костырко А.С., Реутский В.Ф., Ивасив С.М. .
25. "Устойчивость отвалов на серных карьерах и борьба с их деформациями". НИИГЭХИМ, Москва, 1984, с. 1-45. Соавторы Маркович Л.П., Реутский В.Ф., Марченко Л.С. .
26. "Опыт подземной выплавки серы на Гаурдакском месторождении". Обзор.инф., серия "Сера и серная промышленность", М., НИИГЭХИМ, 1984, с. 1-38. Соавторы Филенко Г.Д., Кужель Н.П., Ивасив С.М., Виноградов Д.Л., Бальченко Л.П. .
27. "Исследование условий и обеспечение проходимости роторных экскаваторов на Центральном карьере ЯПО "Сера", Горный журнал, 1984, № 6, с. 22-24. Соавторы Маркович Л.П., Коробейников Н.С., Гайдучок Я.В. .

28. "Анализ сырьевой базы Гаурдакского серного завода". Сб. научн. тр. "Сера", М., НИИТЭХИМ, 1985, с. 138-143. Соавторы Брижатый В.Л., Коробейников Н.С.
29. "Особенности формирования зон плавления при ПВС". Сб. научн. тр. "Добыча серы", 1985, с. 48-52. Соавторы Озерко Н.Г., Ивасив С.М.
30. "Технология работы роторных экскаваторов на уступах с прослойками цементированного мергеля". Сб. научн. тр. "Совершенствование горных работ на серных месторождениях". М., НИИТЭХИМ, 1985, с. 108-111.
31. Производство открытых горных работ на серных карьерах. Учебное пособие для рабочих профессий. М., НИИТЭХИМ, 1986.
32. "Пути повышения эффективности работы экскаваторов типа ЭКГ и автотранспорта на Центральном карьере ЯПО "Сера". Рук. деп. в ОНИИТЭХИМ, № 781-хп-86, 17.06.86. Соавторы Брижатый В.Л., Остапчук Я.С.
33. "Технология эксплуатации Гаурдакского месторождения методом ПВС". Сб. научн. тр. "Технология и физико-химические свойства серы", М., НИИТЭХИМ, 1986, с. 35-44. Соавторы Филенко Г.Д., Виноградов Д.Л.
34. "Динамика производства элементарной серы в стране". Сб. научн. тр. "Сера: технология, свойства, применение", М., НИИТЭХИМ, 1987, с. 118-126. Соавторы Барановский Н.Ф., Коробейников Н.С.
35. "Пути снижения разубоживания и повышения качества серных руд". Сб. научн. тр. "Технология добычи самородной серы", М., НИИТЭХИМ, 1987, с. 101-108. Соавторы Трунов И.Т., Коробейников Н.С.
36. Методические рекомендации по определению, учету и нормированию потерь и разубоживания серной руды при строительстве и эксплуатации карьеров. Изд. П, Черкассы, 1988. Соавторы Маркович Л.П., Реутский Б.Ф., Глухманчук Г.И., Марченко Л.С., Огоновский И.М.
37. "Комбинированный способ обработки месторождений самородной серы". Сб. научн. тр. "Проблемы производства серы", М., НИИТЭХИМ, 1988, с. 43-48. Соавторы Рыбкин В.В., Ширококов Д.Е., Ивасив С.М., Миняев В.Л., Максимов А.С.
38. "Горно-геометрические модели и обоснования рационального использования серных руд при открытой добыче и переработке". Сб. научн. тр. "Охрана недр и геологической среды при эксплуа-

- тации месторождений самородной серы", М., НИИТЭХИМ, 1989, с. 69-78. Соавторы Трунов М.Т., Ковалишин В.В., Коробейников Н.С., Брижатый В.Л., Реутский В.Ф. .
39. "Определение технологических границ открытых разработок при комплексном использовании серных руд". Сб. научн. тр. "Охрана недр и геологической среды при эксплуатации месторождений самородной серы", М., НИИТЭХИМ, 1989, с. 78-85. Соавторы Трунов И.Т., Коробейников Н.С., Реутский В.Ф. .
40. Временная инструкция по определению, учету и нормированию потерь полезного ископаемого на рудниках подземной аныплавки серы Предкарпатья, Черкассы, 1990, с.1-59. Соавторы Роговский В.К., Ивасив С.М., Гайдин А.М., Озерко Н.Г. .
41. Управление структурными и технологическими свойствами горных пород с помощью силовых волн". Обзорн. инф., серия "Сера и серная промышленность", М., НИИТЭХИМ, 1990, с.1-44. Соавторы Бакал А.И., Зюган А.И., Гирич В.П., Седлер И.К. .
42. Баланс производства и потребления серы на Украине и за рубежом. Соавторы Добахов Г.Г., Подоляк В.И. . Рукопись депонирована в НИИТЭХИМ г.Черкассы, № 319-хп-92.
43. Сырьевая база фосфатной промышленности Украины. Соавторы Фиденко Г.Д. . Рукопись депонирована в НИИТЭХИМ, г.Черкассы, № 384-хп92.
44. Экономические аспекты разработки месторождений фосфатного сырья Украины. Соавтор Добахов Г.Г. . Рукопись депонирована в НИИТЭХИМ г.Черкассы, № 325-хп92.
45. К обоснованию очередности отработки месторождений фосфатов Украины Соавтор Добахов Г.Г. . Рукопись депонирована в НИИТЭХИМ г.Черкассы, № 317-хп92.
46. Установление приоритетных направлений развития серной промышленности Украины. Соавторы Добахов Г.Г., Подолян В.И. Рукопись депонирована в НИИТЭХИМ г.Черкассы, № 323-хп92.
47. А.с. 862640. Е 21 В 43/28. Устройство для образования подземных выработок через скважину Соавторы Реутский В.Ф., Ивасив С.М., Аксельруд Г.А. . № 2695751, заявлено 12.03.80г.
48. А.с. 942467. Е 21 В 43/28, Способ добычи серы Соавторы Харламов О.Д., Тютиков А.В., Дмитришин Н.С., Ивасив С.М. . № 2964539, заявлено 15.06.80 г.
49. А.с. 992739. Е 21 В 43/28. Способ открытой разработки месторождений полезных ископаемых. Соавторы Шапарь А.Г., Шпорть-

- ко В.П., Копач П.И.) . № 3335407, заявлено 31.08.81 г.
50. А.с. 1010904. Е 21 В 43/26. Способ приготовления теплоносителя из пластовой воды (Соавторы Шатенштейн Б.Г., Степанчиков А.Е., Попов Ю.Н.) . № 3335272, заявлено 31.08.81 г.
51. А.с. 1027375. Е 21 В 43/28. Серодобычная скважина (Соавторы Дубиковский Ю.С., Бочкарев А.А., Реутский В.Ф.) . № 3411716, заявлено 24.03.82 г.
52. А.с. 1044063. Е 21 В 43/28. Способ подземной выплавки серы (Соавторы Костырко А.С., Реутский В.Ф., Рыбкин В.Б.) . № 3429719, заявлено 26.04.82 г.
53. А.с. 1049662. Е 21 В 43/28. Способ внутреннего отвалообразования обводненных пород (Соавторы Шапарь А.Г., Шпортько В.П., Копач П.И.) . № 3460150, заявлено 29.06.82 г.
54. А.с. 1051281. Е 21 В 43/28. Способ отвалообразования (Соавторы Шапарь А.Г., Шпортько В.П., Копач П.И.) № 3457934, заявлено 21.06.82 г.
55. А.с. 1065306. Е 21 В 43/28. Способ подземной выплавки серы (Соавторы Цветкова Л.Б., Ивасив С.М.) . № 3466637, заявлено 6.06.82 г.
56. А.с. 1104955. Е 21 В 43/28. Способ подземной выплавки серы (Соавторы Костырко А.С., Реутский В.Ф., Рыбкин В.Б.) . № 3472328, заявлено 21.06.82 г.
57. А.с. 1112629. Е 21 В 43/28. Серодобычная скважина и способ ее эксплуатации (Соавторы Добринецкий С.И., Давидюк Д.М., Ивасив С.М.) . № 3460116/22-03, заявлено 29.06.82 г.
58. А.с. 1118105. Е 21 В 43/28. Способ добычи серы из слабопроницаемых залежей (Соавторы Реутский В.Ф., Добринецкий С.И., Шатенштейн Б.Г.) . № 3587037, заявлено 3.03.83 г.
59. А.с. 1120744. Е 21 В 43/28. Оборудование скважин для подземной выплавки серы (Соавторы Дубиковский Ю.С., Реутский В.Ф., Холякко В.Б.) . № 3612734, заявлено 30.06.83 г.
60. А.с. 1135234. Е 21 В 43/26. Способ приготовления теплоносителя для подземной выплавки серы (Соавторы Гордиенко Е.Г., Янко М.Д., Черненко Т.А.) . № 3659934, заявлено 5.11.83 г.
61. А.с. 1166340. Е 21 В 43/28. Способ добычи серы из плотных руд (Соавторы Добринецкий С.И., Ивасив С.М., Дробот А.С.) № 3724947, заявлено 27.12.83 г.

62. А.с. И170321. Е 21 В 43/28. Способ приготовления минерализованного теплоносителя при подземной выплавке серы (Соавторы Шатенштейн В.Г., Ивасив С.М., Косык И.В.) . № 3665875, заявлено 20.10.83г.
63. А.с. I246349. Е 21 В 43/28. Серодобычная скважина (Соавторы Добринецкий С.И., Ивасив С.М., Ширококов Д.Е.) . № 3765916, заявлено 28.03.84 г.
64. А.с. I264630. Е 21 В 43/28. Коллектор пластовых вод для выплавки серы (Соавторы Добринецкий С.И., Гайдин А.М., Ивасив С.М.) . № 3841878, заявлено 8.01.85 г.
65. А.с. I275936. Е 21 В 43/28. Серодобычная скважина (Соавторы Добринецкий С.И., Готьянский Н.С., Ивасив С.М.) . № 3873923, заявлено 26.03.85 г.
66. А.с. I279296. Е 21 В 43/28. Способ подземной выплавки серы (Соавторы Костырко А.С., Хованец П.В., Минаев Ю.Л.) . № 3935162, заявлено 17.07.85 г.
67. А.с. I338493. Е 21 В 43/28. Серодобычная восстающая скважина (Соавторы Добринецкий С.И., Ивасив С.М., Минаев Ю.Л.) . № 3936107, заявлено 22.06.85г.
68. А.с. I343917. Е 21 В 43/28. Способ подземной выплавки серы (Соавторы Кужель Н.П., Виноградов Д.Л., Шатенштейн В.Г.) . № 3955979, заявлено 25.12.85 г.
69. А.с. I356514. Е 21 В 43/28. Способ подземной выплавки серы из наклонных пластов (Соавторы Добринецкий С.И., Дядькин Ю.Д., Ивасив С.М.) . № 3960926, заявлено 17.07.85 г.
70. А.с. I396509. Е 21 В 43/28. Способ шахтной выплавки серы (Соавторы Дядькин Ю.Д., Минаев Ю.Л., Рыбкин В.В.) . № 4102537, заявлено 4.06.86 г.
71. А.с. I473412. Е 21 В 43/28. Способ добычи серы (Соавторы Гайдин А.М., Рыбкин В.В., Смык В.К.) . № 4209183, заявлено 16.03.87 г.
72. А.с. I476134. Е 21 В 43/28. Способ разработки смежных уступов (Соавторы Шапарь А.Г., Шпортько В.П., Золотых В.С.) . № 4226989, заявлено 9.03.87 г.
73. А.с. I535092. Е 21 В 43/28. Способ подземной выплавки серы (Соавторы Рыбкин В.В., Ширококов Д.Е., Гайдин А.М.) . № 4233126/23-03, заявлено 23.06.87 г.



Подписано к печати 13.II.92. Формат 60x84/16.  
Объем 3 печ. листа. Сек. 775. Тир. 100. Бесплатно.

Отпечатано офсетным способом  
в учебно-экспериментальной типографии  
Украинского полиграфического института  
имени Ивана Федорова  
г. Львов-4, ул. Лычаківська 3.

469195



469195

Бесплатно

Ав 26.312

**Ав 26.312**