

Ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali 1997 yilda asos solingan

**Ta'sischiilar:**

Navoiy kon-metallurgiya kombinati Davlat korxonasi, Navoiy davlat konchilik instituti, Davlat unitar korxonasi O'zbekiston geotexnologiya va rangli metallurgiya ilmiy-tadqiqot va loyihalashtirish instituti «O'ZGEORANGMETLITI»

**Moliyaviy qo'llab quvvatlovchilar:**

«Navoiy KMK» DK,  
«Olmaliq KMK» OAJ,  
«O'zbekko'mir» OAJ,  
«O'ZGEORANGMETLITI» DUK

**Bosh muharrir:**

Nasirov U.F.

**Bosh muharrir o'rinbosari:**

Shemetov P.A.

**Tahririyat kengashi:**

Abduraxmonov S.A., Bekmurzayev B.B., Bibik I.P., Isokov M.U., Gulyamov B.V., Muxiddinov B.F., Norov Yu. D., Popov Ye.L., Raimjanov B.R., Rahimov V.R., Sagdiyeva M.G., Sanakulov K.S., Sattarov G.S., Snitka N.P., Sitenkov V.N., Turesebekov A.X., Farmanov A.K., Xalikulov E.X., Xursanov X.P., Yakubov M.M.

Jurnal O'zbekiston matbuot va axborot Agentligida ro'yxatga olingan

Qayd etish guvohnomasi 2006 yil 13 dekabr № 0033

Jurnalda ma'lumotlar bosilganda dalillar ko'rsatilishi shart

Jurnalda chop etilgan ma'lumot va keltirilgan dalillarning aniqligi uchun muallif javobgardir

**Tahririyat manzili:**

210100, Navoiy shahri, Janubiy ko'chasi 27a, Navoiy davlat konchilik instituti  
Tel.: 8 (436) 770-2048, faks: 770-29-32  
210300, Zarafshon shahri, NKMK  
Markaziy kon boshqarmasi, Ma'muriy binosi  
Tel.: 8 (436) 5770438, 5770354, 5770225  
Faks: 8 (436) 5721015

**E-mail:** I.Bibik@cru.ngmk.uz

E.Romanova@cru.ngmk.uz

**savt:** <http://www.ngmk.uz>, [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)

**Kompyuter sahifasi:**

Romanova E.Yu.

**Tahliliy guruh:**

Nakaryakova O.A., Sayfullaeva A.A., Fedyanin A.S.

**Dizayn:**

Bannov A.N.

**Jurnalning chop etilishi va elektron shaklini yangilab boruvchi mas'ul:**

Davlatov B.R.

**Nashr qilindi:**

NKMK bosmaxonasida  
210100, Navoiy shahri, Janubiy ko'chasi, 25  
Tel: 8 (438) 5777556, 5778019

Nashr etishga 20.09.2011 y. imzolandi

Adadi 600 nusxa

**MUNDARIJA / СОДЕРЖАНИЕ**

**ГЕОЛОГИЯ / ГЕОЛОГИЯ**

**Бадалов С.Т.** Изотопная геохимия как основа естественных наук.....3

**ГЕОТЕХНОЛОГИЯ / ГЕОТЕХНОЛОГИЯ**

- Санакулов К.С., Шеметов П.А.** Инновационные преобразования за годы независимости Узбекистана: опыт работы и перспективы развития Навоийского ГМК .....5
- Санакулов К.С., Дедов С.Д.** Развитие возобновляемых источников энергии в Навоийском комбинате .....12
- Шеметов П.А., Глотов Г.Н.** Теоретические основы автоматизированных систем геотехнологии подземного выщелачивания урана .....18
- Шеметов П.А., Тощев О.Э.** Исследование ослабления прочности массива горных пород взрывом с использованием поверхностно-активных веществ в промышленных условиях .....24
- Воробьев А.Е., Молдабаева Г.Ж., Чекушина Е.В.** Основы формирования и общемировые запасы аквальных залежей газогидратов .....28
- Норов Ю.Д., Бибиб И.П., Уринов Ш.Р., Ивановский Д.С.** Исследование перемещения разнопрочных горных пород взрывами скважинных зарядов методом математического моделирования .....35
- Акбаров Т.Г., Уразов Ж.Д.** Отработка месторождения Кызылалма системной разработки горизонтальными слоями с закладкой выработанного пространства .....39
- Крымов Л.Р., Байков В.Н., Ослоповский С.А.** Пути повышения экономической и экологической эффективности использования хвостов переработки золотосодержащих руд .....43
- Рахманов Р.А.** Оптимизация параметров буровзрывных работ при разработке месторождения Джерой-Сардара.....45

**ГЕОМЕХАНИКА / ГЕОМЕХАНИКА**

**Барнаш А.И.** Автоматизация маркшейдерского обеспечения открытых горных работ на карьере Мурунтау .....49

**ГЕОТЕХНИКА / ГЕОТЕХНИКА**

- Рахимов В.Р., Махмудов А.М.** Определение энергетических параметров разрушения горных пород клиновидным инструментом.....51
- Ибадуллаев М.И., Товбаев А.Н.** Определение условия возбуждения и критических параметров цепи субгармонических колебаний в многофазных электроферромагнитных цепях и системах .....54
- Мазуров М.И., Щербиков А.П.**  **Волгабурташ:** новые технологические решения для повышения эффективности бурения взрывных скважин на карьерах .....56
- Каршибаев А.И., Худайбердиев Ш.М.** Прогнозные модели режимов электропотребления карьера Мурунтау.....59

**МЕТАЛЛУРГИЯ VA BOYITISH / ОБОГАЩЕНИЕ И МЕТАЛЛУРГИЯ**

- Хасанов А.С., Атаханов А.С.** Применение хлоридовозгоночного обжига для рафинирования цветных и благородных металлов .....60
- Мусаев А.М., Мирзаев А.У., Мусаев Р.А.** Возвращаясь к технологии извлечения золота из «упорных» сульфидных руд .....63
- Мустахимов О.М., Саттаров Г.С., Акиншина Г.И., Музафаров А.М.** Исследование возможности использования подземных минерализованных вод для технологического процесса ГМЗ-З .....65
- Федянин С.Н.** Комплексообразующая роль гумусовых кислот и радиационно-термические способы разрушения их координационных связей с рудными элементами .....68
- Агеев Д.С., Штеер В.К.** Сравнение технологии применения активных углей и ионообменных смол.....70
- Крюков М.В., Рузиев Г.М., Казанцева О.И., Хайдаров И.В.** Технология бактериального окисления сульфидных руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» .....73

Научно-технический и  
производственный журнал  
основан в 1997 году

**Учредители:**

Государственное предприятие Навоийский горно-металлургический комбинат,  
Навоийский государственный горный институт,  
Государственное унитарное предприятие  
Узбекский научно-исследовательский и  
проектный институт геотехнологии и цветной  
металлургии «O'zGEORANGMETLITI»

**При финансовой поддержке:**

ГП «Навоийский ГМК»,  
ОАО «Алмалыкский ГМК»,  
ОАО «Узбекуголь»,  
ГУП «O'zGEORANGMETLITI»

**Главный редактор:**

Насиров У.Ф.

**Зам. главного редактора:**

Шеметов П.А.

**Редакционный совет:**

Абдурахмонов С.А., Бекмурзаев Б.Б., Бибик И.П.,  
Гулямов Б.В., Исоков М.У., Мухиддинов Б.Ф.,  
Норов Ю.Д., Попов Е.Л., Раимжанов Б.Р.,  
Рахимов В.Р., Сагдиева М.Г., Санакулов К.С.,  
Саттаров Г.С., Снитка Н.П., Сытенков В.Н.,  
Турсебеков А.Х., Фарманов А.К., Халикулов Э.Х.  
Хурсанов Х.П., Якубов М.М.

Журнал зарегистрирован в узбекском  
Агентстве по печати и информации

Регистрационное свидетельство за № 0033  
от 13 декабря 2006 г.

При перепечатке материалов ссылка на журнал  
обязательна

За точность фактов и достоверность  
информации ответственность несут авторы

**Адрес редакции:**

210100, г. Навоий, ул. Южная, 27а,  
Навоийский государственный горный институт  
Тел. 8(436) 770-20-48, факс 770-29-32  
210300, г. Зарафшан, Административный корпус,  
Центральное рудоуправление НГМК  
Тел. 8(436) 5770438, 5770354, 5770225  
Факс 8(436) 5721015

**E-mail:** [I.Bibik@cru.ngmk.uz](mailto:I.Bibik@cru.ngmk.uz)

[E.Romanova@cru.ngmk.uz](mailto:E.Romanova@cru.ngmk.uz)

**Сайт:** <http://www.ngmk.uz>, [www.ziyonet.uz](http://www.ziyonet.uz)

**Компьютерная верстка:**

Романова Е.Ю.

**Аналитическая группа:**

Накарякова О.А., Сайфуллаева А.А.,  
Федянин А.С.

**Дизайн:**

Баннов А.Н.

**Ответственный за публикацию и обновление  
электронной формы журнала:**

Давлатов Б.Р.

**Оттирировано:**

в типографии НГМК  
210100, г. Навои, ул. Южная, 25  
Тел. 8 (436) 5777556, 5778019

Подписано в печать 20.09.2011 г.

Тираж 600 экз.

**INNOVATSIYALAR / ИННОВАЦИИ**

<b>Санакулов К.С., Мадаминов Ш.А.</b> Концепция инновационного развития НГМК.....	75
<b>Мадаминов Ш.А., Валиев М.В., Нормуротов Р.И.</b> Опыт организации и управления инновационной деятельностью в НГМК.....	81
<b>Дадабаев К.К., Фадеева А.К., Рахматов У.Н.</b> Инновационная деятельность производственного объединения «Навоийский машиностроительный завод».....	85
<b>Ан В.Ф., Девликамов Р.Ш.</b> Специальные металлообрабатывающие станки - одно из важнейших направлений развития станкостроительного производства Узбекистана.....	87

**ILMIY-LABORATORIYA IZLANISHLARI /  
НАУЧНО-ЛАБОРАТОРНЫЕ ИЗЫСКАНИЯ**

<b>Абдурахманов Э., Муминова Н.И., Нормуратов З.Н., Геворгян А.М.</b> Полупроводниковый сенсор для селективного экоаналитического мониторинга фтористого водорода.....	92
<b>Абдурахманов Э., Муродова З.Б., Тиллаев С.У.</b> Малогабаритный автоматический газоанализатор этилового спирта «Атк-Алк».....	93
<b>Муминова Н.И., Нормуратов З.Н., Абдурахманов Э.</b> Разработка полупроводниковых методов и создание автоматических анализаторов для мониторинга фтористого водорода.....	96
<b>Рузиев Н.Р.</b> Состав и свойства композиционных вяжущих материалов для закладочных смесей на основе порландцемента, модифицированного низкотемпературным сульфатоможелезистым клинкером.....	98
<b>Юсупбеков А.Н., Атауллаев А.О.</b> Синтез угломерного следящего устройства.....	102
<b>Попов Е.Л., Якубжанова М.Е.</b> Исследования механизма взаимодействия бутилового ксантогената калия и СД-1 с минералами при флотации.....	104
<b>Жураев Ф.У.</b> Технология обработки основных засоленных пятен почвы и пути их ликвидации в орошаемом земледелии.....	109
<b>Колтунова Л.Н.</b> Научно-исследовательская лаборатория медно-обогатительной фабрики АГМК в процессе развития комбината.....	111

**IQTISOD VA QONUNCHILIK /  
ЭКОНОМИКА И ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВО**

<b>Багдасарян М.К., Алавердян С.С.</b> Методика нормирования расхода электроэнергии технологического процесса измельчения руды.....	118
<b>Меликулов А.Д., Улашев И.О., Умаров С., Улашев Б.И., Хасанова Ч.Ж.</b> Особенности транспортной логистики горнодобывающего предприятия.....	120

**FAN VA TA'LIM / НАУКА И ОБРАЗОВАНИЕ**

<b>Воробьев А.Е., Молдабаева Г.Ж.</b> Программы обучения магистров в области менеджмента для нефтегазовой отрасли.....	124
<b>Қаршиев Р.М., Қурбонов Х.Р.</b> Истиклол йилларида холис тарихнинг қайта тикланиши.....	127

**EKOLOGIYA VA TEXNIKAVIY HAVFSIZLIGI /  
ЭКОЛОГИЯ И ТЕХНИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

<b>Ишанходжаев М.Н.</b> Профилактика производственного травматизма: управление рисками.....	130
<b>Андреева И.Г., Крузер А.В.</b> Природоохранная деятельность Северного рудоуправления НГМК.....	134

**BIZNING YUBILYAR / НАШ ЮБИЛЯР**

<b>Саттаров Гайбулла Саттарович</b> (к 60-летию со дня рождения).....	136
-----------------------------------------------------------------------	-----

**REKLAMA / РЕКЛАМА**

На 2 стр. обложки: «Sandvik»

На 3 стр. обложки: «Волградмаш»

На 4 стр. обложки: «Atlas Copco»

# ИЗОТОПНАЯ ГЕОХИМИЯ КАК ОСНОВА ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК

Бадалов С.Т., профессор Института геологии и геофизики АН РУз., докт. геол.-минер. наук

XXI век в естественных науках, изучающих материальный мир во всем его многообразии, должен опираться и на его изотопный состав, от которого зависят почти все геохимические свойства вещества. В данной работе затрагивается лишь часть проблемы, касающейся роли и значимости нестабильных изотопов химических элементов в косной и живой материи.

В табл. 1 приведены данные по распределению только наиболее активных органических нестабильных изотопов элементов в породах земной коры. Важнейшими оказались всего 14 элементов, из которых наиболее распространенными являются 5: рубидий-87; калий-40; неодимий-144; церий-142 и самарий-152, которые в сумме составляют около 63 граммов в каждой тонне пород земной коры (до глубин 30 км). Известно также, что у 81 протоизотопа (изначально) стабильных химических элементов имеется более 450 стабильных и нестабильных изотопов, из которых около 170 способны спонтанно либо к распаду ядер атомов с образованием более легких по массе элементов (обычно на 4 единицы меньше), либо к их изобарным превращениям с возникновением других, но с той же массой элементов и их изотопов. При этом процессы распадов и превращений сопровождаются выделением свободной энергии, крайне необходимой для зарождения и развития живой материи.

Приведенные 14 нестабильных изотопов как сами являются наиболее органическими, так и почти все их продукты распадов и превращений.

Так, например, кальций-40, образующийся только в организме из калия-40, является единственным источником постоянного обновления состава костной ткани, состоящей в основном из апатита, т.е.  $\text{Ca}_5[(\text{PO}_4)_3](\text{OH}, \text{F}, \text{Cl})$ .

Не менее интересен спонтанный процесс превращения изотопа рения-187 в изотоп осмия-187, протекающий в основном в его минерале-концентрате - молибдените, в котором содержание рения может достигать 10% и более.

Фактически основная масса (около 80%) почти всех химических элементов с активными свойствами их нестабильных изотопов возникла за последние 4,5-5,0 млрд. лет, т.е. за время появления и развития земной коры.

Почти у всех приведенных нестабильных изотопов периоды полураспадов (T) измеря-

ются в пределах от  $10^9$  до  $10^{16}$  лет, т.е. практически все процессы их распадов и превращений протекают почти незаметно для природных систем с косной и живой материей. Активность нестабильных изотопов измеряется их периодами полураспада (T), который составляет для различных изотопов от долей секунды до  $10^{16}$  лет и более. Так, например, для наглядности - у изотопа  $\text{O}^{15}$  он равен 124 секунды,  $\text{Sr}^{90}$  - 29 лет (Чернобыль), а у рубидия-87 он составляет около  $5,0 \cdot 10^{10}$  лет.

Все живое вещество, включая и человека, постоянно использует энергию, возникающую при распадах и превращениях нестабильных изотопов в организме. Это особенно характерно для жизнедеятельности таких наиболее активных органов и систем, как мозг, сердце, мышечная ткань, почки, печень и легкие.

В связи с этим, естественно полагать, что само зарождение жизни на Земле не могло возникнуть без активного участия процессов распадов и превращений многих нестабильных изотопов ( $\text{K}^{40}$ ,  $\text{Rn}^{222}$ ,  $\text{Ra}^{226}$ ,  $\text{Rb}^{87}$  и др.).

Таблица 1

Примерные содержания важнейших органических нестабильных изотопов химических элементов в породах земной коры

Нестабильный изотоп	Процесс превращений	Содержание в породах (g/t)	Относительное содержание в % от общего	Период полураспада (T)(лет)	Продукт превращений
Рубидий-87	$\beta$	42,0	27,88	$1,4 \cdot 10^9$	Стронций-87
Неодимий-144	$\alpha$	9,0	23,87	$4,8 \cdot 10^{10}$	Церий-140
Церий-142	$\alpha$	7,5	11,07	$5,0 \cdot 10^{15}$	Барий-138
Калий-40	$\alpha, \text{K}$	3,0	0,0118	$5,0 \cdot 10^{16}$	Кальций-40
Самарий-152	$\alpha$	2,0	26,07	$3,0 \cdot 10^{11}$	Неодимий-148
Индий-115	$\beta$	-	-	4,48 ч.	Индий-115
Ванадий-50	$\beta, \text{K}$	0,075	0,25	$6,0 \cdot 10^{15}$	Хром-50; Титан-50
Лантан-138	$\beta, \text{K}$	0,02	0,089	$1,0 \cdot 10^{11}$	Барий-138
Гадолиний-152	$\alpha$	0,015	0,20	$1,0 \cdot 10^{14}$	Самарий-148
Лютеций-176	$\beta$	0,002	2,60	$5,0 \cdot 10^{10}$	Гафний-176
Гафний-174	$\alpha$	0,0017	0,16	$4,3 \cdot 10^{15}$	Иттрий-170
Рений-187	$\beta$	0,0004	62,93	$4,3 \cdot 10^{10}$	Осмий-187
Теллур-123	$\text{K}$	0,00001	0,91	$1,2 \cdot 10^{13}$	Сурьма-123
Платина-191	$\alpha$	-	0,003	3,0 дня	Осмий-186
Итого:		63,514			
Примечание: $\alpha$ - $\alpha$ -распад; $\beta$ - $\beta$ -распад; K - захват электрона с орбиты K; - нет данных					

Таблица 2

**Важнейшие наиболее активные нестабильные изотопы стабильных химических элементов в живом веществе**

Нестабильный изотоп	Порядковый № в таблице	Период полураспада (Т)	Содержание от общего его количества (%)	Значение в организме
Водород-3	1	12,3л	$10^{-10}$	> в - < п
Углерод-14	6	5730 л	оч. м.	> п - < в
Азот-13	7	10 m	оч. м.	> п - < в
Кислород-15	8	124 s	оч. м.	> п - < в
Натрий-22 и 24	11	261 - 15 h	$2 \cdot 10^{-3}$	> п - < в
Фосфор-32	15	14,3 d	оч. м.	> п - < в
Сера-35	16	87 d	$2 \cdot 10^{-3}$	> п - < в
Хлор-36 и 38	17	$3 \cdot 10^3$ l-38 m	0,07	> п - < в
Калий-40 и 42	19	$7,4 \cdot 10^9$ l - 12,4 h	$6 \cdot 10^{-4}$	> п - < в
Кальций-45	20	164 d	$5,0 \cdot 10^{-4}$	> п - < в
Ванадий-48 и 50	23	16,1 d- $6 \cdot 10^{15}$ л	$1,0 \cdot 10^{-4}$	> п - < в
Марганец-52 и 54	25	5,7 s - 314 s	<0,01	> п - < в
Железо-59	26	45 s	$1,3 \cdot 10^{-2}$	> в - < п
Кобальт-60	27	5,2 л	оч. м.	> п - < в
Медь-64	29	12,8 h	оч. м.	> п - < в
Цинк-65	30	246 s	$1,2 \cdot 10^{-3}$	> в - < п
Мышьяк-76 и 77	33	26,8 s - 38,8 s	$2,0 \cdot 10^{-3}$	> в - < п
Рубидий-87	37	$4,8 \cdot 10^{10}$ л	27,9	> п - < в
Стронций-89 и 90	38	54 s - 29 л	$8,0 \cdot 10^{-4}$	> в - < п
Серебро-111	47	7,5 s	оч. м.	> в - < п
Кадмий-113	48	5,1 л	оч. м.	>> в - < п
Сурьма-124	51	60 s	оч. м.	> в - < п
Иод-131	53	8 s	$4 \cdot 10^{-4}$	> п - < в
Рений-187	75	$4,3 \cdot 10^{10}$ л	62,9	> п - < в
Золото-198	79	2,7 s	оч. м.	> п - < в

Примечание: л - лет; d - суток; h - час; m - минут; s - секунд; оч. м. - очень малое; > п - более полезный; > в - более вредный; и наоборот

В табл. 2 приведены данные по распределению в живом веществе 32 нестабильных изотопов 25 химических элементов. Несмотря на крайне низкие их содержания, т.к. только у изотопов хлора-36 и 38 они составляют всего 0,07%, общее их воздействие на живое вещество весьма заметно. Все эти изотопы участвуют в жизнедеятельности живого вещества в различных физических состояниях - газовом, жидком, коллоидно-плазменном и др. Их участие может проявляться как положительный фактор, так и резко отрицательный, т.е. быть как более полезным, чем вредным, так и наоборот. Из всех приведенных нестабильных изотопов наиболее вредными для всего живого вещества следует считать кадмий-113; цинк-64 и 65; мышьяк-76 и 77; серебро-111, а также водород-3 (третий). Их вредность для всего живого заключается в самом процессе распада в нем ядер нестабильных атомов, что способно приводить к злокачественным заболеваниям.

Процессы же изобарных превращений нестабильных изотопов, как правило, более полезны, чем вредны (переход калия-40 в кальций-40 и др.). Так, например, нестабильные изотопы углерода и азота столь тесно взаимосвязаны превращениями друг в друга, что фактически составляет основу жизнедеятельности организма. Например, изотоп азота-13 с

T=10 минут переходит в изотоп углерода-14 с T=5730 лет.

Стабильными же изотопами этих элементов и основными по массе являются: углерод-12, которого около 99% от общего его количества и азот-14, которого также более 99%. Сама возможность проявлений процессов распада и превращений в живом организме ограничивается как продолжительностью существования каждого субъекта, так и величиной (Т) для каждого из нестабильных изотопов. При этом следует полагать, что отрицательные последствия этих процессов более вероятны в ослабленном организме, чем в здоровом. Зародившись в косной материи, живое вещество продолжает постоянно использовать его энергию для различных потребностей. При этом, если переход отдельных индивидумов живой материи в косную является естественным, то обратный процесс может происходить только при особых условиях. При современном состоянии природных систем, когда живое вещество обнаруживается в осадочных породах до глубин более 2 km, трудно представить себе полностью безжизненное пространство на Земле.

Таким образом, даже из краткого рассмотрения проблемы становится совершенно очевидным, что основой всего живого на Земле, от ее зарождения до современного состояния, несомненно являлись и являются все наиболее активные нестабильные изотопы химических элементов, которые при распадах их атомов и различных изобарных превращениях выделяли свободную энергию, которая и явилась уникальным источником существования жизни. Однако только в связи с трудностями диагностики всех этих процессов, протекающих в живой материи, они почти не учитываются даже в научных исследованиях.

Следовательно, изотопная геохимия для косной материи и изотопная биохимия для живой материи должны стать важнейшими направлениями фундаментальных научных и прикладных исследований XXI века, т.к. без выяснения роли и значимости каждого нестабильного изотопа во всех процессах, протекающих в разнообразных природных системах косной и живой материи, почти невозможно с определенной степенью достоверности устанавливать их причинность, что должно стать аксиомой для исследователей. Без выяснения причин, приводящих к определенным процессам, невозможно кардинальное решение почти любой проблемы в естественных науках.

Однако, к великому сожалению, в геологии в целом и в геохимии в частности, проблемы, связанные с нестабильными изотопами, еще не являются основополагающими для их дальнейшего и более углубленного решения.

Эти проблемы следует считать одними из наиболее фундаментальных, т.к. от их решения зависит выяснение многих сложнейших генетических вопросов, возникающих и существующих как в косной, так и живой материи.

# ИННОВАЦИОННЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЗА ГОДЫ НЕЗАВИСИМОСТИ УЗБЕКИСТАНА: ОПЫТ РАБОТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАВОИЙСКОГО ГМК

**Санакулов К.С.**, генеральный директор НГМК, докт. техн. наук; **Шеметов П.А.** советник генерального директора НГМК, докт. техн. наук

Республика Узбекистан 1 сентября 2011 г. отметила двадцатую годовщину государственной независимости. Что сделано за это время? Каков вклад Государственного предприятия «Навоийский горно-металлургический комбинат» (Навоийского ГМК) в социально-экономическое развитие республики? Каковы перспективы развития Навоийского ГМК?

Навоийский ГМК – многопрофильная компания нового технического уровня, объединившая несколько отраслей: горную; металлургическую; химическую; геологоразведочную; машиностроение; станкостроение; строительную; ювелирную; сельскохозяйственную - имеющая современные наукоемкие технологии и в состоянии на равных конкурировать с ведущими зарубежными фирмами. В структуру Навоийского ГМК входят четыре рудоуправления, научно-производственный центр «Геология драгоценных металлов и урана», управление строительства,

четыре гидromеталлургических завода и одна золотоизвлекательная фабрика, машиностроительный завод, ювелирный и сернокислотный заводы и другие объекты промышленного и вспомогательного назначения (рис. 1).

Минерально-сырьевая база (МСБ) Навоийского ГМК характеризуется дальнейшим значительным увеличением глубины горных работ (глубина карьера Мурунтау на 01.01.2011 г. составляет 555 м, в 2025 г. превысит 735 м, в 2035 г. - составит 950 м), усложнением природных условий вновь осваиваемых месторождений Кокпатас, Даугызтау, Гужумсай, Промежуточное, снижением в 1,3 раза содержания полезных компонентов на месторождении Мурунтау, повышением содержания вредных примесей, увеличением на 5,0-10,0% доли труднообогатимых (упорных) полезных ископаемых (месторождения Кокпатас, Даугызтау), увеличением доли труднодо-

<b>Центральный офис – административно-управленческий центр Комбината (г.Навои)</b>		
<b>Центральное рудоуправление (г. Зарафшан)</b>		
Рудник открытых горных работ Мурунтау	Гидрометаллургический завод №2 (ГМЗ-2)	
Завод по производству эмульсионных ВВ	Цех кучного выщелачивания золота	Геологоразведочная шахта «Мурунтау»
Предприятие по выпуску трикотажных изделий и пряжи	Геологоразведочная партия № 3	Завод по выпуску ювелирных изделий
Рудник открытых горных работ по добыче фосфоритовой руды	Обогатительная фабрика по производству фосфоритных концентратов	
<b>Северное рудоуправление (г.Учкудук)</b>		
Рудники открытых горных работ на месторождениях Кокпатас, Даугызтау и Аджибугут	Гидрометаллургический завод №3 (ГМЗ-3)	
Рудники подземного выщелачивания урана	Сернокислотный завод	
Рудник по добыче мраморов и гранитов	Камнерезный завод	
<b>Южное рудоуправление (г.Нурабад)</b>		
Рудники подземного выщелачивания урана	Рудники открытой разработки мраморов Карьер по добыче габбро (пос. Красногорский)	Камнерезный завод
Зармитанский золотодобывающий рудник	Марджанбулакский золотодобывающий рудник	Марджанбулакская золотоизвлекательная фабрика Гидрометаллургический завод № 4 (ГМЗ-4)
Заводы по изготовлению поливинилхлоридных и полиэтиленовых труб	Производство сельскохозяйственной и животноводческой продукции	
<b>Рудоуправление №5 (г.Зафарабад)</b>		
Рудники подземного выщелачивания урана		
<b>Зарафшанское управление строительства (г.Зарафшан)</b>		
Строительно-монтажные управления	Завод железобетонных изделий	Управление механизированных работ
Управление производственно-технологической комплектации		
<b>Промплощадка (г. Навои)</b>		
Производственное объединение «Навоийский машиностроительный завод»	Гидрометаллургический завод №1 (ГМЗ-1)	
Центральная научно-исследовательская лаборатория	Агрофирма с животноводческой фермой	
<b>Научно-производственный центр «Геология драгоценных металлов и урана» (г. Навои)</b>		
Кокпатасская ГРЭ; Даугызтаусская ГРЭ; Кызылкумская ГРЭ; Зармитанская ГРЭ; Самаркандская ГРЭ; Гиссарская ГРП; ГРП № 2; Центральная ГРП; Зирабулакская ГРЭ; Букантаусская ГРЭ; Зафарабадская ГРЭ; Геофизическая партия; Западная лаборатория		

Рис. 1. Организационная структура Навоийского ГМК

бываемых руд на 7,0-10,0% (месторождения Чармитан, Гужумсай, Промежуточное). По-нашему мнению, в обозримом будущем нам придется иметь дело с МСБ, сформированной в основном низкокачественными типами рудных полезных ископаемых, характеризующимися низкими содержаниями полезных компонентов, комплексным составом и сложной обогатимостью.

В состав Центрального рудоуправления, находящегося на промплощадке, расположенной в г. Зарафшане, входит Гидрометаллургический завод № 2 (ГМЗ-2) с годовой мощностью переработки золотосодержащей руды 36,0 млн. т с рудником открытых горных работ Мурунтау и рудником кучного выщелачивания золота с годовой мощностью 14,0 млн.т; карьер по добыче фосфоритовой руды с обогати-

ники «Сабырсай» и «Кетменчи»; завод по изготовлению поливинилхлоридных и полиэтиленовых труб; камнерезный завод, а также производство сельскохозяйственной и животноводческой продукции.

В состав Рудоуправления № 5 (РУ-5) входят четыре геотехнологических рудника подземного выщелачивания (ПВ) урана. Основное направление деятельности РУ-5 - добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания (СПВ).

Деятельность Навоийского ГМК за годы независимости можно рассматривать как четкую практическую реализацию экономических реформ в Узбекистане. Инновационное развитие Навоийского ГМК за 20-летие независимости республики представлено на рис. 2.

Переработка руды в Навоийском ГМК за годы независимости выросла в 2,8 раза. В Навоийском ГМК выполнен значительный объем строительно-монтажных работ по вводу в эксплуатацию новых объектов горнорудного производства, техническому перевооружению и модернизации действующих предприятий. Для повышения рентабельности производства ведется непрерывный поиск и внедрение новых технологий и технических решений, направленных на повышение эффективности разведочных, горных работ и гидрометаллургической переработки руд, что позволяет сохранять себестоимость золота и урана на экономически приемлемом уровне.

Выполнено расширение, реконструкция и техническое перевооружение ГМЗ-2 с увеличением производительности по переработке золотосодержащей руды до 36,0 млн. т. На ГМЗ-2 за счет модернизации технологического оборудования увеличен коэффициент использования мельниц на 45%, получено до 5% прироста объемов переработки руды. Расширение активной минерально-сырьевой базы ГМЗ-2 планируется за счет извлечения дополнительных запасов руды месторождений Мурунтау и Мютенбай, увеличения глубины открытых горных работ, реализацией открыто-подземного способа добычи в прибортовой зоне за контурами объединенного карьера и подземного способа добычи ниже дна карьера.

Президент республики И.А. Каримов в своей книге «Узбекистан на пороге XXI века: угроза безопасности, условия и гарантия прогресса» отметил: «Выявление месторождения Мурунтау международной геологической общественностью признано величайшим открытием второй половины двадцатого столетия в области золота».

Сегодня карьер Мурунтау - крупнейший золото-добывающий рудник мира. Горные работы на площади карьера были начаты в начале 1967 г. За этот

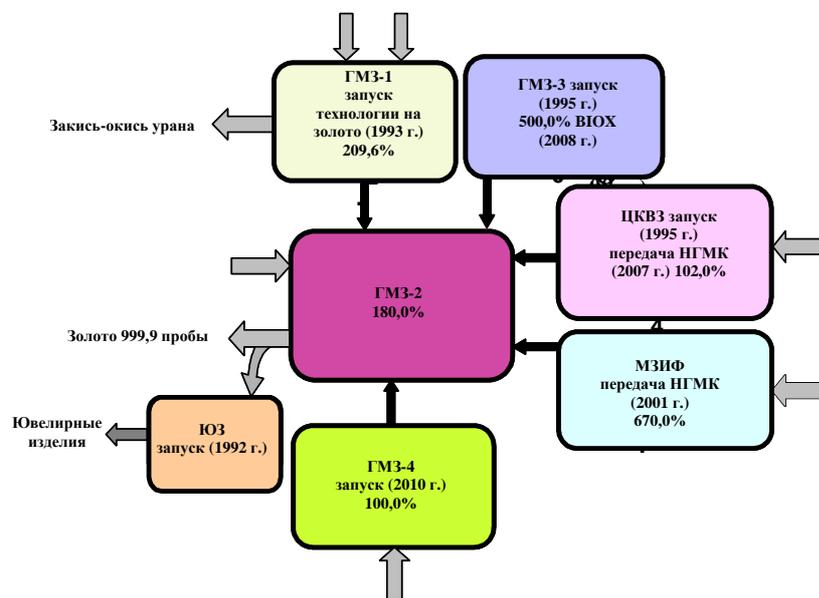


Рис. 2. Инновационное развитие Навоийского ГМК за 20-летие независимости Республики Узбекистан (переработка руды в 1991 г. = 100%)

тельной фабрикой по производству фосфоритовых концентратов; геологоразведочная шахта Мурунтау.

В состав Северного рудоуправления входит Гидрометаллургический завод № 3 (ГМЗ-3) с годовой мощностью переработки руд 6,5 млн. т с рудниками открытой добычи «Восточный» и «Даугызтау»; геотехнологический рудник; сернокислотный завод с годовой мощностью 450 тыс. т.

В состав Южного рудоуправления входит Гидрометаллургический завод № 4 (ГМЗ-4) с проектной годовой мощностью 1,8 млн. т и Марджанбулакская золотоизвлекательная фабрика с годовой мощностью 1,2 млн. т; рудник подземной добычи «Зармитан» мощностью 850,0 тыс. т в год, строящийся рудник подземной добычи «Гужумсай» (проектная мощность 550,0 тыс. т в год), рудник подземной добычи «Промежуточный», находящийся в стадии проектирования с проектной производительностью 400,0 тыс. т руды в год; рудники открытой добычи «Каракутан» и «Марджанбулак»; геотехнологические руд-

период времени из карьера вынута и перевезено около одного миллиарда триста миллионов кубометров горной массы. Глубина его достигла 555 m и продолжает увеличиваться.

Для транспортирования руды из карьера Мурунтау введен в эксплуатацию крутонаклонный конвейерный комплекс с высотой подъема 270 m (КНК-270). Циклично-поточная технология с крутонаклонным конвейером на карьере Мурунтау являются инновационным решением в технологии и средствах механизации в условиях увеличения глубины и масштабов открытых горных работ.

В комплексе с КНК-270 применены новые решения на базе опытно-промышленных образцов крутонаклонного конвейера, дробильно-перегрузочного пункта и погрузчика штабелеукладчика скального.

В 2002 г. на карьере Мурунтау сдан в эксплуатацию завод по производству эмульсионных ВВ, что позволило снизить себестоимость взрывания 1 м<sup>3</sup> горной массы на открытых и подземных горных работах Навоийского ГМК в 1,5 раза.

Гидрометаллургический завод № 1 (ГМЗ-1) осуществляет переработку золотосодержащих руд и выпуск закиси-оксида урана.

Налажено попутное извлечение рениевокислого аммония, производство жидкого стекла из кварцевых песков, добываемых на Джеройском месторождении.

Проведенная реконструкция экстракции позволяет увеличить объем переработки уранового концентрата, поступающего с СПВ.

В составе завода - опытно-технологический цех для отработки новых технологий извлечения различных металлов из руд месторождений, обрабатываемых Навоийским ГМК. С целью увеличения производительности технологической схемы для переработки золотосодержащих руд разработана и внедрена схема с использованием дополнительного классифицирующего оборудования; изменена конструкция сгустителя; шаровая загрузка и схема подачи флокуланта.

Применены гидроциклонные установки на I и II стадиях измельчения руды. В совокупности внедрение инновационных решений позволило увеличить переработку золотосодержащей руды в 2,0 раза.

В результате проведенной модернизации перерабатывающее мощности ГМЗ-1 полностью обеспечивает растущие объемы производства урана.

В своем выступлении Президент Ислам Каримов на торжествах по случаю открытия в 1995 г. первой очереди нового завода - ГМЗ-3 в Учкудукском районе - сказал: «Наш новый завод является объектом базовой отрасли, предметом гордости всего Узбекистана. Всем должно быть понятно, что все это строится не за один день. Все это достигается упорным, самоотверженным трудом многих и многих коллективов. Это все то, что в конечном итоге создает потенциал республики, что обеспечивает комплексное развитие всей нашей экономики и обеспечит завтра,

я уверен в этом, достойное место Узбекистана на мировом рынке». ГМЗ-3 - это первый гидрометаллургический завод по выпуску золота, построенный в годы независимости республики. Созданы новые рабочие места для 1500 человек.

В Навоийском ГМК разработан перспективный план развития комбината до 2020 г., составной частью которого являются программы инновационного развития и технологической модернизации.

С использованием компьютерных технологий построения математической модели месторождений выполнен пересчет запасов месторождения Мурунтау совместно с близлежащим месторождением Мютенбай. Установлена возможность извлечения дополнительных запасов золота за счет увеличения глубины открытых горных работ и отработки месторождений объединенным карьером на 35,8%. Проектные размеры объединенного карьера «Мурунтау-Мютенбай» в откорректированных границах IV очереди: длина - 4,7 km; ширина - 2,5 km; глубина - 675 m; объем горной массы - 360,0 млн. м<sup>3</sup>, запасы руды - 472,4 млн. t. Отработка рудных тел, вмещающих богатое оруденение, имеющих характер сравнительно узких линейно-трещинных зон глубоким карьером приводит к вовлечению в добычу участков бедных руд, доля которых непрерывно возрастает. В связи с этим объемы выпуска продукции системы «карьер - ГМЗ-2» снизятся с 61,3% в 2011 г. до 51,2% к 2020 г. (рис. 3.) от общего объема выпуска комбинатом. Центральное рудоуправление реализует программу поэтапного промышленного освоения Джерой - Сардаринского месторождения фосфоритов - получение из бед-

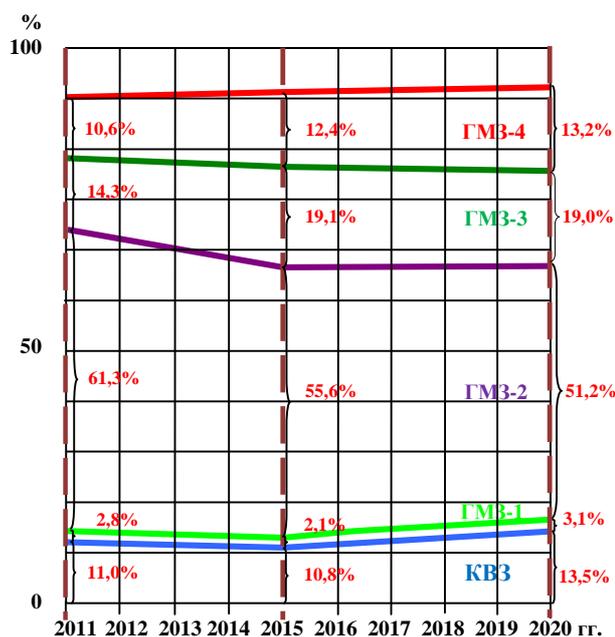


Рис. 3. Объемы производства продукции перерабатываемыми подразделениями (2011 г. = 100%)

ресчет запасов месторождения Мурунтау совместно с близлежащим месторождением Мютенбай. Установлена возможность извлечения дополнительных запасов золота за счет увеличения глубины открытых горных работ и отработки месторождений объединенным карьером на 35,8%. Проектные размеры объединенного карьера «Мурунтау-Мютенбай» в откорректированных границах IV очереди: длина - 4,7 km; ширина - 2,5 km; глубина - 675 m; объем горной массы - 360,0 млн. м<sup>3</sup>, запасы руды - 472,4 млн. t. Отработка рудных тел, вмещающих богатое оруденение, имеющих характер сравнительно узких линейно-трещинных зон глубоким карьером приводит к вовлечению в добычу участков бедных руд, доля которых непрерывно возрастает. В связи с этим объемы выпуска продукции системы «карьер - ГМЗ-2» снизятся с 61,3% в 2011 г. до 51,2% к 2020 г. (рис. 3.) от общего объема выпуска комбинатом. Центральное рудоуправление реализует программу поэтапного промышленного освоения Джерой - Сардаринского месторождения фосфоритов - получение из бед-

ных по содержанию полезного компонента руд дешевых и качественных фосфоритных продуктов разных сортов, пригодных для производства простых и сложных фосфорсодержащих минеральных удобрений на заводах химической отрасли республики в количествах, покрывающих потребности сельского хозяйства; получение новых для Республики Узбекистан видов минеральных удобрений; максимальное вовлечение продуктов обогащения фосфоритовой руды для производства эффективных фосфор-азотно-кальциевых удобрений, применяемых на засоленных почвах; получение товарной концентрированной фосфорной кислоты и, на ее основе, производство компонентов к кормовым и пищевым добавкам, высококачественной лакокрасочной продукции, лекарственных препаратов, имеющих экспортную ориентацию.

Качество сырья месторождений Кокпатас и Даугызтау не обеспечивало их рентабельную разработку. Для предварительного обогащения золотосодержащих руд месторождений Кокпатас и Даугызтау предложена и внедрена предварительная рентгено-радиометрическая сепарация (PPC).

Отработаны оригинальная методология и технология. Прогрессивная технология PPC золотосодержащих руд месторождений Кокпатас и Даугызтау позволила исключить из технологических процессов около 60% исходной бедной руды.

Выпуск золота с использованием инновационной технологии BIOX<sup>®</sup> трудноперерабатываемых сульфидных руд будет постепенно увеличиваться до 19,0% (2020 г.) от общего объема выпуска Навоийским ГМК.

С мая 2002 г. в состав Навоийского ГМК вошли Зармитанский и Марджанбулакский золотодобывающие рудники и Марджанбулакская золотоизвлекательная фабрика, работающие на сырьевой базе месторождений Марджанбулак, Гужумсай, Промежуточное, Чармитан, Каракутан.

Для переработки руд месторождений Зармитанской золоторудной зоны сдан в эксплуатацию в 2010 г. новый Гидрометаллургический завод - ГМЗ-4. На долю ГМЗ-4 приходится 7,3% от выпускаемого комбинатом объема золота, созданы новые рабочие места для 500 человек.

Учитывая горно-геологические и горнотехнические условия залегания рудных тел, отработка основных запасов месторождений проектируется подземными горными работами тремя рудниками - Зармитан, Гужумсай и Промежуточный. Вскрытие месторождения Чармитан осуществлено наклонным транспортным стволом и тремя вертикальными шахтными стволами.

Наращивание проектной производительности рудника Зармитан осуществляется поэтапно - 450 тыс. т (2008 г.), 700-800 тыс. т (2009-2010 гг.), 850 тыс. т руды в год (2011 г.).

На месторождении Чармитан часть запасов рудных тел дорабатывается в 2011-2012 гг. карьерами со

средней производительностью 200 тыс.т. руды в год. В 2011-2012 гг. осуществляется вскрытие месторождения Гужумсай наклонным транспортным стволом и шахтой, и интенсивно ведутся геологоразведочные работы. Обеспечение проектной производительности рудника Гужумсай будет осуществляться поэтапно - 150 тыс. т (2011 г.), 300 тыс. т (2012 г.), 550 тыс. т руды в год (2013 г.). На месторождении Промежуточное ведутся геологоразведочные работы. Разведанные запасы подсчитаны по категории C<sub>2</sub> на глубину 400 м. Проектная производительность рудника Промежуточный также будет осуществляться поэтапно - 100 тыс. т (2013 г.), 400 тыс. т руды (2015 г.) в год.

Таким образом, согласно стратегии развития Навоийского ГМК, существенно растет значимость подземной геотехнологии в развитии местной сырьевой базы, объем добычи руды подземным способом будет составлять до 36,0% от общей по комбинату к 2020 г.

Развитие ГМЗ-4 предусматривается в три этапа: 1 этап производительностью 1 млн. т. с 2011 г., 2 этап - 1,4 млн. т. с 2012 г., 3 этап - 1,8 млн. т в год с 2015 г. Реконструкция и строительство, реализуемые на месторождениях Зармитанской золоторудной зоны, позволят увеличить к 2015 г. переработку руды на ГМЗ-4 в 3,8 раза, а выпуск золота до 13,2% к 2020 г. от общего объема выпуска комбинатом. Накопленная в отвалах карьера Мурунтау бедная руда является сырьем, пригодным для промышленной переработки с целью получения золота, хотя проектами к использованию не предусматривается. Одним из способов извлечения металла из таких руд является технология кучного выщелачивания золота (КВЗ). Освоение технологии КВЗ является выгодным вложением капитала в золотодобывающую промышленность. Капитальные затраты и себестоимость добычи по технологии КВЗ значительно ниже, чем по заводской. В перспективе планируется переработка забалансовых руд месторождения Аджибугут с 2016 г. и Пистали с 2017 г. способом КВЗ, что позволит нарастить объемы выпуска золота до 13,5% (2020 г.). Развитие геотехнологических комплексов представлено на рис. 4. С 1995 г. добыча урана в Навоийском ГМК стала осуществляться способом СПВ. Внедрение способа СПВ сыграло значительную роль в удешевлении себестоимости продукции, вовлечении в переработку новых месторождений, не пригодных к отработке традиционным горным способом.

Способ СПВ имеет следующие преимущества:

- возможность рентабельной отработки низкосортных урановых руд;
- низкие капитальные и эксплуатационные затраты на организацию производства;
- быстрый возврат капитальных вложений;
- сокращение сроков ввода предприятия в эксплуатацию;
- небольшой расход электроэнергии, малая потребность в оборудовании;

- меньшее воздействие радиации на персонал и окружающую среду;
- сокращение потребности в объектах сбросных продуктов и объемов их утилизации.

Введены в эксплуатацию завод по изготовлению обсадных труб из поливинилхлорида производительностью 3000 т в год, и завод полиэтиленовых труб, необходимых для обустройства технологических скважин, обеспечивающих потребность ими рудников ПВ комбината в ближайшее время и на перспективу. Созданы производственные мощности по изготовлению станций управления погружными насосами.

Увеличение активных, рентабельных для отработки запасов планируется за счет доразведки прогнозных ресурсов и вовлечения в эксплуатацию новых месторождений. Для наращивания объемов добычи урана на геотехнологических рудниках решаются следующие приоритетные задачи:

- техническое перевооружение и модернизация действующих геотехнологических комплексов;
- расширение и реконструкция сернокислотного завода и производства труб из поливинилхлорида и полиэтилена;
- развитие минерально-сырьевых баз действующих геотехнологических рудников, строительство новых геотехнологических рудников на базе вновь вводимых в эксплуатацию месторождений;

- проведение исследовательских работ, опытно-промышленное освоение месторождений с разработкой и внедрением в производство высокоэффективных технологий добычи и переработки комплексных руд;

- укрепление коллективов геотехнологических рудников за счет притока молодых специалистов.

Научно-производственный центр «Геология драгоценных металлов и урана» (Центр НПЦ), образованный в соответствии с постановлением Президента РУз от 27 августа 2010 г., входящий в состав Навоийского ГК, осуществляет геологоразведочные работы на драгоценные металлы, уран и сопутствующие им полезные ископаемые на территории республики.

Основными задачами Центра НПЦ являются: участие в реализации единой государственной политики в области геологического изучения, использования и охраны недр, воспроизводства минерально-сырьевой базы драгоценных металлов, урана и сопутствующих полезных ископаемых; осуществ-

ление геологического изучения недр (поиск, оценка и разведка) с целью дальнейшего укрепления и расширения минерально-сырьевой базы драгоценных металлов, урана и сопутствующих полезных ископаемых; доразведка и методический контроль эксплуатационной разведки месторождений драгоценных металлов и урана, переданных на баланс НГМК; внедрение современных методов финансирования геологоразведочных работ на основе оценки их эффективности и стимулирования в зависимости от конечных результатов - прироста запасов полезных ископаемых и фактических объемов выполненных геологоразведочных работ; выполнение государственного заказа по приросту драгоценных металлов и урана, подготовки новых объектов под прирост запасов на перспективу.

В состав Зарафшанского управления строительства входят строительные управления, завод железобетонных изделий и управление механизированных работ, занимающиеся реконструкцией действующих и строительством предприятий нового поколения.

Производственное объединение «Навоийский машиностроительный завод» (ПО «НМЗ») - производство запасных частей для горношахтного, транспортного и гидрометаллургического оборудования; капитальный ремонт двигателей электрических машин переменного и постоянного тока мощностью до 2000 кВт; выпуск режущего инструмента, мерительного и различной специальной мерительной оснастки. Технологическое оборудование литейного комплекса позволяет получать отливки весом от 100 г до 15 т любой сложности и из различных марок сталей, чугуна и цветных металлов.

Развитие станкостроительного производства позволило выйти заводу в разряд ведущих станкостроительных предприятий Узбекистана. На ПО «НМЗ» достигнуты значительные успехи в восстановлении изношенных деталей методами электрошлаковой и плазменной напильки.

Наряду с продукцией производственно-технического назначения на ПО «НМЗ» выпускаются товары широкого спроса. В 1992 г. введен в эксплуатацию ювелирный завод. Основное направление деятельности - изготовление ювелирных изделий. Технологии и оборудование завода позволяют выпускать 4 вида ювелирных изделий, более трехсот модификаций - цепочки, браслеты, кольца, перстни. Разработана технология изготовления изделий со

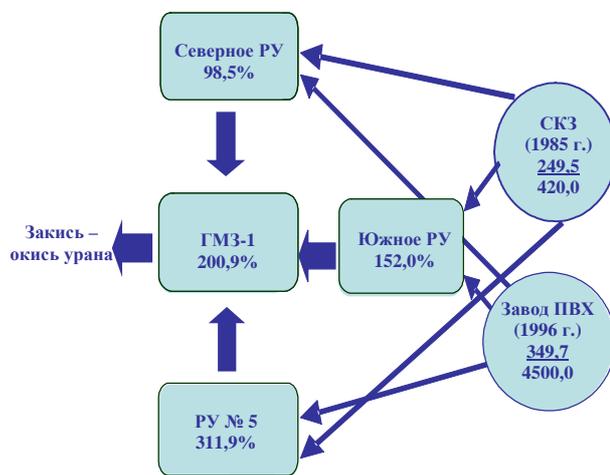


Рис. 4. Развитие геотехнологических комплексов за годы независимости Узбекистана (где выпуск продукции (т/год) соответственно в 1995 и 2011 гг. (1995 г. = 100%))

вставками из искусственных и натуральных камней, применения гравировки и алмазной огранки, освоено микролите по выплавляемым моделям, что делает ювелирное производство неограниченным по художественному потенциалу.

Навоийский ГМК располагает своим агропромышленным комплексом, в который входят агрофирма «Дустлик» и восемь подсобных хозяйств, которые поставляют для тружеников комбината мясо, овощи, бахчевые, фрукты, молоко, соки, маринады и мед.

Общая площадь земли на балансе агрокомплекса составляет 1094 гектара, из которой 78% имеющейся земли заняты зерновыми и кормовыми культурами. Ежегодно на посевных площадях выращиваются 400-450 т фруктов, 450-400 т овощей, 50-80 т бахчевых. Перерабатывается 450-500 т/год фруктов, бахчевых и овощей. Производится 250-300 т готовой консервной продукции. поголовье крупного и мелкого рогатого скота составляет около 1600 голов и до 1500 голов соответственно. Среднегодовое поголовье свиней составляет 4225 голов, пчел до 200 семей. Производство мяса в год составляет более 650,0 т, производство мёда до 2 т. В результате переработки молока выпускается продукция 8 наименований (кефир, сметана, творог, сливочное масло, сыр, молоко, йогурт, айран), в объеме более 2750 т. В теплицах в течение года выращивается более 135 т овощей, 270 тыс. кустов цветочной рассады и 6 тыс. штук цветов. Для улучшения качества кормов в агрофирме «Дустлик» организован цех гидропоники, в котором выращивается зеленая масса до одной тонны в день для добавки в корма крупно рогатого скота.

Навоийский ГМК имеет большой опыт в поиске, разведке, разработке месторождений полезных ископаемых, в переработке минерального сырья и обладает в промышленном масштабе:

- гравитационно - сорбционно - бесфильтрационной технологией извлечения золота из пульпы;
- циклично-поточной технологией транспортирования (ЦПТ) горнорудной массы из карьера и ЦПТ с применением крутонаклонных конвейеров;
- технологией кучного выщелачивания золота из бедных руд;
- технологией безреагентного скважинного подземного выщелачивания урана;
- совместно с Всероссийским Научно-исследовательским институтом технической физики и автоматизации технологией экспрессного определения золота в пробах горных пород и руд золотых месторождений гамма-активационным методом с применением сильноточных линейных ускорителей электронов;
- совместно с ЗАО «Интегра» - автоматизированной системой «Руда», позволяющей с использованием вычислительной техники осуществлять работы по геологическому обеспечению горных работ и управлять качеством добываемого сырья;

- системой автоматизированного проектирования технологической подготовки горного производства.

В Навоийском ГМК для оптимизации развития горнодобывающих предприятий разработаны и внедрены в практику проектирования, планирования и эксплуатации золоторудных месторождений специальные компьютерные технологии:

- система автоматизированного проектирования горного производства (САПР ГП), используемая совместно с автоматизированной системой (АС) «Руда», для решения задач, связанных с геолого-маркшейдерским обеспечением горнодобывочных работ, текущего и перспективного планирования отработки месторождения. За счет внедрения САПР ГП с АС «Руда» удалось увеличить на 6% выход товарных руд без снижения их качества;

- компьютерная технология построения математической модели месторождения и подсчета его запасов. Использование математической модели для подсчета запасов сложноструктурного месторождения Мурунтау по данным опробования геологоразведочных скважин позволило в 2,0-2,5 раза снизить систематическую погрешность по сравнению с генеральным подсчетом запасов 1985 г. При этом относительная погрешность оценки запасов по руде снизилась с 20,7% до 9,5%, и по золоту - с 23,2% до 14,8%;

- компьютерные технологии на основе математической модели месторождения позволили с учетом технико-экономических показателей отработки построить оптимальный финальный контур карьера Мурунтау (с заданными углами откосов, бермами и т.д.), внутри которого находятся рентабельные для отработки запасы, а также построить с учетом ограничений по скорости углубки карьера календарный график его развития. По сравнению с ТЭО IV очереди (1992 г. ВНИПИПТ) в новых контурах карьера Мурунтау более чем на 40% снизился объем горной массы, подлежащий выемке;

- автоматизированная система управления автотранспортом карьера (АСУ АТ) с использованием технологии космической навигации GPS (системы глобального позиционирования), позволяющей с высокой точностью определять координаты движущихся объектов. АСУ АТ взаимодействует с САПР ГП. Информация о расположении и движении горных механизмов передается на диспетчерский пульт и выводится на сервер в виде, приемлемом для использования в программах САПР ГП.

Внедрение АСУ АТ позволило повысить производительность технологического автотранспорта на 8-12%;

- технология предварительного обогащения золотосульфидных руд сортировкой, принятая комбинатом для промышленного внедрения, разработанная совместно со специалистами компании INTEGRA GROUP позволила вовлечь в переработку дополнительное количество золота за счет извлечения из бед-

ных руд, богатого сорта руд по золоту, что является для данного процесса наиболее эффективным;

- технология гамма-активационного анализа золотосодержащих руд, разработанная совместно с Всероссийским НИИ Технической физики и автоматизации (ВНИИТФА) и Научно-исследовательским институтом электронно-физической аппаратуры (НИИ-ЭФА).

Изготовлена программно-управляемая установка гамма-активационного анализа «Астат» для золотосодержащих руд в предварительно подготовленных навесках с использованием тормозного излучения линейного ускорителя электронов ЛУЭ-8-5 с пределом определения золота 0,6 g/t. На установке возможна реализация определения и других элементов.

В «Астате» использован «пятиоконный» вариант гамма-спектрометрии, позволяющий более полно учитывать влияние мешающих элементов. За счет применения двух сцинтилляционных детектирующих устройств длительность анализа снижена до 8 с.

Основные виды инновационной деятельности Навоийского ГМК представлены в табл. 1.

К основным приоритетам инноваций в Навоийском ГМК относятся:

- обеспечение устойчивого развития комбината при сокращении текущих издержек производства на всех этапах технологического цикла;

- поддержание высокого уровня производительности труда и повышение эффективности использования основных производственных фондов комбината;

- снижение удельных капиталовложений на тонну добываемого сырья;

- обеспечение конкурентоспособности товарной продукции на внутреннем и международном рынках.

На Навоийском ГМК осуществлен полный технологический цикл от разведки и добычи руды до получения готовой продукции в виде слитков золота чистотой 99,99 и ювелирных изделий.

Выпускаемые на ГМЗ-2 золото и серебро соответствуют мировым стандартам. Слиткам золота Арбитражной Лабораторией Лондонской биржи металлов в 1994 г. присвоен статус «Оптимальной поставки».

В 1997 г. золото Узбекистана

прошло сертификацию на Токийской бирже промышленных товаров.

В 2006 г. Навоийский ГМК успешно прошел экспертизу на техническую компетентность в Лондонской Ассоциации Рынка слитков, сохранив статус «Оптимальной поставки».

Попутно с золотом ГМЗ-2 выпускает серебро, палладий, накапливающиеся в процессе электролитического аффинирования золота.

Для обеспечения развития и совершенствования производства Навоийский ГМК ведет научно-исследовательские работы собственными силами и с привлечением научно-исследовательских и проектных организаций. Основной вклад в изучении месторождений внесли сотрудники Кызылкумской геологической экспедиции, представители научно-исследовательских организаций - институтов ЦНИГРИ (г. Москва), ВСЕГИИ (г. Санкт-Петербург), ИГиГ АН РУз (г. Ташкент), САИГИМС (г. Ташкент), специализированных кафедр ТашГУ и ТашПИ, специалистами

Таблица 1

**Основные виды инновационной деятельности Навоийского ГМК**

Виды инноваций	Основные направления	Воздействующие факторы
Организационно-управленческие	- совершенствование организационно-управленческой структуры; - разработка различных вариантов стратегического управления инновационной деятельностью комбината	- оптимизация управленческой структуры и бизнес - процессов, протекающих в подразделениях комбината
Технические	- внедрение высокопроизводительного горно - транспортного оборудования; - использование автоматизированного проектирования горного производства; - использование компьютерных технологий построения математической модели месторождений и подсчета запасов; - транспортировка горной массы в глубоких карьерах с использованием циклично-поточной технологии; - обеспечение геодинамической безопасности; - модернизация и строительство гидromеталлургических заводов нового поколения; - стандартизация основных рабочих процессов	- повышение производительности труда; - поддержание и развитие производственных мощностей карьеров, рудников, ГМЗ; - повышение безопасности ведения горных работ
Технологические	- технология добычи золота и урана с использованием высокопроизводительной горнотранспортной техники; - прогрессивные системы разработки золота и урана; - новые схемы подготовки шахтных и урановых полей; - проведение НИР, обеспечивающих научно-техническое развитие рудников и ГМЗ; - внедрение новых технологий для механизации добычи и переработки руд; - использование принципов инновационного развития ГМЗ; - использование безотходных технологий	- обеспечение научно-технического развития золото и уранодобывающих отраслей; - программы НИР
Социальные	- повышение квалификации рабочего персонала; - введение новых материальных стимулов; - новые методы обучения персонала; - улучшение условий труда	- изменения в коллективном договоре Навоийского ГМК; - охрана окружающей среды

Министерства геологии Узбекистана. В разработке отдельных вопросов большое содействие оказали специалисты институтов: ЦНИГРИ, ИМГРЭ, ИГЭМ, ВИМС, ВНИИХТ, ВНИИРТ (г. Москва), ВСЕГИИ, ИГиГ АНРУз, ИМР, институт ядерной физики АН РУз.

В годы независимости республики резко повысилась роль научных учреждений Узбекистана в деятельности Навоийского ГМК. Основная доля в решении научно-исследовательских вопросов совершенствования традиционных технологий добычи и переработки полезных ископаемых, поиска и разработки новых решается институтом «УзГЕОРАН-ГМЕТЛИТИ».

Большой спектр вопросов решает ГП НПЦ «Геология урана и редкоземельных металлов», институт микробиологии АН РУ, ТГТУ им. А.Р. Беруни, институт ядерной физики АН РУз, НПО «Технолог», специалисты межотраслевого центра «Стратегических инноваций и информатизации», институты: Ташкентский автодорожный; общей и неорганической химии АН РУз; минеральных удобрений АН РУ; Навоийский государственный горный и другие.

Какие задачи ставит перед собой НГМК на перспективу?

1. Опираясь на более чем 50-летний опыт работы горно-металлургического производства, на тесные связи с предприятиями отрасли, институтами АН РУз, отраслевыми институтами, неуклонно внедрять

широкомасштабные инновации, способствующие дальнейшему повышению эффективности работы и позволяющие сохранить лидирующие позиции комбината.

2. Используя накопленный опыт, увеличить экспорт продукции и свое присутствие на международном рынке.

3. Используя достижения последних лет в области реализации инноваций в горно-металлургическом комплексе, провести дальнейшее расширение и эффективную модернизацию горно-перерабатывающих производств комбината.

Таким образом, экономика Узбекистана сможет занять достойное место в мировом хозяйстве. В республике сформировалась группа мощных конкурентоспособных компаний, которые имеют современные наукоемкие технологии и в состоянии на равных соперничать с ведущими зарубежными фирмами. Реализация инноваций на производстве позволила Навоийскому ГМК решать сложные комплексные задачи горно перерабатывающей отрасли. Сегодня комбинат входит в первую десятку лидирующих мировых компаний по производству золота и урана. Имеется значительный задел по инвестиционным инновационным проектам горно-металлургического комплекса, который будет реализован Навоийским горно-металлургическим комбинатом при выполнении республиканской программы инновационного развития до 2020 г.

УДК 622.286.4(043.3)

© Санакулов К.С., Дедов С.Д. 2011 г.

## РАЗВИТИЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В НАВОЙСКОМ КОМБИНАТЕ

Санакулов К.С., генеральный директор НГМК, докт. техн. наук; Дедов С.Д., инженер отдела главного энергетика НГМК

Горно перерабатывающая промышленность является одной из наиболее энергоемких отраслей народного хозяйства Узбекистана.

Стоимость энергозатрат в среднем по отрасли составляет около 20% общих затрат по добыче и переработке руды.

В условиях рыночной экономики резко возрастает значение экономии и рационализации использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР).

На действующих горно перерабатывающих производствах разработаны и реализуются достаточно эффективные мероприятия, направленные на энерго- и ресурсосбережение (рис. 1 - 9, табл. 1 - 3).

Учитывая, что горно перерабатывающие производства Навоийского горно-металлургического комбината расположены в пустынной зоне и на довольно больших расстояниях как друг от друга, так и от

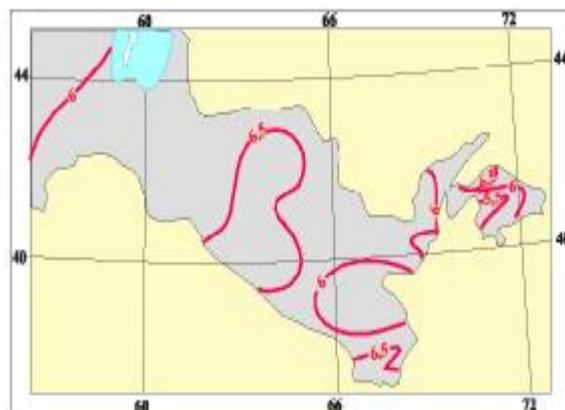


Рис. 1. Годовая сумма прямой солнечной радиации ( $S, \text{MJ/m}^2 \times 10^3$ ) в Узбекистане на горизонтальную поверхность

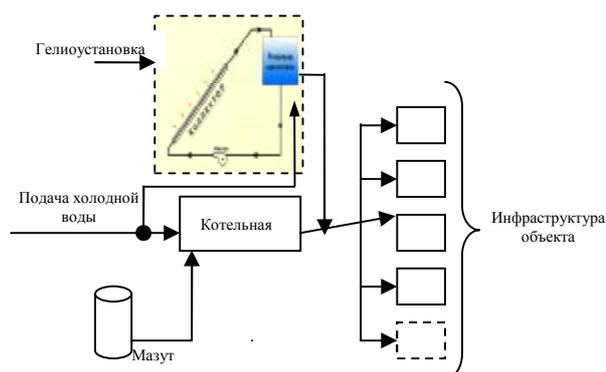


Рис. 2. Структурная схема использования гелиоустановок

основных линий электропередач и магистральных трубопроводов с энергоносителями, остро встаёт вопрос с энергообеспечением вышеуказанных производств, особенно с теплоснабжением и горячим водоснабжением. Строительство электростанций нерентабельно, так как требует больших капиталовложений, а частая передислокация по мере отработки месторождений требует вывода систем энергообеспечения из работы, демонтажа и переноса их на новые месторождения. В связи с этим, при проектировании вновь строящихся промобъектов, а также при их реконструкции, в качестве энергоносителей всё чаще используются нетрадиционные (альтернативные) источники энергии.

Действующие в структурных подразделениях комбината возобновляемые источники энергии обеспечивают выработку энергии на ряде объектов и рудниках, расположенных в удалённых и труднодоступных районах в дополнение к действующим источникам энергии.

Значительным преимуществом возобновляемых источников энергии является то, что они высвобождают энергетические ресурсы для их использования в качестве сырья нефтехимической промышленности, и возобновляемая энергетика становится единственным экономически обоснованным, доступным и надёжным источником энергии для объектов и рудников, расположенных в удалённых и труднодоступных районах.

Использование возобновляемых источников энергии стало составной частью общей стратегии развития экономического сектора комбината с определением их роли и места в текущем и перспективном энергобалансе комбината с учётом имеющегося технического потенциала возобновляемой энергетики.

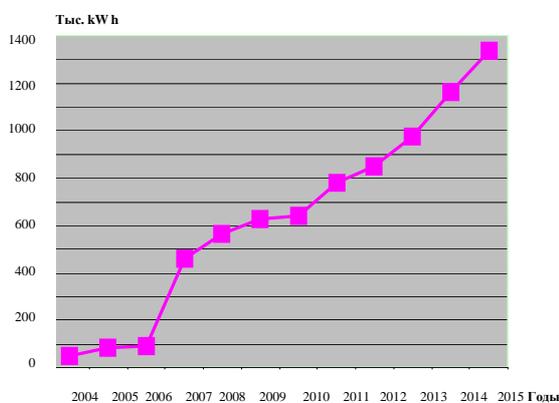


Рис. 3. Динамика использования солнечной энергии в структурных подразделениях комбината и перспективы её развития на период до 2015 г.

Для условий Навоийской области актуальными являются технологии возобновляемой энергетики, использующие солнечную энергию, геотермальную энергию и энергию биомассы. Учитывая максимальное количество солнечных дней в Узбекистане (порядка 300 дней в году) эффект от использования установок очевиден и в среднем составляет от 8 до 12 % от объёмов потребления ТЭР котельными комбината. По данным центра гидрометеорологической службы при Кабинете Министров Республики Узбекистан отмечается, что энергетическая освещённость прямой солнечной радиации на перпендикулярную к лучам поверхность ( $S$ ) на равнинных станциях в полуденные часы при ясном небе колеблется от 0,80 до 0,90  $\text{kW h/m}^2$ . Максимальные (из средних за месяц) величины  $S$  наблюдаются весной – в марте-апреле и достигают 1,07  $\text{kW h/m}^2$ . Средние годовые амплитуды составляют 0,10-0,15  $\text{kW h/m}^2$ . На высокогорных станциях средние многолетние величины  $S$  изменяются в пределах 0,94-1,06, а максимальные величины достигают 1,21  $\text{kW h/m}^2$ .

Суммарная радиация ( $Q$ ) определяется приходом прямой и рассеянной радиации на горизонтальную поверхность.



Рис. 4. Гелиоустановки: а) ЦРУ, рудник «Восточный», б) ЦРУ, пансионат «Горняк»

Средние многолетние величины энергетической освещённости суммарной радиации  $Q$  заключены в пределах 0,45-0,96  $\text{kW h/m}^2$ , минимум – в январе, максимум – в марте-июне. Приток солнечной радиации зависит от широты, определяющей продолжительность дня и наличия облачного покрова. При средних условиях облачности в январе и апреле прямая солнечная радиация снижается примерно вдвое по сравнению с ясной погодой.

Как видно из рис. 1 годовые суммы прямой солнечной радиации на горизонтальную поверхность при ясном небе достигают  $7000 \text{ MJ/m}^2$  ( $1,67 \text{ gGal/m}^2$ ;  $1 946 \text{ kW h/m}^2$ ).

В условиях средней облачности количество поступающей на земную поверхность суммарной радиации за год не выше  $6500\text{-}6800 \text{ MJ/m}^2$ .

**Солнечные нагревательные установки.** В структурных подразделениях комбината использование солнечных нагревательных установок начато с 2004 г. В настоящее время эксплуатируется 8 гелиоустановок производства «Хромоген» (Израиль) «Висман» (Германия), ООО «Курилишгелиосервис» и УП «Элерем» АО «Средазцветметэнерго» (Узбекистан) общей мощностью около  $600 \text{ gGal/m}^2$  в год.

Площадь солнечных коллекторов составляет  $769 \text{ m}^2$ . Все гелиоустановки используются для получения горячей воды с дальнейшим использованием на производственно-бытовые нужды.

Солнечные водонагревательные установки используют энергию солнечного излучения для повышения температуры воды посредством солнечных коллекторов. Наибольшее распространение в комбинате получили плоские солнечные коллекторы, которые состоят из воздухонепроницаемого корпуса с прозрачным покрытием, окрашенным в тёмный цвет, металлической абсорбционной пластины, содержащей водопроводные трубки и изоляции для снижения потерь тепла с задней и боковых стенок корпуса коллекторной пластины.

Используемые в комбинате установки предусматривают круглогодичное использование и имеют соответствующую теплоизоляцию и технологию.

Так, за счёт использования закрытой циркуляционной системы, в которой теплопередающая жидкость с более низкой точкой замерзания, чем у воды, циркулирует через солнечный коллектор и с помощью теплообменника передаёт накопленное тепло воде, находящейся в накопительном резервуаре.

Гелиоустановки, действующие в структурных подразделениях комбината двухконтурные, оборудо-



Рис. 5. Гелиоустановки: а) ПО «НМЗ», база отдыха «Лазурная», б) РУ-5, ГТР месторождения «Северный Канимех»

ваны баками-аккумуляторами различной емкостью, исходя из производительности установки.

Первый контур состоит из солнечных теплоприёмников - гелиоколлекторов, расширительного бачка, трубчатого горизонтального теплообменника, размещённого в баке-аккумуляторе. Контур заполняется незамерзающим теплоносителем. Второй контур состоит из бака-аккумулятора с нанесённым теплоизоляционным слоем и защитным кожухом, бак-аккумулятор снабжён также теплоэлектронагревателями. Контур заполнен исходной водопроводной водой и при необходимости в ночное время догрев исходной воды до требуемых параметров производится трубчатыми электрическими нагревателями (ТЭН) с помощью датчиков температуры и пультов управления (рис. 2).

Место установки гелиоколлекторов	Общая площадь установленных гелиоколлекторов, $\text{m}^2$	Производительность установки, $\text{kW h}$
СРУ. УАТ-2 пл.Кокпатас	59,5	73 269
СРУ. Рудник «Восточный» пл.Кокпатас	20,4	25 120
СРУ. ГТР	24,0	27 330
СРУ. ГРП-2	48,0	50 125
ЦРУ. Пансионат «Горняк»	546,9	450 081
ПО «НМЗ» база отдыха «Лазурная»	40,2	31 866
РУ-5. АБК месторождения «Северный Канимех»	24,0	27 330
РУ-5. ЦМТБ. Склад кислот	6,4	8 490
Итого	769,4	693 611

Таблица 2

Затраты на приобретение, эксплуатацию гелиосистем и получаемая экономия

Показатели	2004 г.	2005 г.	2006 г.	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.	Всего
Затраты, тыс. сум	28 010	-	23 157	71 678	33 430	15 600	-	171 875
Экономия, тыс. сум	1 143	1 286	4 849	19 690	31 152	49 357	95 193	202 670

верхность солнечных коллекторов. Например, по Навоийской области коллекторы устанавливаются под углом 42 градуса к горизонту. Гелиоустановки введены в эксплуатацию в следующих структурных подразделениях: в Северном рудоуправлении (СРУ); в рудоуправлении № 5 (РУ-5), в Центральном

В комбинате эксплуатируется два типа систем накопительных резервуаров: пассивные и активные. В пассивных системах резервуар располагается выше солнечных коллекторов, чтобы холодная теплопередающая жидкость сливалась в коллекторы через выпускной патрубок, проходящий от теплообменника, который находится на дне накопительного резервуара, к нижней части солнечного коллектора.

Затем теплопередающая жидкость нагревается солнцем, поднимается через коллектор и возвращается в теплообменник через входной патрубок, находящийся в верхней части коллектора. Это создаёт непрерывный поток теплопередающей жидкости через коллектор без использования принудительной циркуляции.

В активных системах солнечный коллектор располагается на крыше, а накопительный резервуар может находиться на земле или в любом другом удобном месте. Вода или теплопередающая жидкость прокачивается через коллектор насосом, обеспечивающим принудительную циркуляцию.

Активные системы более дорогие и требуют более тщательного технического обслуживания, чем пассивные. Однако активные системы эффективны в тех случаях, когда накопительный резервуар нельзя установить на крыше. Накопительные резервуары выполнены из нержавеющей стали и имеют изоляцию для условия работы в прохладный или зимний период времени.

Все солнечные водонагреватели оснащены бустерами (резервными источниками), которые догревают воду, когда солнечная радиация недостаточна, чтобы обеспечить нужное количество тепла для нагрева воды.

В качестве бустеров принимаются трубчатые электрические нагреватели, которые расположены внутри накопительного резервуара. Панели солнечного водонагревателя располагаются в соответствии с траекторией движения солнца, чтобы получить полное использование солнечной энергии.

Высокая эффективность работы достигается тогда, когда коллекторы установлены под углом к горизонту в чётком соответствии с широтой местности, поскольку в этом случае обеспечивается максимальное падение солнечных лучей на по-

верхности (ЦРУ), в Южном Рудоуправлении (ЮРУ); в Производственном объединении «Навоийский машиностроительный завод» (ПО «НМЗ»). Среднегодовая экономия электроэнергии, полученная комбинатом от использования гелиоустановок, составляет порядка 700 тыс. kW h. В 2011 г. планируется установить гелиосистемы для нужд горячего водоснабжения (ГВС) рудника Гужумсай, залежей № 2 и № 6 РУ-5 и горно - металлургического завода № 1 (ГМЗ-1) общей площадью солнечных коллекторов 350 м<sup>2</sup>, что позволит в ближайшем будущем ежегодно экономить дополнительно до 240 тыс. kW h электроэнергии.

Динамика потребления солнечной энергии в структурных подразделениях комбината и перспективы её развития на период до 2015 г. наглядно показывает значительный рост потребления солнечной энергии и стабильность дальнейшего роста потребления солнечной энергии в последующих годах (рис. 3). Краткая характеристика и технические данные по гелиоустановкам, работающим в структурных подразделениях комбината, приведены ниже.

Северное рудоуправление:

- ♦ УАТ-2. Расстояние от площадки до магистральных электрических сетей составляет 30 km. Для обеспечения экономии электроэнергии и надёжности в снабжении электроэнергией на площадке смонтировано 35 шт. солнечных коллекторов производства фирмы «Vissmann», Германия, общей площадью 59,5 м<sup>2</sup>; производительностью 63 gGal/год или 73269 kW h; ввод в эксплуатацию - 2004 г.

Полученная экономия составила 291 g Gal или 338,4 тыс. kW h, 13 572,94 тыс. сумов.

Таблица 3

Показатели работы термальной скважины № 9 за период 2008-2010 гг.

Наименование	2008 г.	2009 г.	2010 г.
Эл. энергия, kW h / тыс сум	283/12061	156/8656	54.9/7775
Топливо, g Gal / тыс. сум	1393/60909	1232/52793	1152/57287

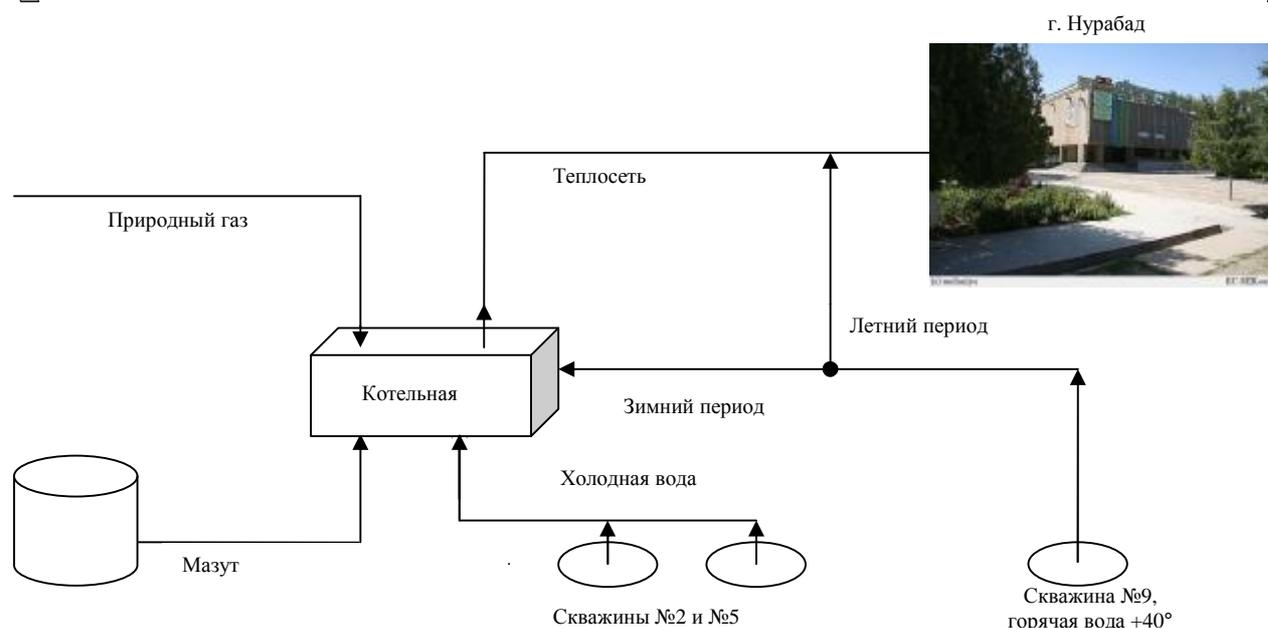


Рис. 6. Структурная схема использования геотермальной энергии в г. Нурабад

◆ Получаемая горячая вода используется для горячего водоснабжения подразделений УАТ и рудника Восточный.

◆ Рудник Восточный. Расстояние от площадки до магистральных электрических сетей составляет 30 km. Смонтировано 12 шт. солнечных коллекторов производства фирмы «Vissmann», Германия (рис 4, а): общая площадь - 20,4 m<sup>2</sup>; производительность - 21,6 g Gal /год или 25120 kW h; ввод в эксплуатацию - 2006 г; полученная экономия составила - 303 g Gal или 352,4 тыс. kW h, 18 271,58 тыс. сумов; получаемая горячая вода используется на нужды столовой и административно-бытового комбината (АБК);

◆ База ГТР расположена в 6 km от г. Учкудука. Смонтировано 10 шт. солнечных коллекторов производства Израиля: общая площадь - 24 m<sup>2</sup>; производительность - 23,5 g Gal/год или 27330 kW h; ввод в эксплуатацию - сентябрь 2006 г.; полученная экономия составила - 96,22 g Gal или 111,9 тыс. kW h, 7 190 тыс. сумов; получаемая горячая вода используется для горячего водоснабжения в АБК.

◆ ГРП-2 расположена в 9 km от г. Учкудука. Установлено 20 шт. солнечных коллекторов производства Израиля: общая площадь - 48 m<sup>2</sup>; производительность составит 43,1 g Gal /год или 50125 kW h; ввод в

эксплуатацию - 2008 г.; полученная экономия за период эксплуатации составила - 28,2 g Gal или 32.8 тыс. kW h, 3 762,2 тыс. сумов; получаемая горячая вода используется на горячее водоснабжение объектов.

В Центральном рудоуправлении гелиоустановка работает в пансионате «Горняк» (рис. 4, б), где установлено и запущено в 2007 г. в эксплуатацию 212 коллекторов производства Израиля. Расстояние от пансионата до магистральных электрических сетей составляет порядка 100 km. Общая площадь коллекторов, работающих в пансионате, составляет 546,9 m<sup>2</sup>; производительность 387 g Gal/год или 450 081 kW h; полученная экономия за период эксплуатации составила 1 298.9 тыс. kW h, на сумму 73 853,0 тыс. сумов; получаемая горячая вода используется для нужд ГВС пансионата.

В ПО «НМЗ» гелиоустановка работает на гостиничном комплексе базы отдыха «Лазурная», которая расположена в 40 km. от г. Бухары (рис. 5,

а). Гелиоустановка состоит из 20 коллекторов солнечной энергии производства ООО «Курилишгелиосервис», г. Ташкент. Общая площадь - 40,0 m<sup>2</sup>; производительность установки - 18 g Gal/год или 20 934 kW h; полученная экономия за период эксплуатации составила 212.9 тыс. kW h на сумму 7 049,0 тыс. сумов; В РУ-5 гелиоустановки функционируют на ГТР



Рис. 7. Установка по получению биогаза в подсобном хозяйстве г. Зарафшан

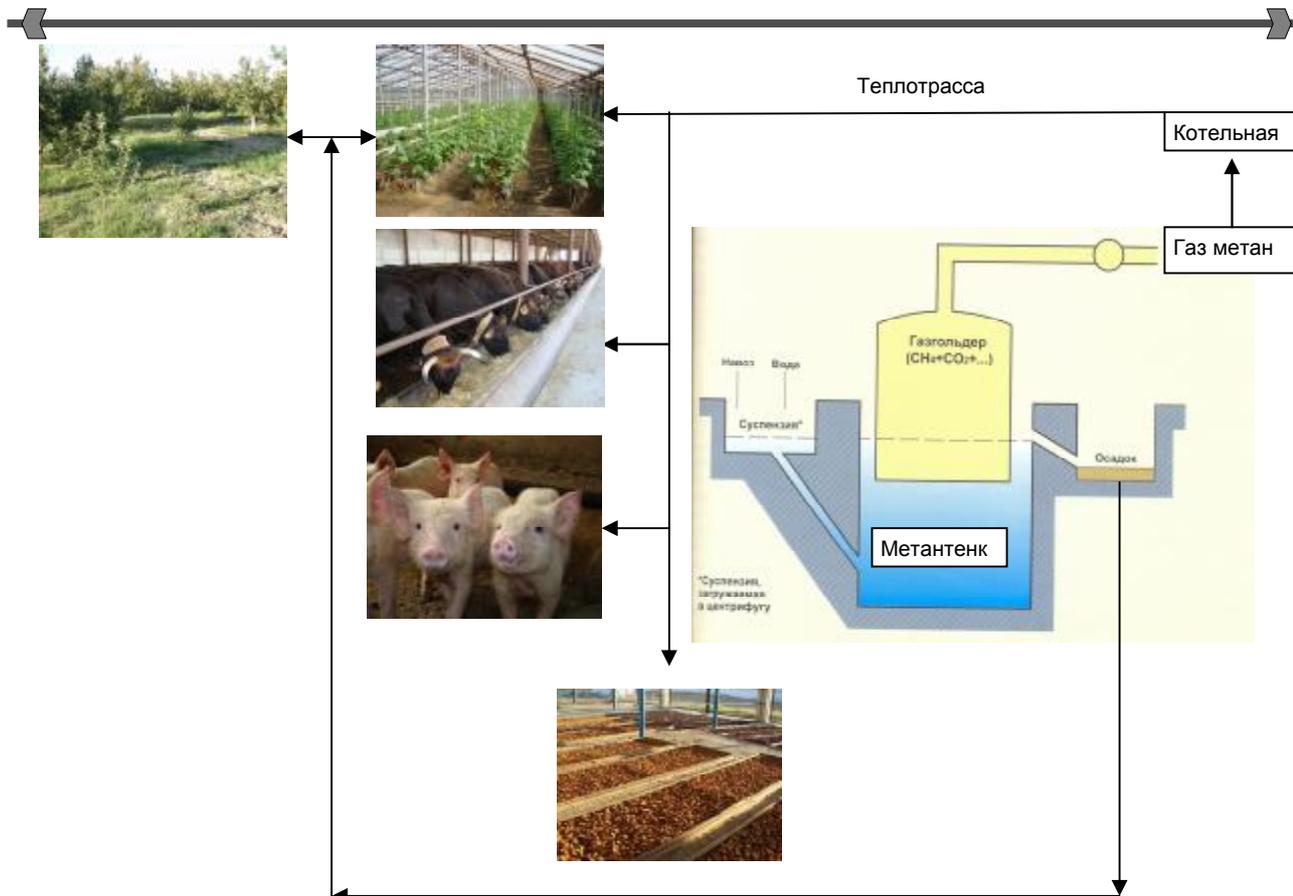


Рис. 8. Структурная схема использования биогаза и переработанного навоза в подсобном хозяйстве

месторождения «Северный Канимех» (рис. 5, б) и на ЦМТБ. Объекты расположены на расстоянии 12 km. от г. Зафарабада.

На ГТР гелиоустановка эксплуатируется с 2009 г. Установка состоит из 15 солнечных коллекторов общей площадью 24 m<sup>2</sup> производительностью 27,4 g Gal/год или 31 866 kW h. Полученная экономия за период эксплуатации составила 40,8 тыс. kW h на сумму 2 611,2 тыс. сумов и 144 t мазута на сумму 27 168 тыс. сумов. Горячая вода после установки используется для нужд АБК.

На ЦМТБ гелиоустановка состоит из 4 солнечных коллекторов, общей площадью 6,4 m<sup>2</sup> производительностью 7,3 g Gal/год. Полученная экономия за период эксплуатации составила 24,3 тыс. kW h на сумму 1 555,2 тыс. сумов. Технические характеристики гелиоустановок, действующих в структурных подразделениях комбината, представлены в табл. 1.

Анализ работы действующих установок показывает, что установки с большей производительностью

окупаются гораздо быстрее в сравнении с установками с меньшей производительностью. Затраты на приобретение и окупаемость установок отражены в табл. 2. Срок окупаемости гелиоустановок, работающих в комбинате, в среднем составляет от 4 до 5 лет.

**Геотермальные установки.** Геотермальные воды используются в комбинате в Южном рудоуправлении (ЮРУ) для обеспечения горячего водоснабжения (ГВС) населения г. Нурабада (рис. 6). Геотермальная вода поступает на котельную г. Нурабада по трубопроводу Ду-250 mm из скважины № 9, расположенной на расстоянии 5,5 km от котельной. Скважина освоена и введена в эксплуатацию в 1980 г., использовалась для удовлетворения питьевых нужд населения города.

Начиная с 2008 г. геотермальную воду начали использовать для нужд ГВС. Дебит скважины составляет 80 m<sup>3</sup>/t, температура поступающей воды на котельную равна 38<sup>0</sup>C, что вполне удовлетворяет параметрам температуры, требуемой для нужд горячего водоснабжения.

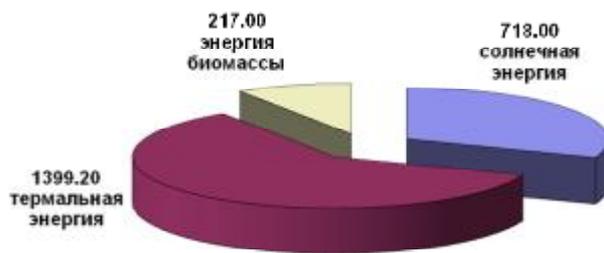


Рис. 9. Структура производства возобновляемых источников энергии

В летний период времени работа ГВС г. Нурабада осуществляется геотермальной водой напрямую из скважины, работа котельной на данный период времени приостанавливается. В зимний период термальная вода поступает через фильтры на котельную, где догревается до требуемой по технологии температуры и подается в тепловую сеть для отопления и ГВС населения и инфраструктуры города. Затраты по эксплуатации системы термальной энергии в Южном рудоуправлении за последние три года составили - 187 128 тыс. сумов, экономия использовании топливных ресурсов составила - 195 037.0 тыс. сумов. Показатели работы термальной скважины №9 за период работы с 2008 г. по 2010 г. приведены в табл. 3. Вовлечение в топливно-энергетический баланс комбината термальных вод позволяет экономить свыше 1000 туг (t условного топлива) в год по котельной г. Нурабада и денежные средства в размере - 65 062 тыс. сумов.

**Установка производства биогаза.** Установка по производству биогаза смонтирована и запущена в эксплуатацию в г. Зарафшане в подсобном хозяйстве Зарафшанского горного предприятия (ЗГП) «Поток» в 2009 г. Производительность установки составляет 100 м<sup>3</sup>/d биогаза и 4,0 t сопутствующего продукта - готового к применению органического удобрения. В качестве исходного материала используется навоз свинофермы, разбавленный водой.

В состав установки (рис. 7) входит приёмная ёмкость с перекачивающим насосом, три метантенка объёмом по 60 м<sup>3</sup>, где при постоянной температуре 38<sup>0</sup>C происходит анаэробная переработка биомассы. Процесс переработки происходит без доступа воздуха, температура среды поддерживается электрическими ТЭНами с регулярным перемешиванием. После приготовления газ (метан) собирается в верхней зоне метантенка и компрессором прокачивается через фильтры известкования, где задерживаются имеющиеся

примеси и поступает в систему газгольдеров, состоящую из четырёх ёмкостей объёмом по 5 м<sup>3</sup> каждая. Откуда компрессором газ перекачивается на газораспределительный пункт (ГРП), где происходит понижение давления газа с высокого на среднее и далее газ поступает на котельную. При повышении избыточного давления биогаза в сети предусмотрена система его стравливания и сжигания.

Балансовая стоимость установки составила - 138,4 млн. сумов. Средняя экономия в год составляет: от реализации газа (метана) - 41 789 м<sup>3</sup>, исходя из средней стоимости газа 700 сум за 1 м<sup>3</sup> - 29 252 тыс. сумов, от реализованного навоза - 25 210 тыс. сумов. при стоимости удобрений 7.0 тыс. сумов за t.

В настоящее время рассматривается вопрос реконструкции установки с целью увеличения её производительности.

Использование биогаза и качественных удобрений, получаемых на биогазовой установке, позволяет отапливать животноводческие помещения фермы, имеющиеся теплицы и производить сушку сельскохозяйственной продукции, что способствует в дальнейшем выпуску продукции, производимой ЗГП «Поток», - это: круглогодично овощи, высококачественная мясколбасная и молочная продукция с последующей реализацией через фирменные магазины населению. Структурная схема использования биогаза и переработанного навоза в подсобном хозяйстве в г. Зарафшане приведена на рис. 8. Технологический процесс биогазовой установки полностью автоматизирован.

Структура производства возобновляемых источников энергии в Навойском комбинате в 2010 г. представлена на рис. 9.

Таким образом, нетрадиционные источники энергии - солнечная, биогаз, геотермальная - являются важным резервом энергоснабжения в комбинате.

УДК 622.286.4(043.3)

© Шеметов П.А., Глотов Г.Н., 2011 г.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ГЕОТЕХНОЛОГИИ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА

Шеметов П.А., советник генерального директора НГМК, докт. техн. наук; Глотов Г.Н., зам. главного геолога НГМК, канд. техн. наук

В геотехнологии подземного выщелачивания (ПВ) урана можно выделить два основных направления. Первое связано с изучением физико-геологических условий месторождений, второе направление - с разработкой технологии добычи и заключается в выборе способа вскрытия месторождения, процесса перевода урана в подвижное состояние, подъема, транспортирования и наиболее

эффективных схем переработки продуктивных растворов.

Перед каждым направлением стоят свои специфические задачи, решение которых призвано по некоторому количеству параметров, характеризующих месторождение, рекомендовать выбор оптимальной технологической схемы процессов и средств добычи урана.

Существующие в настоящее время теоретические концепции технологии урана не позволяют найти точные критерии для оценки интенсивности процесса добычи, определить количественную сторону его зависимости от природных параметров, факторов и управляемых параметров технологических режимов.

В связи с этим в Навоийском горно-металлургическом комбинате (НГМК) выполнены исследования, направленные на выработку методик качественной и количественной оценки процессов ПВ в зависимости от природных и технологических факторов, параметров.

Авторами предложена концепция геотехнологии ПВ урана, выраженная в детерминированной динамической модели, которая разработана на фактических материалах отработки пластово-инфильтрационных месторождений. Сущность разработки модели заключается в следующем.

На предприятиях ПВ НГМК за 50 лет опыта отработки двенадцати пластово-инфильтрационных месторождений урана накоплен уникальный эмпирический материал по объему и информативности: отработано более 1000 эксплуатационных блоков с применением различных технологий (сернокислотной, слабокислотной, миниреагентной), различных схем вскрытия (прямоугольной – продольной, поперечной; ячеистой; рядной; с этажным расположением фильтров), межскважинных и межрядных расстояний, режимов эксплуатации.

Отработаны рудные залежи (их части) с широким диапазоном природных параметров и условий залегания, отражающих специфические условия практически всех встречающихся в Кызылкумской урановой провинции морфогенетических, геолого-гидрогеологических и геотехнологических типов и сортов руд. Весь этот материал был исследован с целью установления зависимостей протекания процессов ПВ в различных природных средах (типах разрезов).

В качестве метода исследования был применен системный подход и системный функциональный анализ, которые предопределили исследование причинно-следственных связей процессов ПВ, исходя из физико-химических закономерностей, протекающих в естественных природных средах.

По результатам этих исследований разработана детерминированная динамическая модель ПВ урана, которая качественно и количественно отражает (вскрывает) взаимосвязь и взаимообусловленность природных, технических и геотехнологических параметров, участвующих в ПВ, с его геотехнологическими выходными показателями, характеризующими работу любой системы разработки.

Основные из них: время отработки, удельные расходы растворов на одну тонну выщелачиваемой горнорудной массы, расходы реагента на одну тонну выщелачиваемой горнорудной массы, расходы реагента на добычу одного кг урана, среднее

содержание урана в продуктивных растворах, коэффициент извлечения урана из недр. Модель представлена пакетом взаимосвязанных физико-математических формул для определения (расчета) основных геотехнологических показателей ПВ различных скважинных систем и используется при автоматизированном проектировании технологической подготовки производства подземного выщелачивания урана (САПР ТПП ПВ), созданном на основе разработанных модели экономической оценки эффективности ПВ и детерминированной динамической модели ПВ:

Времени отработки блоков, ячеек:

$$t = \left( \frac{a}{C_k} + b \right) \cdot \left( \frac{mc}{M_3} + \Delta c \right), \text{ квартал.} \quad (1)$$

Расхода растворов на одну тонну выщелачиваемой горнорудной массы (Ж:Т):

$$f = \left( \frac{a}{C_k} + b \right) \cdot \left( \frac{mc}{M_3} + \Delta c \right) \cdot \frac{m^3}{t}. \quad (2)$$

Расхода реагента на одну тонну выщелачиваемой горнорудной массы

$$q_m = \frac{(a + b \cdot C_k) \cdot \left( \frac{mc}{M_3} + \Delta c \right)}{J^{i-1}} \cdot 10, \frac{kg}{t}. \quad (3)$$

Расхода реагента на добычу одного кг урана:

$$q = \frac{(a + b \cdot C_k) \cdot \left( 1 + \frac{\Delta c}{\frac{mc}{M_3}} \right)}{J^{i-1} \cdot e_{zn}}, \frac{kg}{kg}. \quad (4)$$

Средних содержаний урана в продуктивных растворах:

$$C_p = \frac{e_p \cdot \frac{mc}{M_3} \cdot 10^4}{\left( \frac{a}{C_k} + b \right) \cdot \left( \frac{mc}{M_3} + \Delta c \right)}, \frac{mg}{l}, \quad (5)$$

где  $C_k$  - средняя концентрация реагента в выщелачивающих растворах на заданный уровень извлечения урана, %;

$\frac{mc}{M_3}$  - приведенное содержание урана в выщелачиваемом объеме горнорудной массы, %;

$\Delta c$  - забалансовые запасы с содержанием урана менее 0.01%;

$a, b, i$  - эмпирические коэффициенты для кинетики и гидродинамики процессов ПВ. Характерны численные значения ( $a, b > 1, i > 0$ ),  $a$  и  $b$  - отражают реагентоемкость (кислотоемкость) природных сред, в которых реализуется процесс ПВ, количественно зависят от вещественного, химического, минералогического состава и прочих свойств горнорудной массы, от применяемых реагентов в технологиях ПВ, от времени контакта выщелачивающих растворов с горнорудной массой (уровня отработки запасов

урана в эксплуатационных ячейках, блоках) (рис. 1);

$i$  – степенной показатель, отражает гидродинамику процессов ПВ;

$J$  – интенсивность фильтрационной проработки одной тонны горнорудной массы выщелачивающими растворами. В свою очередь  $J$  представлена следующим выражением:

$$J = \frac{2200 \cdot v_{o(з)} \cdot K_u}{S_{яч} \cdot M_{эф} \cdot g} \cdot \frac{m^3}{t \cdot кг}, \quad (6)$$

где 2200 – кварталный фонд времени работы технологических скважин, h;

$v_{o(з)}$  – производительность откачной (закачной) скважины,  $m^3/h$ ;

$K_u$  – коэффициент использования технологической скважины, доли ед;

$S_{яч}$  – площадь эксплуатационной ячейки (блока),  $m^2$ ;

$M_{эф}$  – эффективная мощность горнорудной массы, прорабатываемой растворами, m;

$\gamma$  – объемная масса выщелачиваемой горнорудной массы,  $t/m^3$ .

Основной формулой является (1), определяющая время отработки, из которой последовательно выводятся (после соответствующих преобразований) и все остальные. Из формул следует, что с увеличением концентрации выщелачивающего реагента в растворах и интенсивности фильтрационной проработки время отработки блоков уменьшается. На основании этого можно сделать вывод, что чем меньше затрачивается времени для достижения конечного результата в одинаковых геолого-гидрогеологических условиях и при одинаковых схемах отработки, тем эффективнее протекает процесс ПВ.

В формулах модели нашли отражение кинетика  $\left(\frac{a}{C_k} + b\right)$ , массоперенос  $\left(\frac{mc}{M_s} + \Delta c\right)$ , гидродинамика ( $J^i$ ) и характер их взаимодействия в процессах ПВ. Из модели логически вытекает следствие – результаты ПВ прямо зависят от эффективности протекания процессов кинетики, массопереноса и гидродинамики, происходящих в природных условиях.

В автоматизированном (программном) варианте модели используются разработанные оригинальные методики:

- по определению (расчету) эффективной мощности выщелачиваемого объема горнорудной массы;
- по оценке геотехнологических свойств залежей (их частей) урана;
- по оценке фильтрационных свойств рудных интервалов;
- по оценке коэффициентов радиоактивного равновесия руд;
- по определению проницаемости рудного пласта в динамике отработки блоков ПВ в зависимости

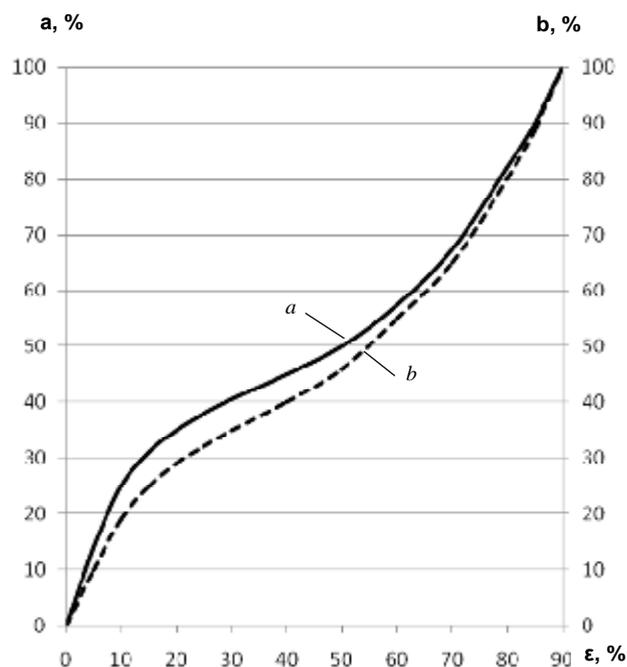


Рис. 1. Динамика изменения кинетических коэффициентов а и б от уровня (ε) отработки запасов урана в ячейках, блоках ПВ

от применяемых технологий и карбонатности среды;

- по обоснованию и определению геотехнологического параметра ПВ – интенсивности фильтрационной проработки горнорудной массы.

Для гидрогенных пластово-инфильтрационных месторождений урана, рудных залежей (их частей) характерен широкий диапазон изменчивости природных геолого-гидрогеологических параметров и условий их залегания, которые существенным образом влияют на эффективность их отработки. Основными из них являются:

- запасы урана (в особенности отдельно в проницаемых и непроницаемых рудах);
- формы и размеры рудных тел;
- содержание урана в руде;
- характер распределения урана по литолого-фильтрационным типам и сортам руд;
- проницаемость руд и вмещающих пород, их соотношение;
- уровень подземных вод;
- мощность рудовмещающего горизонта;
- положение руды в рудовмещающем горизонте;
- гранулометрический, химический, минералогический и вещественный состав руд и вмещающих пород;
- контрастность содержаний руд в рудной залежи;
- температура пластовых вод;
- степень окисленности руд (4-х и 6-ти валентной формы урана);
- мощность рудных залежей;
- глубина и условия залегания руд.

Реализация геолого-гидрогеологических параметров и условий их залегания в любых диапазонах их изменчивости осуществима в детерминированной динамической модели ПВ через разработанные методики определения коэффициентов, что делает модель универсальной для применения ее к условиям любых объектов ПВ (в Узбекистане, России, Казахстане, Украине и т.д.). Любые модели, как бы они ни были детально и глубоко разработаны по количеству признаков и параметров, определяющих ПВ, не могут быть представлены в логическом завершенном виде, если они не опираются на корректную аналитическую информационную базу и не замкнуты на конечный результат через геотехнологико-экономические модели ПВ, апробированные в условиях действующих предприятий.

Разработанная модель ПВ прошла испытание на фактических материалах обрабатываемых и обработанных блоков ПВ. Адекватность модели к реальным условиям и результатам (геотехнологическим показателям) составляет более 90%. С помощью модели можно прогнозировать геотехнологические показатели и оценивать результаты ПВ. Для оценки эффективности ПВ и принимаемых решений при выборе и проектировании вариантов скважинных систем разработана модель экспрессной экономической оценки. В качестве исходной информации для технико-экономической оценки вариантов служат их прогнозные или фактические геотехнологические показатели ПВ.

В качестве экономической оценки вариантов выступает себестоимость добычи одного кг урана, которая складывается из следующих статей затрат по основным видам проводимых работ, последовательность выполнения которых отражает технологическую цепочку получения конечного продукта на предприятиях ПВ:

- горноподготовительные работы (ГПР);
- выщелачивание (перевод урана в недрах из твердого состояния в жидкое);
- раствороподъем и транспортировка продуктивных растворов от участков ПВ до узлов передела;
- концентрирование (их передел) продуктивных растворов на участках переработки;
- прочие виды второстепенных работ (перемещение грузов и т.д.).

Статьи затрат по видам работ являются переменными и в структуре себестоимости могут составлять до 80%, статья затрат по прочим видам работ является условно постоянной.

Себестоимость добычи одного кг урана (у.е./kg) определяется на основе расчетных или фактических геотехнологических показателей ПВ и в соответствии с укрупненными сводными нормативами затрат и расчетными коэффициентами на добычу урана, норм расхода материальных, энергетических и трудовых затрат, тарифных ставок и должностных окладов, штатного расписания

рабочих, ИТР и служащих и других плановых или отчетных показателей.

Методика расчетов стоимостей по статьям затрат, как и себестоимости добычи одного кг урана, заключается в следующем:

Затраты на горно подготовительные работы:

$$Z_{зпр} = \left[ \frac{(n_3 \cdot H \cdot C_{сз}) + (n_o \cdot H \cdot C_{со})}{P \cdot \epsilon \cdot S_{яч}} + Z_{обв} \right] \cdot (K_{зпр} + Z_{подг}), \text{ у.е./kg.} \quad (7)$$

Затраты на выщелачивание урана в недрах:

$$Z_{выщ} = \frac{q}{1000} \cdot C_{кисл}, \text{ у.е./kg.} \quad (8)$$

Затраты на раствороподъем и транспортировку продуктивных растворов:

*Эрлифтный раствороподъем:*

$$Z_{раств(эрл)} = \left[ \left( \frac{1000}{C_p} \cdot P_p \right) \cdot C_3 + \left( \frac{1000}{C_p} \cdot P_n \right) \cdot C_3 \right] \cdot Z_{ам}, \text{ у.е./kg.} \quad (9)$$

*Насосный раствороподъем:*

$$Z_{раств(нас)} = \frac{\left( \frac{P \cdot \epsilon \cdot S_{яч}}{C_p \cdot v_n \cdot t_n \cdot K_n} \right) \cdot C_{нас}}{P \cdot \epsilon \cdot S_{яч}} \cdot K_o + \left( \frac{1000}{C_p} \cdot P_p \right) \cdot C_3 + \left( \frac{1000}{C_p} \cdot P_n \right) \cdot C_3, \text{ у.е./kg.} \quad (10)$$

Затраты на концентрирование продуктивных растворов (передел растворов):

$$Z_{пер} = \left[ \left( \frac{1000}{C_p} \cdot P_n \right) \cdot C_3 + \left( \frac{1000}{C_p} \cdot P_{нм} \right) \cdot C_3 \right] \cdot Z_{оов}, \text{ у.е./kg,} \quad (11)$$

где  $n_{з(о)}$  - количество закачных (откачных) скважин, приходящихся на одну эксплуатационную ячейку, шт.

$H$  - глубина технологических скважин, м;

$C_{сз(со)}$  - стоимость сооружения одного п.м. скважин (закачной, откачной) у.е.;

$P$  - площадная продуктивность,  $\text{kg/m}^2$ ;

$\epsilon$  - уровень извлечения запасов урана, доли ед;

$S_{яч}$  - площадь одной эксплуатационной ячейки,  $\text{m}^2$ ;

$Z_{подг}$  - стоимость затрат на подготовку одного кг урана на обрабатываемых площадях (у.е.);

$Z_{обв}$  - стоимость затрат на обвязку скважин,  $Z_{обв}$  на практике составляет примерно около 10% от стоимости затрат на вскрытие одного кг урана;

$K_{зпр}$  - поправочный коэффициент к затратам на ГПР за время эксплуатации блока, доли ед., (определяется из графика, который показан на (рис. 2);

$q$  - удельные расходы кислоты на добычу одного кг урана,  $\text{kg/kg}$ ;

$C_{\text{кисл}}$  - стоимость одной тонны кислоты (реагента), у.е;

$C_p$  - среднее содержание урана в продуктивных растворах, mg/l;

$P_p$  - расходы электроэнергии на подъем одного  $\text{m}^3$  продуктивных растворов на поверхность земли, kW h;

$P_n$  - расходы электроэнергии на перекачку одного  $\text{m}^3$  продуктивных растворов на поверхности земли – от участков ПВ до центральных отстойников, kW h;

$C_3$  - стоимость одного kW·h электроэнергии, у.е.; 1000 – пересчетный коэффициент;

$Z_{\text{ам}}$  - затраты на амортизацию компрессорного хозяйства, у.е./kg, как правило составляет 10% от стоимости раствораподъема;

$v_n$  - производительность погружного насоса,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;

$t_n$  - планируемая наработка насоса, час;

$K_n$  - коэффициент использования насоса, ед, доли ед.;

$C_{\text{нас}}$  - стоимость одного насоса, у.е.;

$K_o$  - коэффициент, учитывающий стоимость обвязки насоса, скважины (обычно равен 1, 10).

$P_{\text{пм}}$  - расходы электроэнергии на транспортировку одного  $\text{m}^3$  маточных (рабочих) растворов от узла сорбции до участков ПВ, kW h;

$Z_{\text{дов}}$  - затраты на доводку одного кг урана, у.е./kg, (при устоявшейся и отработанной технологии эти затраты в 2,3-2,5 раза больше суммарных затрат на транспортировку растворов).

Стоимость прочих затрат (условно- постоянные -  $Z_{\text{проч}}$ ) может колебаться в пределах 30-35% от суммарной стоимости статей затрат по видам работ.

В стоимость прочих затрат входят расходы на

охрану окружающей среды.

Себестоимость добычи одного кг урана:

$$C_u = Z_{\text{спр}} + Z_{\text{выщ}} + Z_{\text{раств}} + Z_{\text{пер}} + Z_{\text{проч}}, \text{у.е./kg.} \quad (12)$$

В НГМК разработана методика геотехнологического районирования (ГТР) урановых месторождений гидрогенного генезиса, общие принципы которой показаны на рис. 3.

Ее реализация стала возможной только после внедрения в производство САПР ТПП ПВ. Актуальность ГТР особенно возросла в последние годы.

Это находит свое объяснение, с одной стороны, в необходимости получения всесторонней характеристики обрабатываемых месторождений и разведываемых месторождений, как объектов ПВ в связи с большой геотехнологической неоднородностью их рудных полей, а с другой, в возможности иметь уже на стадии предварительной или детальной разведок геолого-экономическую оценку отдельных рудных залежей и всего месторождения в целом с укрупненными показателями себестоимости добычи урана по промышленным типам и сортам руд, получаемым на основе прогнозных геотехнологических показателей процесса ПВ, что является важным для уранодобывающих предприятий в условиях рыночной экономики и нестабильности международной рыночной конъюнктуры на атомное сырье.

Определяющую роль на формирование себестоимости добычи урана оказывают цены на энергоносители, материалы, оборудование, горюче-смазочные разработки рудных залежей, месторождений.

Подводя итог вышесказанному, необходимо подчеркнуть, что модель экспрессной экономической оценки эффективности ПВ, совместно с детерминированной динамической моделью геотехнологии ПВ урана, объединенные на базе программного обеспечения в САПР ТПП ПВ, окажут существенную помощь в практической деятельности не только широкому кругу специалистов, ведущих поиски, разведку, проектирование, планирование и эксплуатацию месторождений урана способом ПВ, но могут быть использованы в качестве обучающих программ для преподавателей и студентов специализированных учебных заведений (материалы и т.д.), а также спрос на урановое сырье на мировых рынках.

Регулятором отнесения руд к геотехнологическим сортам могут служить статистические данные колебаний мировых цен за один кг закиси-оксида урана ( $\text{U}_3\text{O}_8$ ).

Условно, к первому сорту можно отнести руды с себестоимостью добычи до 40 дол. США за один кг; ко второму сорту - до 80 дол. США за один кг; к третьему - до 130 дол. США за один кг; к четвертому (экономическому забалансу) - более 130 дол. США за один кг.

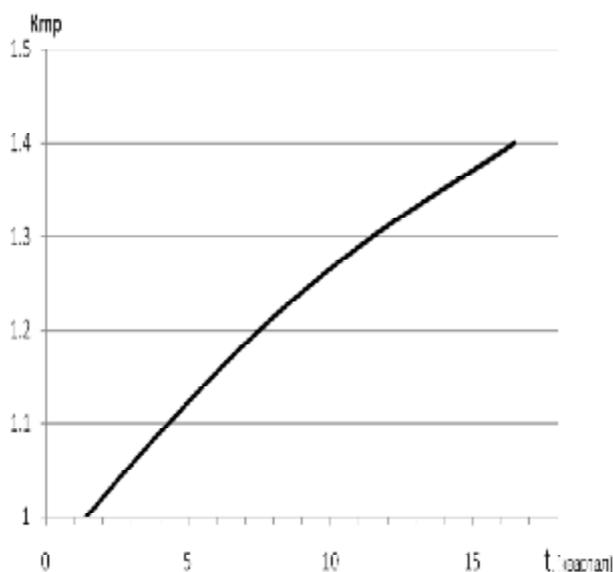


Рис. 2. График для определения поправочного коэффициента  $K_{\text{гпр}}$  к затратам на ГПР от времени (t) эксплуатации блоков

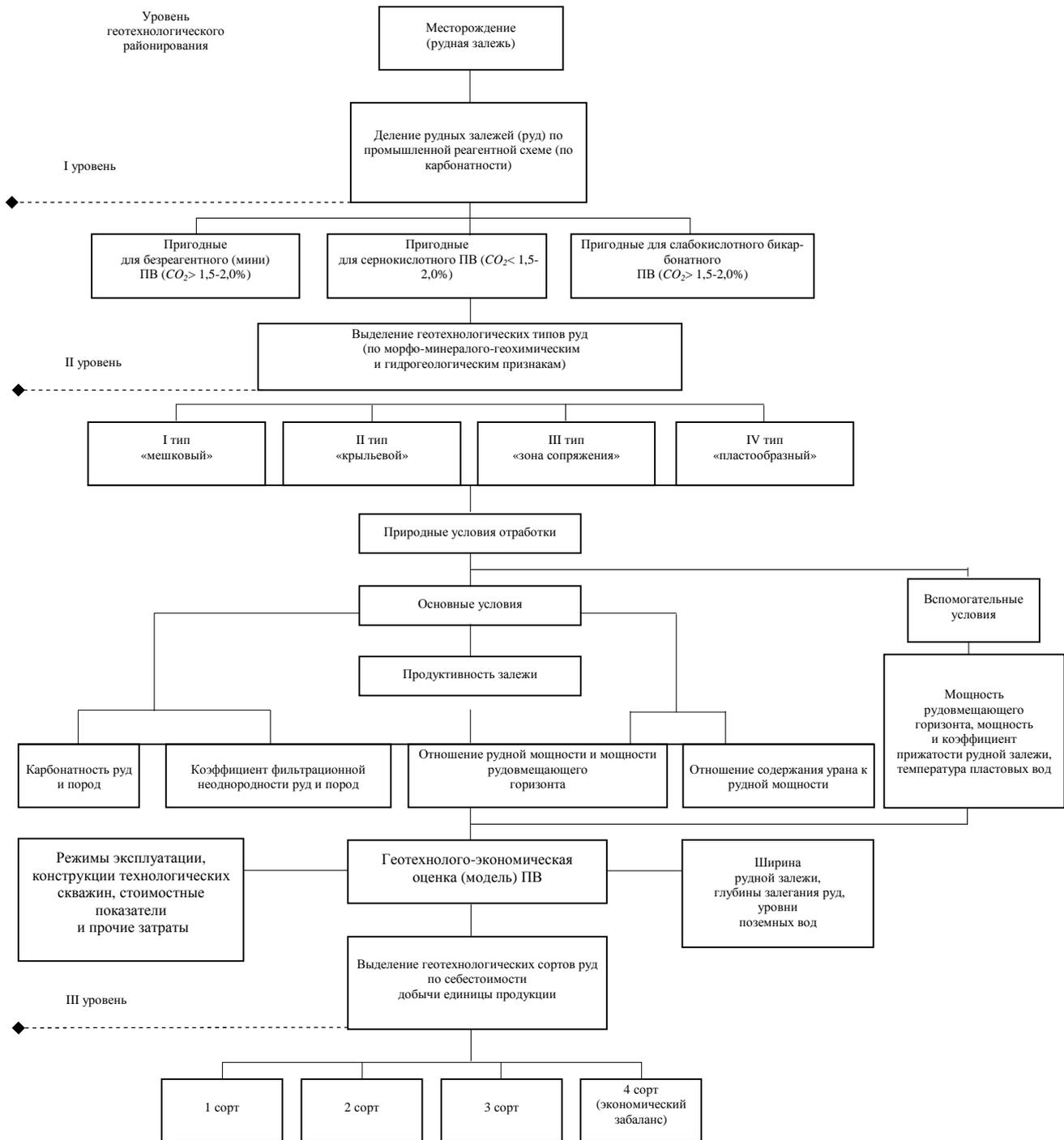


Рис. 3. Принципиальная схема геотехнологического районирования гидрогенных месторождений урана, обрабатываемых способом ПВ

Конечная ценность любой рудной залежи и месторождения в целом будет зависеть как от соотношения количества сортов руд, так и развития инфраструктуры региона.

По результатам ГТР можно решать стратегические и тактические задачи освоения и разработки рудных залежей, месторождений. Подводя итог вышесказанному, необходимо подчеркнуть, что модель экспрессной экономической оценки эффективности ПВ совместно с детерминированной

динамической моделью геотехнологии ПВ урана, объединенные на базе программного обеспечения в САПР ТПП ПВ окажут существенную помощь в практической деятельности не только широкому кругу специалистов, ведущих поиски, разведку, проектирование, планирование и эксплуатацию месторождений урана способом ПВ, но могут быть использованы в качестве обучающих программ для преподавателей и студентов специализированных учебных заведений.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ОСЛАБЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ МАССИВА ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРОМЫШЛЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Шеметов П.А., советник генерального директора НГМК, докт. техн. наук; Тошев О.Э., ст. преподаватель кафедры «Металлургия» НГГИ

При производстве массовых взрывов на карьерах происходит не только дробление пород, но и изменение физико-механических свойств прилегающего массива, что приводит к его ослаблению. В настоящее время единой работоспособной теории разрушения, как и теории взрыва, не создано. Однако общепризнано, что эффективность разрушения определяется взаимосвязью и взаимовлиянием параметров применяемой техники и технологии процесса и свойств разрабатываемых пород.

Одним из направлений совершенствования процесса разрушения является направленное изменение свойств и состояния горных пород с использованием поверхностно-активных веществ (ПАВ), действие которых основано на адсорбционном понижении поверхностной энергии тел. Для успешного использования ПАВ в процессах динамического разрушения горных пород требуется решение ряда научных задач, важнейшими из которых являются совершенствование методики выбора оптимальной для конкретных условий поверхностно-активной среды и разработка системы прогнозных оценок эффективности применения ПАВ в указанных процессах. Все вышеизложенное определяет актуальность проводимых исследований. Определение зоны ослабления горного массива, создаваемой взрывами скважинных зарядов взрывчатых веществ

(ВВ) с использованием раствора ПАВ, производились на карьерах Марджанбулак и Зармитан Навоийского горно-металлургического комбината, физико-механические свойства которых приведены в табл. 1.

В исследованиях проведены пять серий экспериментов. Массивы горных пород взрывали по паспорту буровзрывных работ (БВР) для данного карьера, но при этом последний ряд скважин формировали по разработанной конструкции [1], которую производили следующим образом (рис. 1). В скважину 1 размещали заряд из промышленного ВВ, разделенного на секции 2 промежутками 3. Причем объем секции заряда ВВ в четыре раза больше объема промежутка.

В промежутках размещали наполнитель – ПАВ, в качестве которого использовали дешевые компоненты, производимые в Республике Узбекистан, а именно: хлопковый soapсток (отход, образующийся в результате щелочного рафинирования растительного масла), помещенный в капсулы. При этом длина промежутка, заполненного наполнителем, составляла не более двух диаметров скважины. На забое скважины размещали промежуточный детонатор 4, на устье производили забойку 5. Формирование заряда осуществляли известным способом, устанавливая сначала промежуточный детонатор,

Таблица 1

Физико-механические свойства горных пород карьеров Марджанбулак и Зармитан

Горная порода	Плотность $\rho \cdot 10^3$ , $\text{kg/m}^3$	Пористость, П, %	Скорость упругих продольных волн, м/с		Предел прочности при сжатии, МПа		Предел прочности при растяжении, МПа		Модуль динамической упругости, МПа	
			$C_p$	Кэф. вариации, %	$S_{cm}$	Кэф. вариации, %	$S_{cm}$	Кэф. вариации, %	$E_d$	Кэф. вариации, %
Гранит сланцево-углефицированный	2,81	3,91	5000	10,3	120	12,5	15	13,2	6,86	7,8
Сланец слюдинокварцевый	2,67	4,59	4500	8,2	85	10,3	12	14,3	5,14	7,6
Руда кварцево-сульфидная	2,69	4,52	4700	6,3	91	11,6	14	6,1	5,73	3,8
Гранитосиенит сланцево-серицитовый	2,71	4,21	4900	5,2	100	8,7	14	3,9	6,33	5,0
Граносиениты	2,56	7,71	4100	7,7	76	6,3	11	4,7	4,11	8,9
Углисто-алевритизированные сланцы	2,17	12,6	3800	5,7	72	5,3	8	6,4	2,93	6,2

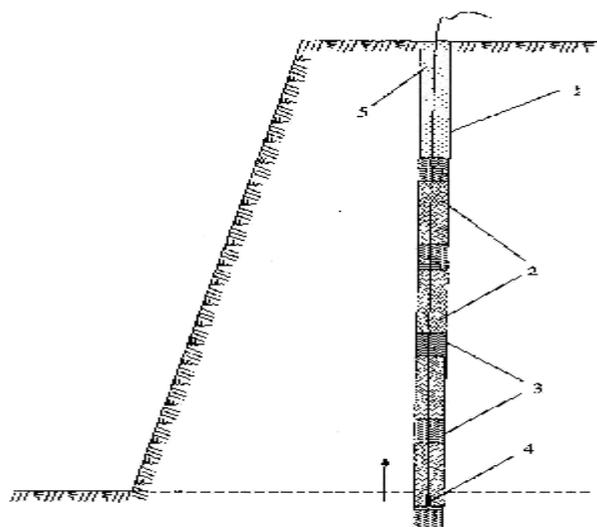


Рис. 1. Конструкция скважинного заряда ВВ с использованием ПАВ: 1 – скважина; 2 – секции из заряда ВВ; 3 – промежутки, наполненные ПАВ в капсулах; 4 – промежуточный детонатор; 5 – забойка

затем, чередуя заряд ВВ и наполнитель, устье скважины засыпали забоечным материалом. После формирования заряда производили инициирование промежуточного детонатора.

Детонация от взрыва нижней секции заряда проходила через промежуток, заполненный ПАВ, замедлялась, при этом ПАВ инъецировалась вглубь горного массива, способствуя образованию зон ослабления горных пород за пределами зоны разрушения, затем детонировалась следующая секция и так до устья скважины. Указанные параметры объемов секции ВВ и промежутков, заполненных ПАВ, способствовали более эффективному воздействию детонации на массив, что подтверждено опытными взрывами.

При данной конструкции скважинного заряда обеспечилось ослабление массива, что дает возможность при последующих взрывах увеличить сетку скважин, сократив тем самым объем бурения. Количество взрывааемых скважин составляло в каждой

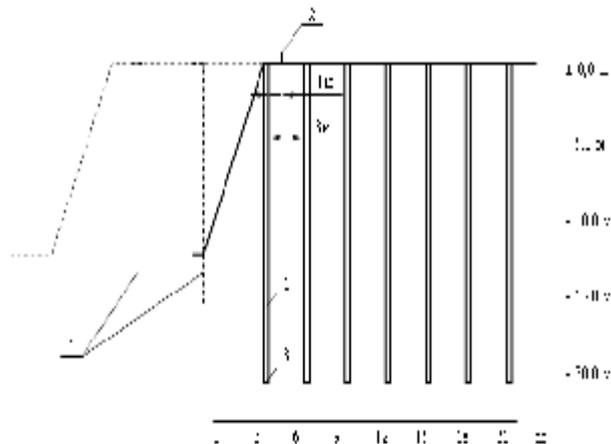


Рис. 2. Схема определения радиуса зоны ослабления горного массива: 1 – геологические скважины; 2, 3 – сейсмоприемник; 4 – взорванные скважины

серии от 50 до 200 шт. В экспериментальных исследованиях диаметр скважин принимался 105, 125, 150, 200 и 250 мм. Соотношение удельных расходов раствора ПАВ и ВВ составляло 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3 и 0,35. После каждой серии взрывов определялся granulometric состав взорванной горной массы. Для определения радиуса зоны ослабления горного массива, создаваемой взрывом скважинных зарядов ВВ с использованием раствора ПАВ, разработаны кернавый метод и метод водопоглащаемости горных пород. По кернавому методу, основанному на исследовании состояния массива при помощи кернов, выбуренных в нарушенном и ненарушенном массивах, для оценки ослабления прочности горного массива на различных расстояниях в зависимости от количества взрывааемых скважин до и после взрыва брались кернавые пробы из семи скважин, пробуренных че-

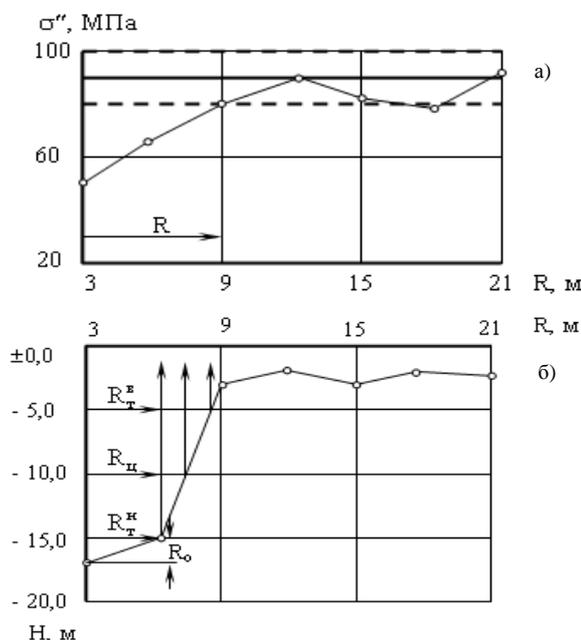


Рис. 3. Графики определения зоны ослабления массива горных пород: а) кернавый метод; б) метод водопоглащаемости массива горных пород

рез каждые 3 м от свободной поверхности вглубь массива до глубины 20 м (рис. 2). Выбуривание кернов осуществлялось самоходной буровой установкой УРБ-2А с промывкой забоя водой и глинистым раствором. На отобранных пробах определялись прочностные свойства горных пород. По разности прочности образцов до и после взрыва судили о величине ослабления горного массива на различных расстояниях от свободной поверхности уступа. По методу водопоглащаемости горных пород в скважины, расположенные на различных расстояниях от взрыва, заливали воду и по скорости опускания воды до и после взрывных нагрузок устанавливали размеры зоны ослабления массива. На (рис. 3 а) представлен график определения радиуса зоны ослабления горного массива по кернавому методу.

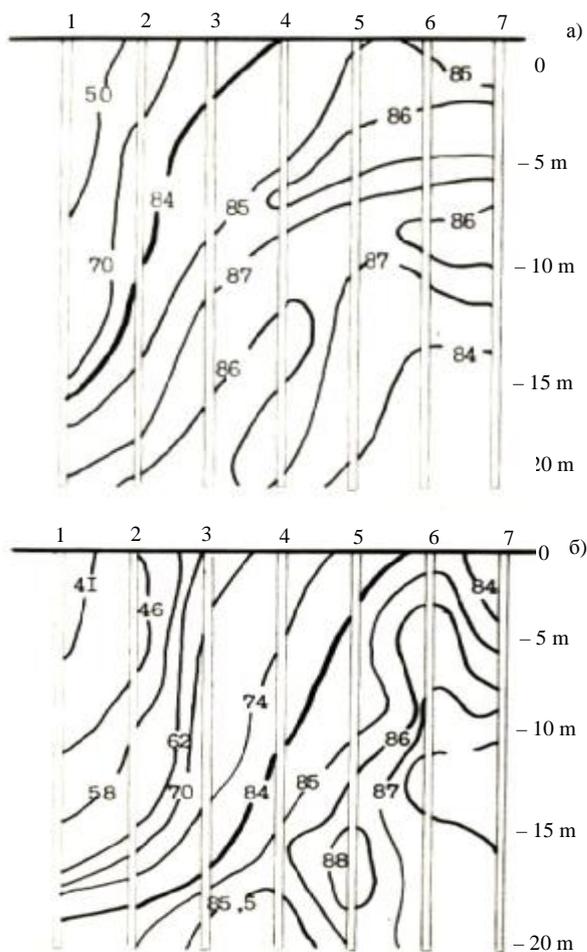


Рис. 4. Изолинии прочности (МПа) массива горных пород после взрыва 50 (а) и 150 (б) скважинных зарядов ВВ: 1-7 – номера геологических скважин

По оси абсцисс отложены значения исследуемой зоны – расстояние от верхней бровки уступа вглубь массива, по оси ординат – значения статической прочности исследуемых горных пород. Определив прочностные свойства и средние значения прочности пород, а также их среднеквадратичные отклонения и проведя линии усредненной прочности, можно судить о прочностных свойствах горных пород. Линия прочности горных пород после взрыва, пересекающаяся с линией усредненной прочности до взрывных нагрузок, характеризуется радиусом зоны ослабления прочности массива. На (рис. 3, б) представлен график определения радиуса зоны ослабления прочности массива по методу водопоглощаемости горных пород. Обработка результатов измерений проводилась по методике [2]. Известно, что уступы карьера, разрабатываемые с применением БВР, представляют собой неоднородную среду и сложены горными породами, заметно отличающимися друг от друга по взрываемости массива. Исследования изменения прочности массива горных пород показали, что радиус зоны ослабления прочности массива увеличивается с возрастанием количества взрывааемых скважин. Из рис. 4 а видно, что

изолиния прочности горных пород после взрыва 50 скважин начинается на поверхности в районе 4-й скважины. После взрыва 150 скважин эта зона увеличивается и будет располагаться между 5-й и 6-й скважинами (рис. 4 б).

Исследовано ослабление прочности горных пород на различных расстояниях от последнего ряда скважинных зарядов после взрывания 50, 70, 150 и 200 скважинных зарядов ВВ. Анализ полученных данных показал, что с увеличением количества взрывааемых скважинных зарядов ВВ при диаметре заряда 250 мм (при относительной прочности горных пород на растяжение 0,9) радиус зоны ослабления массива в средневзрывааемых горных породах увеличивается от 16,3 до 17,7 м.

На рис. 5 приведен график зависимости изменения радиуса зоны ослабления прочности массива средне-, трудно- и весьма трудновзрывааемых горных пород (при относительной прочности горных пород на растяжение 0,8) от числа взрывааемых скважинных зарядов (при диаметре скважин 200 мм), который показывает, что с увеличением числа взрывааемых скважинных зарядов ВВ радиус зоны ослабления горного массива увеличивается. На (рис. б) показан график изменения контура зоны ослабления горных пород в глубине массива после взрыва скважинных зарядов ВВ диаметрами 150 и 200 мм, установленного методом водопоглощаемости горных пород. Из графика видно, что вблизи свободной поверхности уступа, при относительно большой трещиноватости, уровень воды опускается быстрее. С увеличением расстояния вглубь массива, радиус зоны ослабления прочности горных пород уменьшается, на что указывает снижение фильтрации воды как с удалением от свободной поверхности уступа, так и по глубине скважин.

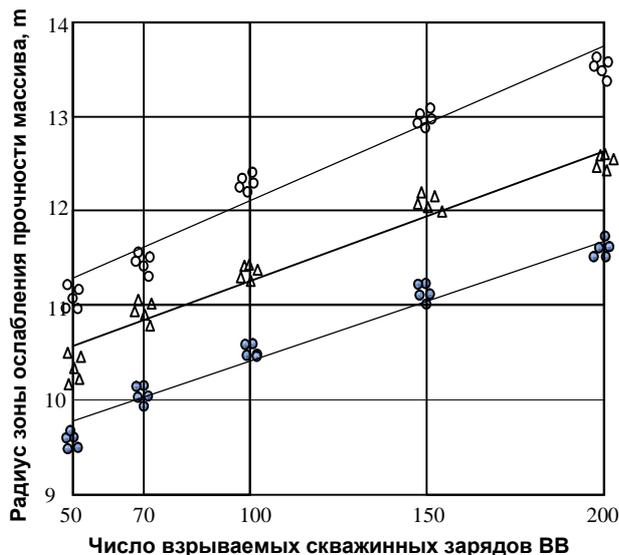


Рис. 5. График зависимости изменения радиуса зоны ослабления прочности массива горных пород от числа взрывааемых скважинных зарядов: ○ – средневзрывааемые породы; Δ - трудновзрывааемые породы; ● – весьма трудновзрывааемые породы

С ростом диаметра взрывааемых скважинных зарядов контур и радиус зоны ослабления прочности горных пород увеличиваются (рис. 6, кривая 2). График изменения радиуса зоны ослабления прочности массива горных пород от диаметра взрывааемых скважинных зарядов приведен на рис. 7. Как видно из графика, с увеличением диаметра заряда от 105 до 250 mm после взрывания 50 скважинных зарядов (при относительной прочности горных пород на одноосное растяжение 0,8) радиус зоны ослабления прочности во всех исследованных горных породах интенсивно возрастает. Для всех исследуемых пород с увеличением количества одновременно взрывааемых скважинных зарядов ВВ зона ослабления прочности горного массива возрастает и для каждого значения диаметра скважин существует такое количество одновременно взрывааемых скважин, при котором зона ослабления прочности горного массива равняется расстоянию между рядами скважин и между скважинами в ряду.

Это количество одновременно взрывааемых скважин названо критическим. Увеличение количества одновременно взрывааемых скважинных зарядов ВВ свыше критического дает предпосылки для увеличения расстояния между рядами скважин и скважинами в ряду. Так, для средневзрывааемых пород критическое количество зарядов ВВ составляет 50, трудно взрывааемых - 70, а для весьма трудно взрывааемых горных пород - 100 скважин. При этом, как следует из результатов проведенных исследований, для того чтобы эффективно использовать эффект ослабления прочности горного массива за контуром разрушения с целью увеличения сетки скважин, взрывание последующей группы скважин необходимо производить до момента перехода микротрещины в ослабленной зоне горного массива в макротрещины.

Определены гранулометрические составы взорванных горных пород в зависимости от изменения соотношения удельных расходов раствора ПАВ и ВВ, результаты которых приведены на рис. 8. Полученные зависимости показывают, что с увеличением соотношения удельных расходов ПАВ и ВВ до 0,15 средний размер взорванной горной массы уменьшается. Дальнейшее увеличение соотношения расходов раствора ПАВ и ВВ (более 0,15) сопровождается увеличением среднего размера взорванной горной массы.

Статистический анализ полученных результатов показывает, что изменение среднего размера взорванной горной массы в зависимости от изменения соотношения удельных расходов ПАВ и ВВ характеризуется параболическим типом и определяется эмпирическими уравнениями:

- для средневзрывааемых пород:

$$l_{cp} = 9q^2 - 3,25q + 0,432, \text{ м},$$

где  $l_{cp}$  – средний размер взорванной горной массы, м.

Коэффициент корреляции для данного уравнения составляет 0,89±0,093.

- для трудно взрывааемых пород:

$$l_{cp} = 12q^2 - 5,36q + 0,82, \text{ м}.$$

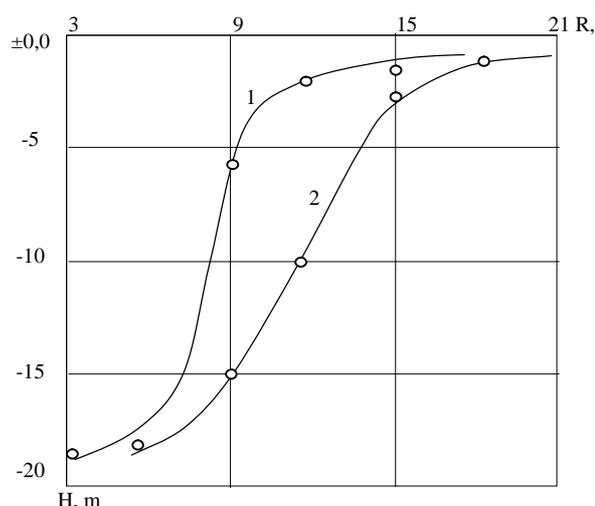


Рис. 6. График изменения контура зоны ослабления прочности пород в глубине массива после взрыва скважинных зарядов ВВ: 1 – диаметр скважин 150 мм; 2 – диаметр скважин 200 мм

Коэффициент корреляции для данного уравнения составляет 0,92±0,076.

- для весьма трудно взрывааемых пород:

$$l_{cp} = 12,86q^2 - 7,01q + 1,26, \text{ м}.$$

Коэффициент корреляции для данного уравнения составляет 0,94±0,085. Обобщенный статистический анализ полученных результатов показывает, что радиус зоны ослабления прочности горного массива при взрыве скважинных зарядов ВВ с использованием раствора ПАВ зависит от количества взрывааемых скважинных зарядов, их диаметра, соотношения удельных расходов раствора ПАВ и ВВ, а также ка-

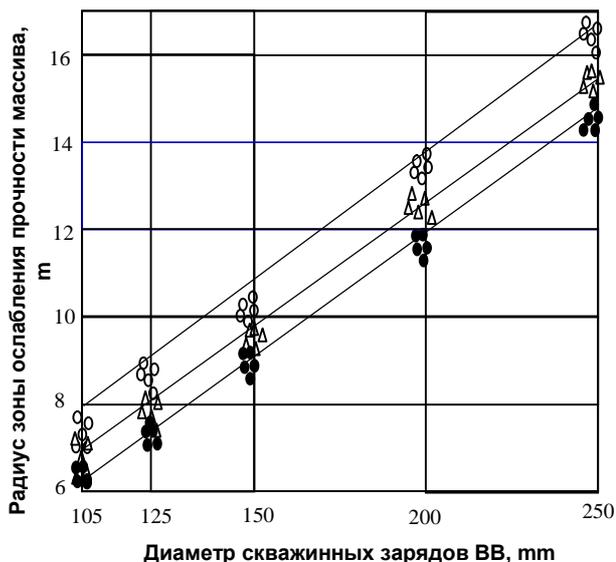


Рис. 7. График изменения радиуса зоны ослабления прочности массива горных пород от диаметра скважинных зарядов ВВ: ○ – средневзрывааемые породы; Δ – трудно взрывааемые породы; ● – весьма трудно взрывааемые породы

тегории горных пород по взрываемости и характеризуется эмпирическим уравнением вида:

$$R_{\text{осл}} = 4,3k \frac{q_{\text{пав}}}{q_{\text{вв}}} \left( 1 - \frac{142,85(1 - d'_p/d_p)}{n + 60} \right) \cdot \Gamma_3, \text{ m}$$

где k - коэффициент, учитывающий массив горных пород по взрываемости (для средне-, трудно- и весьма трудновзрываемых горных пород, таким образом: k=130, k=140 и k=150);

$q_{\text{пав}}$  - удельный расход раствора ПАВ;

$q_{\text{вв}}$  - удельный расход ВВ;

n - количество взрываемых скважинных зарядов;

$\Gamma_3$  - приведенное расстояние от радиуса заряда ВВ.

Коэффициент корреляции для данного уравнения составляет  $0,77 \pm 0,085$ .

Таким образом:

1. Разработана конструкция скважинного заряда ВВ с использованием раствора ПАВ, позволяющий обеспечить ослабление массива, что дает возможность при последующих взрывах увеличить сетку скважин, сократив тем самым объем бурения.

2. Разработана комплексная методика определения радиуса зоны ослабления прочности массива горных пород, создаваемой взрывом скважинных зарядов ВВ с использованием раствора ПАВ в промышленных условиях.

3. Установлено, что с увеличением количества взрываемых скважинных зарядов ВВ и их диаметра радиус зоны ослабления массива увеличивается. Установлено критическое количество скважинных зарядов ВВ с использованием раствора ПАВ, при взрыве которых использование зоны ослабления прочности массива является эффективным.

Для средневзрываемых пород критическое количество зарядов составляет 50, трудновзрываемых - 70, а для весьма трудновзрываемых горных пород - 100 скважин.

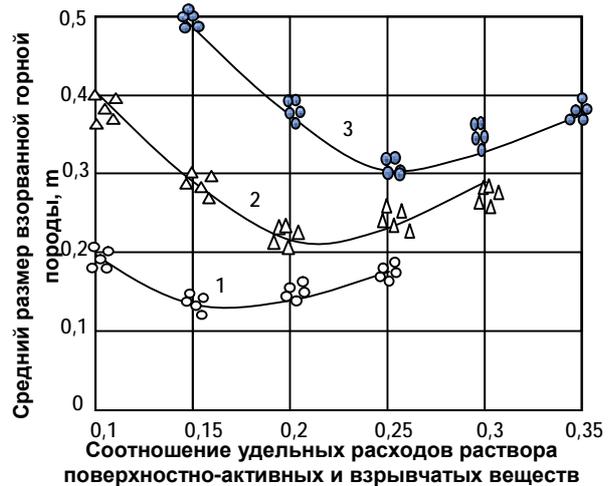


Рис. 8. График зависимости размера взорванной горной породы от изменения соотношений удельных расходов раствора ПАВ и ВВ: о – средневзрываемые породы; Δ - трудновзрываемые породы; • – весьма трудновзрываемые породы

4. Определены гранулометрические составы взорванных горных пород в зависимости от изменения соотношения удельных расходов раствора ПАВ и ВВ. Установлено, что с увеличением соотношения удельных расходов ПАВ и ВВ до 0,15 средний размер взорванной горной массы уменьшается.

Дальнейшее увеличение соотношения расходов раствора ПАВ и ВВ (более 0,15) сопровождается увеличением среднего размера взорванной горной массы.

5. Выведена формула определения радиуса зоны ослабления прочности массива горных пород при взрыве скважинных зарядов ВВ с использованием раствора ПАВ.

УДК 339.6

© Воробьев А.Е., Молдабаева Г.Ж., Чекушина Е.В. 2011 г.

## ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОБЩЕМИРОВЫЕ ЗАПАСЫ АКВАЛЬНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ ГАЗОГИДРАТОВ

Воробьев А.Е., зав. кафедрой «Нефтяное и горное дело» РУДН, докт. техн. наук, профессор; Молдабаева Г.Ж., профессор Казахского национального технического университета, док. техн. наук; Чекушина Е.В., ученый секретарь Научного совета по обогащению полезных ископаемых РАН, канд. техн. наук

Основываясь на теоретических предпосылках и полученных экспериментальных данных, ученые установили ранее неизвестное свойство метана в определенных термобарических условиях переходить в твердое газогидратное состояние и образовывать крупные залежи.

В ходе проведенных исследований было установлено, что газовые гидраты представляют собой кристаллические соединения, образованные из молекул воды и природного газа (табл. 1-2, рис.

Период	Величина потребления, ккал/сут
Каменный век	4000
Аграрное общество	12000
Индустриальная эпоха	70000
Наше время	250000
XXI век (прогноз)	300000

1-9) [1-13]. Актуальность газогидратной тематики обусловлена тем, что в настоящее время потребление всех видов ресурсов (в том числе и энергетических) растет экспоненциально (табл. 1).

Первоначально (примерно 500000 лет назад) человек использовал только мускульную энергию. В дальнейшем (несколько тысяч лет назад) он перешел на древесину и органические вещества. 100 лет назад центр тяжести энергопотребления сместился в сторону угля. 70 лет назад - в сторону угля и нефти. А последние 35 лет этот центр тяжести оказался прочно связан с триадой «уголь – нефть – газ».

По имеющимся прогнозам (табл. 2), несмотря на все продолжающееся развитие исследований по эффективному использованию альтернативных источников энергии (солнечной, ветровой, приливной и геотермальной), углеводородные виды топлива по-прежнему сохраняют и, в обозримом будущем, даже существенно увеличат свою и так значительную роль в энергетическом балансе человечества. Современный мировой энергетический рынок характеризуется следующими показателями. Разведанные запасы по состоянию на конец 2008 г. составляли: нефть – 169 млрд. т, газ – 177 трлн. м<sup>3</sup>, уголь – 848 млрд. т. При этом общее содержание метана в газогидратных залежах на два порядка превышает его суммарный объем в традиционных извлекаемых запасах, оцениваемых в 250 трлн. м<sup>3</sup> (рис. 1). Иначе говоря, гидраты могут содержать 10 трлн. т углерода, т.е. в два раза больше, чем вместе взятые мировые запасы угля, нефти и обычного природного газа. Общепризнанное производство нефти в 2007 г. составило 3906 млн. т, продуктов нефтепереработки – 3762 млн. т, угля – 3136 млн. т н.э., газа – 2940 млрд. м<sup>3</sup>. При этом энергопотребление (primary energy) в мире равнялось 11099 млн. т н.э.: включая 3953 млн. т нефти, 3178 млн. т н.э. угля, 2922 млрд. м<sup>3</sup> (2638 млн. т н.э.) газа, 709 млн. т н.э. гидроэнергии и 622 млн. т н.э. атомной энергии. Что касается прогноза мирового потребления энергии на 2020 г., то согласно оценкам Международного энергетического агентства (МЭА), ее совокупное потребление составит 13300-14400 млн. т н.э.: нефти – 4600-5100 млн. т н.э., газа – 3600-3800 млрд. м<sup>3</sup> (3250-3450 млн.т н.э.), угля – 2700-3200 млн. т н.э., атомной энергии - 780-820 млн. т н.э. и гидроэнергии – 320 млн. т н.э. Одной из основных проблем современной энергетики является неизбежное сокращение в средне- и долгосрочной перспективе запасов основных традиционных ее источников получения (в первую очередь, нефти и газа). При этом продуктивность разрабатываемых месторождений углеводородов неуклонно снижается, новые крупные месторождения открываются все реже, а



Рис. 1. Содержание углерода в известных мировых запасах углеводородов

использование угля наносит существенный ущерб окружающей среде. Поэтому и приходится разрабатывать труднодоступные залежи нефти и газа в суровых природно-климатических условиях, на больших глубинах и, кроме того, обращаться к неконвенциональным углеводородам (нефтяные пески и горючие сланцы). Все это, значительно увеличивая стоимость получаемой энергии, так и не решает окончательно существующую проблему. В связи с имеющейся ограниченностью и невозможностью традиционных ресурсов природного (горючего) газа, а также с растущим в XXI в. спросом на этот энергоноситель, человечество вынуждено обратить внимание на его значительные ресурсы, заключенные в нетрадиционных источниках, и, прежде всего, природных газовых гидратах. Согласно современным геологическим данным в донных осадках морей и океанов в виде твердых газогидратных

**Таблица 2**

**Вклад различных источников энергии в мировой энергобаланс, (%)**

Период \ Вид энергии	Мускульная энергия	Органические вещества	Древесина	Уголь	Нефть	Природный газ	Водная энергия	Атомная энергия	Нетрадиционные источники
500000 тыс. лет до н.э.	100								
2000 тыс. лет до н.э.	70	25							
Около 1500 г. н.э.	10	20	70						
1910 г.			16	65	3				
1935 г.				55	15	3	5		
1972 г.				32	34	18	5	1	
1987 г.				25	38	24	4	8	1
2002 г.				24	37	24	3	12	2
2030 г. (прогноз)				21	25	31	3	17	3

отложений находятся огромные запасы углеводородного газа. Так, потенциальные запасы метана в газогидратах оцениваются величиной  $2 \times 10^{16} \text{ m}^3$ . Однако газовые гидраты являются единственным все еще не разрабатываемым источником природного газа на Земле, который может составить реальную конкуренцию традиционным углеводородам: в силу наличия огромных ресурсов, широкого распространения на планете, неглубокого залегания и весьма концентрированного состояния ( $1 \text{ m}^3$  природного метангидрата содержит около  $164 \text{ m}^3$  метана в газовой фазе и  $0,87 \text{ m}^3$  воды). Необходимо также отметить и имеющееся резкое возрастание внимания к газогидратной проблематике. В частности, в течение более чем 229 лет исследований газогидратов интерес к ним рос по мере понимания их особой значимости для человечества. Так, если за период с 1778 по 1934 г. по газогидратам было опубликовано всего 56 работ (причем чисто академического плана), то с 1935 по 1965 гг. опубликовано 144 работы (к тому же в основном промышленного назначения), а с 1965 г. по настоящее время - уже более 7600 работ. Причем суммарное количество полученных с 1940 г. авторских свидетельств и патентов на изобретения по гидратной проблематике превысило 500.

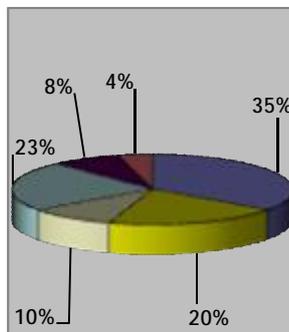
Такой всплеск интереса к этим вопросам обусловлен тем, что газогидраты рассматриваются как наиболее перспективный источник получения энергии

в ближайшем будущем. В настоящее время исследовательские работы по аквальной газогидратной проблематике ведут Россия, Германия, Япония, Нидерланды, Китай, Индия, Норвегия, США и Канада.

Усилиями ученых этих стран уже изучены в теоретической и экспериментальной постановке вопросы строения газогидратов и их устойчивость (в зависимости от температуры и давления). Было установлено, что геотермические параметры залежей аквальных газогидратов непосредственно зависят от климата, гидрологических характеристик (течение, глубина, горячие источники и т.д.) акваторий. Самое первое предположение о возможности существования газогидратных залежей было высказано И.Н. Стрижовым в 1946 г. Он писал:

«На севере СССР есть обширные площади, где на глубинах до 400 м и даже до 600 м слои имеют температуру ниже  $0^\circ\text{C}$  и где могут быть газовые месторождения. Как будет обстоять вопрос о гидратах в таких месторождениях? Не будут ли эти месторождения содержать даже до начала разработки больших количеств гидрата? Не придется ли их разрабатывать как месторождения твердых ископаемых?...». В середине XX века советские ученые (А.А. Трофимук, Н.В. Черский, В.Г. Васильев, Ю.Ф. Макогон, Ф.А. Требин), основываясь на теоретических предпосылках и полученных экспериментальных данных, установили ранее неизвестное свойство метана образовывать в определенных термобарических условиях (температура - не более  $295^\circ\text{K}$ , давление - свыше 250 атмосфер) переходить в твердое газогидратное состояние и образовывать крупные залежи.

В ходе проведенных лабораторных исследований экспериментально было установлено, что газовые гидраты представляют собой льдо-подобные кристаллические соединения, образованные из молекул воды и природного газа (обладающего низкой молекулярной массой). Метан является наиболее распространенным газом, образующим природные газовые гидраты. Кроме метана, в состав природных газогидратов могут входить и другие углеводородные газы (этан, пропан и бутан), а также такие газы, как  $\text{CO}_2$  и  $\text{SO}_2$ . Природный газ в каркасе газогидрата удерживается за счет относительно слабого ван-дер-ваальсового взаимодействия. При этом один объем воды связывает в газогидратное состояние примерно 164 объемов гидратообразующего газа.



■ подземные стоки  
■ реки  
■ разломы  
■ живое вещество мирового океана  
■ грязевые вулканы  
■ сипы

Рис. 2. Источники органического вещества для образования газогидратов

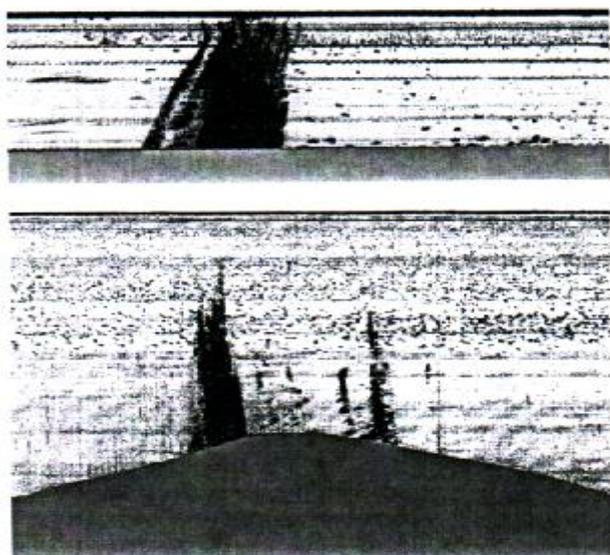


Рис. 3. Поля одиночных газовых выбросов

В 1974 г. также советские ученые Б.П. Жижченко и А.Г. Ефремова, проводя натурные исследования дна Черного моря, обнаружили образцы газогидратов, когда в сильно выделяющих газ поднятых колонках донных осадков наблюдались мелкие кристаллы, напоминавшие иней. В этот период такие образования еще не связывали с газогидратами. Они упоминаются при описании пробоотбора осадков во многих местах континентального склона Болгарского сектора Черного моря (проф. П. Димитров, ИО БАН – устное сообщение), а также вблизи побережья Грузии (при глубине воды порядка 860 м). Первая документированная находка газовых гидратов на Черном море была сделана в 1972 г. во время рейса НИС «Московский университет». Газогидраты были обнаружены в осадочной колонке, отобранной на периферии конуса выноса р. Дунай, при глубине воды 1950 м и были описаны, как «маленькие, белые, быстро исчезающие кристаллы», найденные в больших газовых кавернах, образовавшихся в осадках на глубине 6,4 м ниже морского дна. Следует отметить, что несколько позднее образец газогидрата был отобран и в восточной части конуса выноса р. Дунай (рейс НИС «Академик Вернадский», 1992 г.). В 1998 г. во время 21-го рейса НИС «Евпатория» в акватории, к югу от Крыма, на грязевом вулкане Феодосия, были отобраны семь грунтовых трубок, содержащие газогидраты. Станции располагались на небольшом участке дна диаметром 100 м при глубине моря около 2050 м. В шести пробах гидраты содержались в глинистых осадках, в седьмой были подняты брекчии грязевого вулкана, которые содержали образец монокристалла гидрата длиной 10 см. Эти находки газовых гидратов относятся к интервалу глубин от 0,4 до 2,2 м ниже дна. По визуальным оценкам содержание газогидратов составляло от 3 до 10 % от общего объема осадков [Васильев]. В ряде последующих морских экспедиций, проведенных МГУ на НИС «Феодосия» (1988-1989 гг.) и «Геленджик» (1993-1994 гг.), также были найдены газовые гидраты - в районе грязевых вулканов, которые расположены на центральной абиссальной равнине Черного моря. Позднее (в 1996 г.) были описаны находки метановых гидратов в Феодосийском районе грязевого вулканизма (прогиб Сорочкина). Все образцы газовых гидратов содержались в грязевых брекчиях и были отобраны на вершинах грязевых вулканов на глубинах от 0,6 до 2,85 м ниже дна. В последующем газогидраты были найдены в Атлантическом и Тихом океане, в Охотском и Каспийском морях, на Байкале и т.д. Эти, хотя зачастую разрозненные и не всегда планомерные, исследования ученых различных стран в прилегающих акваториях (Атлантический и Тихий океан, Черное, Каспийское, Охотское, Баренцево и Северное моря, Мексиканский залив и т.д.), проведенные в последние два десятилетия, позволили сделать обоснованный вывод о практически повсеместном наличии крупных скоплений аквальных залежей газогидратов, из которых можно будет извлечь в промышленных масштабах метан. В частности, по прогнозным оценкам российских ученых Г.Д. Гинзбурга (1994 г.) и В.А. Соловьева (2002 г.), общее количество метана в аквальных залежах

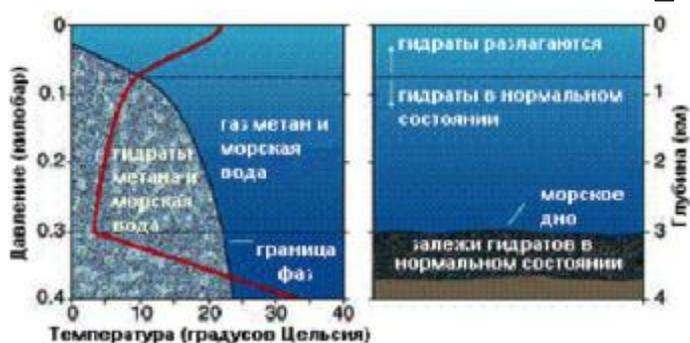


Рис. 4. Условия образования гидратов

газогидратов оценивается в  $2 \times 10^{10} \text{ м}^3$ , т.е. его объемы на порядки превышают запасы углеводородов в традиционных месторождениях.

Источниками органического вещества (переходящего затем в метан) для образования газогидратов (рис. 2) являются подземный сток, реки, разломы, живое вещество мирового океана (23), грязевые вулканы (8), сипы (4), газовые факелы, гидротермы, диапироподобные структуры и другие объекты. Так, значительная часть природных вод сносится в Мировой океан посредством подземного стока, разгружающегося в основном на прилегающем шельфе. Данный сток поставляет в океан около  $2400 \text{ км}^3$  воды в год. Причем в отдельных районах объем подземных вод превышает значение  $100 \text{ тыс. м}^3$  в сутки на 1 км береговой линии.

Установлено, что с подземным стоком в океан ежегодно поступает около 735 млн. т гидрокарбонатов ( $\text{HCO}_3$ ) и 45-50 млн. т органического вещества (в растворенной форме), переходящих в дальнейшем в метан, а затем – в газогидраты. Аквальные залежи азогидратов могут быть связаны и с разгрузкой вод

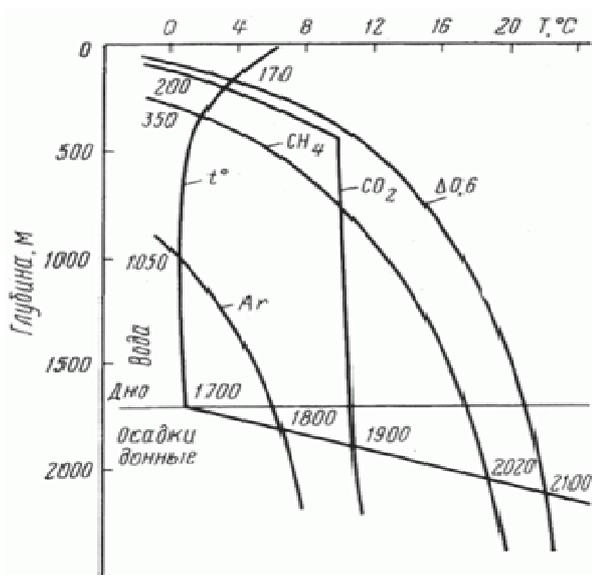


Рис. 5. Зависимости мощности области аквального гидратообразования

речной сети, также содержащих органическое вещество.

Кроме этого, скопления аквальных залежей газовых гидратов обычно приурочены к зонам «дышащих» разломов или располагаются вблизи подводных грязевых вулканов, поставляющих метан. Подавляющее количество газовых факелов обычно приурочено к области перехода океанического шельфа к континентальному склону и его перегибу. Газовые факелы, как правило, имеют коническую (постепенно утоняющуюся к поверхности) форму. Однако некоторые из них имеют четко выраженный «дендровидный» газовый столб, высотой 100 м с боковыми ответвлениями (рис. 3). Образование залежей гидратов метана, т.е. его соединений с водой, происходит под воздействием довольно существенного давления и относительно низкой температуры – условий, весьма характерных для различных акваторий (рис. 4).

Например, имеющиеся условия континентального шельфа восточного побережья США обеспечивают возможность существования залежей гидратов метана здесь на морском дне - в пределах верхних слоев отложений (рис. 4).

Однако газогидрат не будет образовываться до тех пор, пока концентрация поступающего из различных источников метана не превысит возможную концентрацию насыщения. И только в

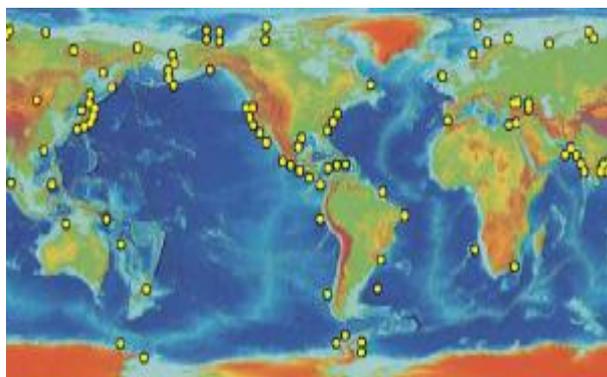


Рис. 7. Известные и перспективные залежи (месторождения) гидрата метана

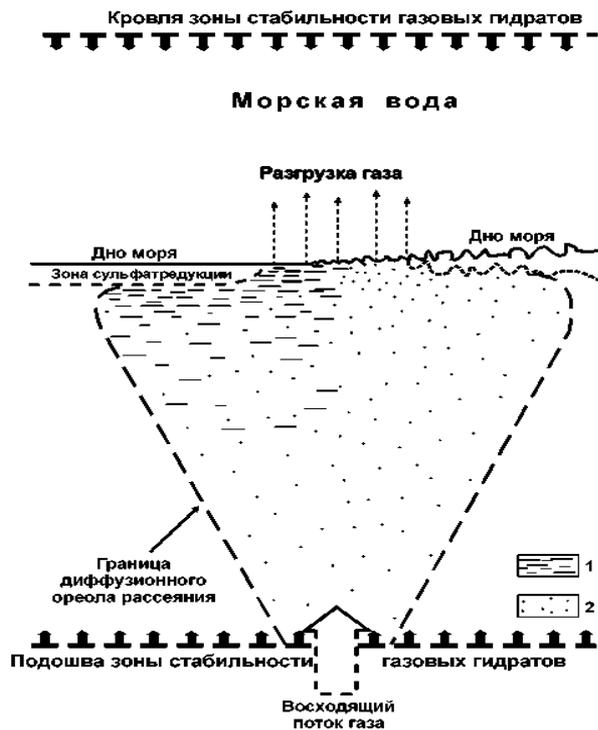


Рис. 6. Геологическая модель формирования скопления газовых гидратов в очаге разгрузки газа в Охотском море: 1 – линзовидно-слоистые текстуры газогидратосодержащих осадков; 2 – порфировидные текстуры

определенных участках акваторий (их донных отложений) концентрация метана настолько высока, что он заполняет все пустоты между твердыми частицами (отложениями).

Гидраты метана характерны, как правило, для бескислородных глубоководных (глубже 225 м) аквальных осадков и представляют собой твердые нестехиометрически сформированные смеси из метана и воды, образованные при низкой (не более + 6<sup>0</sup> С, в зависимости от глубины залегания) температуре и высоком давлении.

Это достаточно мощные залежи, зачастую покрытые и переслоенные несколькими метрами ила. Возможная мощность аквальных залежей газогидратов (рис. 5) зависит, прежде всего, от глубины морского бассейна и температуры его придонных вод и колеблется (по данным различных исследователей) - от 100 м до 150 м (в Южном Каспии), 300-350 м (на Черном море) и около 1000 м (в северных морях). В настоящее время известно два основных механизма образования залежей аквальных газовых гидратов (рис. 6).

К настоящему времени установлено, что около 98% залежей газогидратов являются аквамаринными и сосредоточены на шельфе и континентальном склоне Мирового океана (у побережий Северной, Центральной и Южной Америки, Северной Азии, Норвегии, Японии и Африки, а также в Каспийском и Черном морях), на глубинах воды более 200-700 м, и только всего 2% – в приполярных частях материков (рис. 7).

К настоящему времени установлено свыше 220 залежей газогидратов.

Самые крупные из (залежей) месторождений газогидратов:

**А. Глубоководные залежи:**

1. Глубоководная впадина близ побережья Коста-Рики - одно из крупнейших месторождений в мире. Правда, метановый лед на дне Тихого океана плотно спаян с вулканическим пеплом. Глубина залегания - 3100-3400 м.

2. Центральноамериканский глубоководный желоб (Гватемала). Тихий океан. Глубина залегания гидратов - 2100-2700 м.

3. Мексиканский район центрально американского глубоководного желоба. Тихий океан. Здесь сразу три месторождения: Мехисо-1 (глубина - 1950 m), Мехисо-2 (3100 m) и Мехисо-3 (2200 m).

4. Калифорнийский разлом (США). Тихий океан. Обнаружены богатейшие залежи газогидратов, которые образуются при помощи глубоководных «асфальтовых вулканов», которые извергают в воду не только нефть, но и метан.

5. Тихоокеанская впадина, Орегон (США). Тихий океан. Глубина залегания - 2400 m.

6. Шельф Сахалина, Охотское море (Россия). В районе восточного побережья острова - в глубинных разломах - сосредоточены самые большие разведанные запасы газогидратов - более 50 месторождений.

7. Курильская гряда, Охотское море (Россия). Здесь были проведены поиски гидратосодержащих отложений. К настоящему времени ресурсы газогидратов в этом районе Охотского моря оцениваются в 87 трлн. м<sup>3</sup>. Глубина залегания - 3500 m.

8. Побережье Японии. В Стране восходящего солнца газогидратами начали заниматься в 1995 г., когда была принята национальная программа по исследованию и освоению этих месторождений. К 2004 г. геофизики у побережья Японских островов нашли более 18 месторождений.

Желоб Нанкай в Японском море - одно из самых первых разведанных месторождений газогидратов в мире, расположенное на глубине свыше 600 m. Здесь, во впадине Нанкай (расположенной всего на 60 km от берегов Японии параллельно японскому архипелагу с глубиной моря в районе работы судна равной 950 m), между полуостровом Кий и Сикоку (рис. 8), с 1995 г.

по 2000 г. были проведены фундаментальные исследования по поиску гидрата метана.

Проведенные ультразвуковые исследования показали, что под морем вокруг Японии прогнозируемые запасы метана в гидратах могут составлять от 4 до 20 трлн. м<sup>3</sup>.

Промышленную разработку месторождения предполагается начать в 2017 г.

9. Глубоководная Перуанская впадина, Тихий океан.



Рис. 8. Зона аквальных залежей метана около Японского архипелага

Здесь газогидраты расположены на глубине свыше 6000 m, протяженность месторождения превышает 1500 km.

**Б. Шельфовые залежи:**

1. Мексиканский залив, побережье штатов Техас и Луизиана (США). Атлантический океан. Разведаны запасы газогидратов в нефтеносных районах Грин-каньон, Миссисипском подводном каньоне (именно здесь произошла утечка нефти с буровой платформы Deerpwater Horizon) и национальном парке Флауэр Гарден Бэнкс - это уникальная цепочка рифов.

2. Наиболее известная аквальная газогидратная залежь расположена в районе Блейк Ридж к востоку от морской границы США, в зоне океанической гряды Блейка, у атлантического побережья США. Здесь в виде единого протяженного поля на глубине 1,5-3,5 km залегает около 30 трлн. м<sup>3</sup> метана. Глубина залегания - 400 m, мощность гидратоносного слоя - 200 m.

3. Грязевой подводный вулкан Хакон Мосби (Норвегия). Северный Ледовитый океан. Газогидраты, обнаруженные еще в 1990 г., залегают на глубине 250-1000 m.

4. Шельф дельты Нигера (Нигерия) в Атлантическом океане - самый богатый нефтью регион в Африке. Его еще называют страной нефтяных рек.

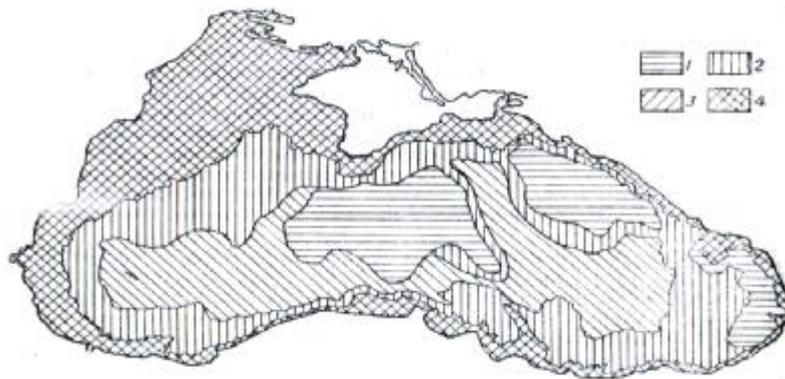


Рис. 9. Карта перспектив газоносности, зоны гидратообразования Черноморской впадины: 1 - высокоперспективные, 2 - перспективные, 3 - малоперспективные, 4 - бесперспективные

**В. Континентальные залежи:**

1. Черное море (Россия). На дне Черного моря есть около 15 месторождений газогидратов. Прогнозируемый объем - 20-25 трлн. м<sup>3</sup>. Более точный расчет выполнен для двух наиболее перспективных участков – Центрального и Восточного (рис. 9), площадь которых составляет соответственно 60,6 и 48,5 тыс. км<sup>2</sup>. Ресурсы метана в аквальных залежах газогидратов только акваториях, прилегающих к Крыму, оцениваются в 20-25 трлн. м<sup>3</sup>. Общее количество метана во всем Черном море по оценкам экспедиций (1988-1989 гг.) по результатам разбуривания и подъема образцов грунта морского дна более, чем в 400-х ядрах, - не менее 100 трлн. м<sup>3</sup>. Основная масса газогидратов в Черноморском регионе приходится на Украину и Румынию, в меньшем объеме приходится на Турцию, Болгарию и Россию, месторождения есть в Абхазии, Казахстане.

2. Каспийское море (Россия). Здесь месторождения газогидратов обнаружены на наименьшей глубине в 300-480 м.

3. Озеро Байкал (Россия). О существовании газовых гидратов на дне Байкала на основе косвенных данных было известно еще с 1990-х гг.

В 2001 г. во время реализации международного проекта «Байкал-бурение» газовые гидраты были впервые обнаружены в поверхностном слое донных отложений, а в прошлом году были найдены крупнейшие газогидратные поля в районе подводного грязевого вулкана Санкт-Петербург.

4. Подводные горы Анаксимандра, Средиземное море. Газовые гидраты залегают на глубине 0,3-

1,5 км. Как установили ученые, залежи напоминают слоеный пирог из гидратов и осадков пепла вулканического происхождения, что затрудняет разработку месторождения.

5. Побережье района Кула (Турция), Средиземное море. Здесь газогидраты формируются при участии многочисленных грязевых вулканов.

**Г. Арктические залежи:**

1. Район у дельты Маккензи (Канада), Северный Ледовитый океан. Самое северное из всех разведанных месторождений. Объем газогидратов уточняется. Газогидратные месторождения в России распространены на северо-западе ее европейской части, а также в Сибири и на Дальнем Востоке - на площади 2,4 млн. км<sup>2</sup>.

Зоны гидратообразования в морях, омывающих территорию России, распространены на площади 3-3,5 млн. км<sup>2</sup>. При оценке ресурсов метана в гидратсодержащих осадках Охотского моря площадь протяженности гидратсодержащей зоны оценивается в 100 тыс. км<sup>2</sup>, а ее мощность – в среднем в 200 м. Согласно формуле Д. Лаберга, запасы метана (при коэффициенте содержания 0,1) составляют более 2·10<sup>12</sup> м<sup>3</sup>. Установлено, что основная часть гидратов сосредоточена на материковых окраинах, где глубина вод составляет примерно 500 м.

В этих районах вода выносит органический материал и содержит питательные вещества для бактерий, в результате жизнедеятельности которых выделяется метан.

**Список литературы:**

1. Белослудов В.П., Дядин Ю.А., Лаврентьев М.Ю. Теоретические модели клатратообразования. Новосибирск: Наука. 1991. 128 с.
2. Васильев А., Димитров Л. Оценка пространственного распределения и запасов газогидратов в Черном море // Геология и геофизика №7. т. 43. 2002.
3. Воробьев А.Е., Малюков В.П. Газовые гидраты. Технологии воздействия на нетрадиционные углеводороды: Учебное пособие. Гриф УМО по образованию в области прикладной геологии. – М.: Изд-во РУДН, 2007. – 273 с.
4. Воробьев А.Е., Малюков В.П. Инновационные технологии освоения месторождений газовых гидратов: Учеб. пособие. – 2-е изд., испр. доп. – М.: РУДН, 2009. – 289 с. (ISBN 978-5-209-03107-9).
5. Воробьев А.Е., Малюков В.П., Рыгзынов Ч.Ц. Осложнения при гидратопроявлениях в акваториях Баренцового моря и озера Байкал. М., РУДН. 2010. 189 с.
6. Воробьев А.Е., Метакса Г.П., Модабаева Г.Ж., Чекушина Е.В., Байлагасова И.Л. Геотермические особенности акваторий в образовании и разрушении газогидратных залежей. Алматы (Казахстан). ИГД им. Д.А. Кунаева. 2011. 135 с. ISBN 978-601-7093-14-3
7. Воробьев А.Е., Молдабаева Г.Ж., Чекушина Е.В., Байлагасова И.Л. Приборное оснащение и методическое сопровождение исследований газогидратов и их залежей. Алматы (Казахстан). ИГД им. Д.А. Кунаева. 2010. 57 с.
8. Воробьев А.Е., Нифадыев В.И., Чекушина Е.В. Поиск, разведка и экологически безопасное освоение газогидратов озера Байкал, Телецкое (Россия) и Иссык-куль (Кыргызстан). Бишкек. КРСУ. 2010. 172 с. (ISBN 978-9967-05-719-7)
9. Выхристюк Л.А. Органическое вещество донных осадков Байкала. Новосибирск: Наука. 1980. 80 с.
10. Гинсбург Г.Д., Соловьев В.А. Субмаринные газовые гидраты. СПб. ВНИИокеангеологии. 1994. 199 с.
11. Гройсман А.Г. Теплофизические свойства газовых гидратов. Новосибирск: Наука. 1985. - 94 с.
12. Дмитриевский А.Н., Баланюк И.Е. Газогидраты морей и океанов – источник углеводородов будущего. – М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2006. – 287 с.
13. Дмитриевский А.Н., Казьмин В.Г., Баланюк И.Е., Каракин А.В. Газовое дыхание Черноморской впадины // Газовая промышленность N 4, 2000.

# ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ РАЗНОПРОЧНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВАМИ СКВАЖИННЫХ ЗАРЯДОВ МЕТОДОМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

**Норов Ю.Д.**, зам. начальника ЦНИЛ НГМК по горным работам, докт. техн. наук, профессор; **Бибики И.П.**, зам. главного инженера Центрального рудоуправления НГМК, канд. техн. наук; **Уринов Ш.Р.**, инженер горного бюро ЦНИЛ НГМК, канд. техн. наук; **Ивановский Д.С.**, инженер по горным работам ПТО рудника Мурунтау Центрального рудоуправления НГМК

К кинематическим параметрам потока разнопрочных горных пород относятся: начальная скорость и угол бросания потока, дальность бросания, высота подъема потока, схема которого приведена на рис. 1.

Определим кинематические параметры разлета потока разнопрочных горных пород взрывами скважинных зарядов ВВ на сброс из следующих допущений:

- частицы горных пород испытывают при своем движении действие сил сопротивления воздуха, при этом степень торможения определяется соотношением линейных размеров кусков, их объемной массой и скоростью движения, а сила сопротивления воздуха выражается известной в аэродинамике квадратичной зависимостью [1]:

$$F_{\text{с}} = C_{\text{л}} S_{\text{м}} \frac{r_{\text{г}} J^2}{2g}, \quad (1)$$

где  $C_{\text{л}}$  – коэффициент лобового сопротивления, учитывающий твердые включения;

$S_{\text{м}}$  – площадь миделевого сечения куска твердых включений, перпендикулярного вектору скорости,  $\text{м}^2$ ;

$J$  – скорость бросания потока разнопрочных горных пород;  $\text{м/с}$ ;

$g$  – ускорение силы тяжести,  $\text{м/с}^2$ ;

$r_{\text{г}}$  – плотность воздуха,  $\text{кг/м}^3$ .

-отдельно летящие частицы разнопрочных горных пород в воздухе, забрасываемые на максимальную дальность, не взаимодействуют между собой, при этом вектор силы сопротивления воздуха совпадает по величине с вектором скорости и направлен в противоположную сторону;

- поверхность взрываемого горного массива открытая и имеет форму уступа с углом наклона  $\alpha$ , а вектор максимальной начальной скорости полета куска направлен по ЛНС;

Коэффициент сопротивления воздуха определяем по известной формуле [2]:

$$b_{\text{с}} = 0,65 \frac{C_{\text{л}}}{X_{\text{к}}} \cdot \frac{r_{\text{г}}}{r}, \quad (2)$$

где:  $X_{\text{к}}$  – фактический объем куска разнопрочных горных пород,  $\text{м}$ ;

$r$  – плотность разнопрочных горных пород,  $\text{кг/м}^3$ .

Фактический объем куска разнопрочных горных пород [2]:

$$X_{\text{к}} = 1,3 \cdot \sqrt[3]{V_{\text{к}}}, \text{ м}, \quad (3)$$

где  $V_{\text{к}}$  – фактический объем взорванных разнопрочных горных пород.

Подставляя формулу (3) в формулу (2) получим формулу определения коэффициента сопротивления воздуха в зависимости от коэффициента лобового сопротивления:

$$b_{\text{с}} = \frac{r_{\text{г}} C_{\text{л}}}{2r \sqrt[3]{V_{\text{к}}}}. \quad (4)$$

Учитывая формулу (4) уравнение движения куска горной породы в векторной форме примет вид:

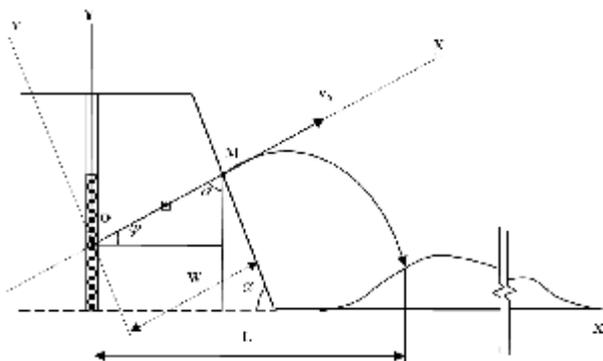
$$\frac{\partial \mathbf{J}}{\partial t} = - \frac{r_{\text{г}} C_{\text{л}}}{2r \sqrt[3]{V_{\text{к}}}} |\mathbf{J}| \mathbf{J} + \mathbf{g}, \quad (5)$$

где:  $\mathbf{J}$  – скорость движения,  $\text{м/с}$ ;

$t$  – время,  $\text{с}$ .

Уравнение решается в прямоугольной системе координат. Ось  $OY$  направлена вертикально вверх, ось  $OX$  – по горизонту. Начало координат помещаем в центр тяжести рассматриваемого объема сбрасываемой горной породы согласно рис. 1.

Проецируя вектор уравнения (5) на оси  $OX$  и  $OY$ , обозначая составляющие скорости по этим осям –  $J_x$  и  $J_y$ , соответственно и присоединяя к уравнениям движения две кинематические зависимости, получаем систему:



**Рис. 1.** Схема определения кинематических параметров разлета потока разнопрочных горных пород взрывом скважинного заряда ВВ:  $L$  – дальность бросания потока разнопрочных горных пород,  $\text{м}$ ;  $v_0$  – начальная скорость бросания потока разнопрочных горных пород,  $\text{м/с}$

$$\begin{cases} \frac{dJ_x}{dt} = -\frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_x J \\ \frac{dJ_y}{dt} = -\frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_y J - g \\ \frac{dx}{dt} = J_x; \quad \frac{dy}{dt} = J_y \end{cases} \quad (6)$$

где  $J = \sqrt{J_x^2 + J_y^2}$ .

Начальным условием интегрирования будет при  $t=0$ :

$$J_x = J_0 \cos j; \quad J_y = J_0 \sin j; \quad x=0; \quad y=0$$

Начальная скорость бросания потока горных пород определяется из закона сохранения энергии по известной формуле [3]:

$$J_0 = \sqrt{\frac{2hqQ}{r}}, \text{ m/s}, \quad (7)$$

где:  $\eta=0,05$  – коэффициент полезного действия взрыва на сброс;

$q$  – удельный расход ВВ,  $\text{kg/m}^3$ ;

$Q$  – удельная теплота взрыва,  $\text{J/kg}$ .

Согласно работе [3], уравнения системы (6) зависят друг от друга. Будем считать, что так же как и в пустоте, частицы горных пород при движении в воздухе совершают два независимых движения: по направлению вектора начальной скорости и направлению силы тяжести. В том и другом случаях на него действует сила сопротивления воздуха, величина которой соответствует составляющим скорости по этим направлениям.

Система уравнений принимает следующий вид:

$$\frac{dJ_x}{dt} = -\frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J^2 \cos j. \quad (8)$$

Интегрируя формулу (8) проекция начальной скорости на оси OX получаем:

$$J_x = -\frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \cos j \cdot t + c_1, \quad (9)$$

при  $t=0$ ,  $J_x = J_0 \cos j$ , откуда:

$$c_1 = J_0 \cos j \quad (10)$$

Из формул (9) и (10) проекция начальной скорости на ось OX:

$$J_x = \frac{dx}{dt} = -\frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \cos j \cdot t + J_0 \cos j. \quad (11)$$

После интегрирования уравнение (11) принимает следующий вид:

$$x = -\frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \cos j \frac{t^2}{2} + J_0 \cos j \cdot t + c_2, \quad (12)$$

при  $t=0$ ,  $x=0$ , откуда  $c_2=0$ , получим формулу расчёта дальности бросания потока разнопрочных горных пород:

$$x = J_0 \cos j \cdot t - \frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \cos j \frac{t^2}{2}. \quad (13)$$

Теперь решим второе уравнение системы уравнения (6):

$$\frac{dJ_y}{dt} = -\frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j - g. \quad (14)$$

После интегрирования уравнение (14) принимает следующий вид:

$$J_y = -\left(\frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g\right)t + c_3, \quad (15)$$

при  $t=0$ ,  $J_y = J_0 \sin j$ , откуда:

$$c_3 = J_0 \sin j. \quad (16)$$

Из формул (16) и (15) проекция начальной скорости на ось OY:

$$J_y = \frac{dy}{dt} = -\left(\frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g\right)t + J_0 \sin j. \quad (17)$$

После интегрирования уравнение (17) принимает следующий вид:

$$y = J_0 t \sin j - \left(\frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g\right) \frac{t^2}{2} + C_4. \quad (18)$$

При  $t=0$ ,  $y = H/2$  и  $C_4 = H/2$  получим формулу расчета высоты подъёма потока разнопрочных горных пород:

$$y = J_0 t \sin j - \left(\frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g\right) \frac{t^2}{2} + \frac{H}{2}. \quad (19)$$

Учитывая формулы (13) и (19) система уравнений примет вид:

$$\begin{cases} x = J_0 t \cdot \cos j - \frac{r_6 C_n J_0^2 t^2}{4r^3 \sqrt{V_k}} \cos j; \\ y = J_0 t \cdot \sin j - \left(\frac{r_6 C_n}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g\right) \frac{t^2}{2} + \frac{H}{2} \end{cases}, \quad (20)$$

где:  $x$  – координатная ось по направлению дальности бросания потока горных пород (L);

$y$  – координатная ось по вектору силы тяжести.

Первая формула из системы уравнений (20) определяет дальность бросания потока разнопрочных горных пород:

$$L = J_0 t \cos j - \frac{r_6 C_n J_0^2 t^2}{4r^3 \sqrt{V_k}} \cos j. \quad (21)$$

Подставляя формулу (7) в формулу (21), получим формулу в виде:

$$L = \sqrt{\frac{2hqQ}{r}} \left(1 - \frac{r_6 C_n t}{4r^3 \sqrt{V_k}} \sqrt{\frac{2hqQ}{r}}\right) t \cos j. \quad (22)$$

Из формулы (2) определим коэффициент лобового сопротивления:

$$C_n = \frac{b_c 2r^3 \sqrt{V_k}}{r_6}. \quad (23)$$

Поставляя формулу (2.23) в (2.22), получим формулу в следующем виде:

$$L = \sqrt{\frac{2hqQ}{r}} \left( 1 - \frac{t}{2} \sqrt{\frac{2hqQ}{r} b_c} \right) \cos j \cdot (24)$$

При  $y=0$  вторая формула из системы уравнений (20) примет вид:

$$\left( \frac{r_e C_a}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g \right) t^2 - 2J_0 \sin j \cdot t - H = 0. (25)$$

Полученная формула имеет два решения:

$$t_1 = \frac{J_0 \sin j - \sqrt{(J_0 \sin j)^2 + \left( \frac{r_e C_a}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g \right) H}}{\left( \frac{r_e C_a}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g \right)} < 0, (26)$$

$$t_2 = t = \frac{J_0 \sin j + \sqrt{(J_0 \sin j)^2 + \left( \frac{r_e C_a}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g \right) H}}{\left( \frac{r_e C_a}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g \right)}. (27)$$

Таким образом, получена формула расчёта времени бросания потока разнопрочных горных пород (27).

Подставляя время бросания потока горных пород (27) в формулу (21) получим окончательную формулу расчёта дальности бросания потока разнопрочных горных пород в зависимости от коэффициента лобового сопротивления:

$$L = J_0 \frac{J_0 \sin j + \sqrt{(J_0 \sin j)^2 + \left( \frac{r_e C_a}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g \right) H}}{\left( \frac{r_e C_a}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g \right)} \cos j - \frac{r_e C_a J_0^2}{4r^3 \sqrt{V_k}} \left( \frac{J_0 \sin j + \sqrt{(J_0 \sin j)^2 + \left( \frac{r_e C_a}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g \right) H}}{\left( \frac{r_e C_a}{2r^3 \sqrt{V_k}} J_0^2 \sin j + g \right)} \right) \cos j (28)$$

Удельный расход ВВ определяется по известной формуле:

$$q = \frac{Q_m}{V_k} = \frac{Q_m}{abHN}, \text{ kg/m}^3 (29)$$

где  $Q_m$  – масса заряда ВВ на взрываемом блоке, kg;  
 $a$  – расстояние между скважинами в ряду, м;  
 $b$  – расстояние между рядами скважин, м;  
 $H$  – высота уступа, м;  
 $N$  – количество скважинных зарядов ВВ.

Подставляя формулу (29) в (7), получим формулу определения начальной скорости бросания потока разнопрочных горных пород в следующем виде:

$$J_0 = \sqrt{\frac{2hQ_m Q}{rabHN}}, \text{ m/s.} (30)$$

Подставляя формулу (30) в (28), получим окончательную формулу определения дальности бросания потока разнопрочных горных пород:

$$L = \sqrt{\frac{2hQ_m Q}{rabHN}}^*$$

$$\frac{\sqrt{\frac{2hQ_m Q}{rabHN}} \sin j + \sqrt{\frac{2hQ_m Q \sin^2 j}{rabHN} + \left( \frac{hr_e C_a Q_m Q}{r^2 (abHN)^{4/3}} \sin j + g \right) H}}{\left( \frac{hr_e C_a Q_m Q}{r^2 (abHN)^{4/3}} \sin j + g \right)}$$

$$* \cos j - \frac{hr_e C_a Q_m Q}{2r^2 (abHN)^{4/3}} *$$

$$\frac{\left( \sqrt{\frac{2hQ_m Q}{rabHN}} \sin j + \sqrt{\frac{2hQ_m Q \sin^2 j}{rabHN} + \left( \frac{hr_e C_a Q_m Q}{r^2 (abHN)^{4/3}} \sin j + g \right) H} \right)}{\left( \frac{hr_e C_a Q_m Q}{r^2 (abHN)^{4/3}} \sin j + g \right)}$$

$$* \cos j. (31)$$

В результате теоретических исследований получены формулы расчёта дальности бросания потока разнопрочных горных пород (28 и 31) в зависимости от начальной скорости, угла бросания, удельной теплоты взрыва, сетки расположения скважинных зарядов и коэффициента лобового сопротивления

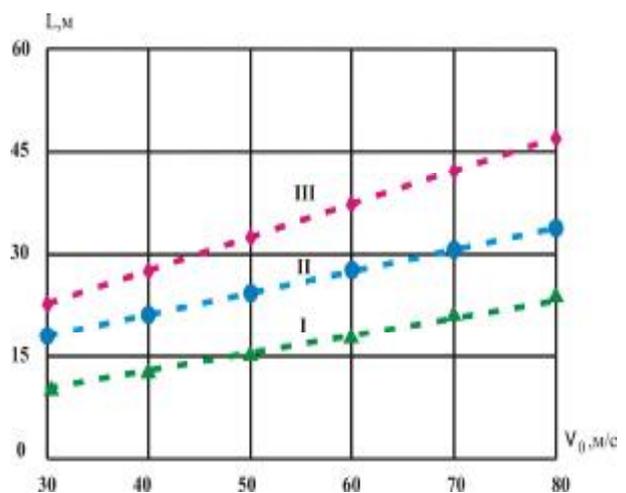


Рис. 2. Зависимость дальности бросания потока разнопрочных горных пород (L) в зависимости от начальной скорости бросания ( $v_0$ ), при различной высоте уступа и постоянном удельном расходе ВВ: I, II, III – высота уступа, соответственно 10; 15; 20 м

воздуха, которые приведены на рис. 2-6.

На рис. 2 представлен график изменения дальности

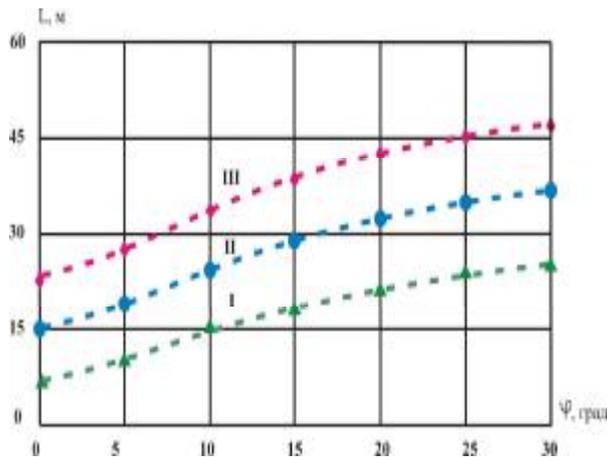


Рис. 3. Зависимость дальности бросания потока разнопрочных горных пород в зависимости от угла бросания, при различной высоте уступа и постоянном удельном расходе ВВ: I, II, III – высота уступа, соответственно 10, 15, 20 м

сти бросания потока разнопрочных горных пород от начальной скорости, при различной высоте уступа 10, 15, 20 м и постоянных удельном расходе ВВ 1,5  $\text{kg/m}^3$  и угле бросания  $\varphi=30^\circ$ . В результате исследований установлено, что с увеличением начальной скорости от 30 до 80 м/с, дальность бросания потока разнопрочных горных пород увеличивается на: 10-15 м, при высоте уступа 10-15 м; 23 м, при высоте уступа 20 м.

На рис. 3 представлен график изменения дальности бросания потока разнопрочных горных пород от угла бросания, при различной высоте уступа и постоянном удельном расходе ВВ 1,5  $\text{kg/m}^3$ . Полученные зависимости показывают, что с увеличением угла бросания от 0 до  $30^\circ$  дальность бросания потока разнопрочных горных пород увеличивается в 2-2,5 раза.

На рис. 4 представлен график изменения дальности бросания потока разнопрочных горных пород

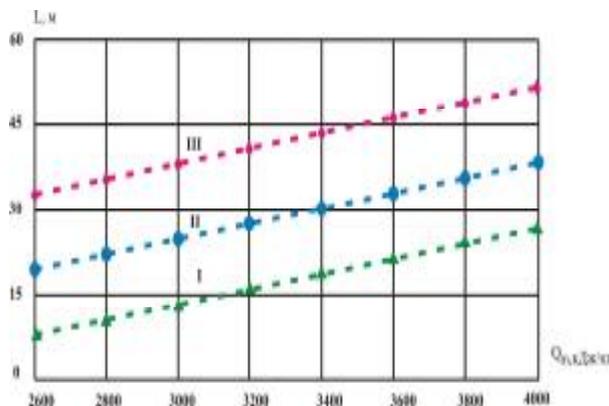


Рис. 4. Зависимость дальности бросания потока разнопрочных горных пород в зависимости от удельной теплоты взрыва, при различной высоте уступа и постоянных угле бросания и удельном расходе ВВ: I, II, III – высота уступа, соответственно 10; 15; 20 м

от удельной теплоты взрыва при различной высоте уступа и постоянных угле бросания  $\varphi=30^\circ$  и удельном расходе ВВ 1,5  $\text{kg/m}^3$ .

Полученные зависимости показывают, что с увеличением удельной теплоты взрыва от 2600 до 4000  $\text{kJ/kg}$  и высоты уступа от 10 до 20 м при одинаковом удельном расходе ВВ дальность бросания увеличивается в 1,5-2,5 раза.

На рис. 5 представлен график изменения дальности бросания потока разнопрочных горных пород от сетки расположения скважинных зарядов при различных удельных расходах ВВ - 1,0; 1,2; 1,5  $\text{kg/m}^3$ , постоянной высоте уступа  $H_y=10$  м и угле бросания  $\varphi=30^\circ$ .

Полученные зависимости показывают, что со сгущением сетки расположения скважинных зарядов от 8,0x8,0 м до 4,0x4,0 м и увеличении удельного расхода ВВ от 1 до 1,5  $\text{kg/m}^3$  при одинаковых высоте уступа и угле бросания дальность бросания увеличивается в 2-2,5 раза.

На рис. 6 представлен график изменения дальности бросания потока разнопрочных горных пород от коэффициента лобового сопротивления при различной высоте уступа и постоянных: удельном расходе ВВ 1,5  $\text{kg/m}^3$  и угле бросания  $\varphi=30^\circ$ .

Полученные зависимости показывают, что с увеличением коэффициента лобового сопротивления от 1 до 1,8, при постоянных удельном расходе ВВ 1,5  $\text{kg/m}^3$  и угле бросания  $\varphi=30^\circ$ , при различной высоте уступа дальность бросания потока разнопрочных горных пород уменьшается в 1,5-2 раза.

На основе использования законов газодинамики определены кинематические параметры разлета потока разнопрочных горных пород взрывами скважинных зарядов ВВ на сброс, а также разработана компьютерная программа на языке Borland Delphi 7.0 по определению кинематических параметров разлета горных пород взрывом скважинных зарядов ВВ на сброс.

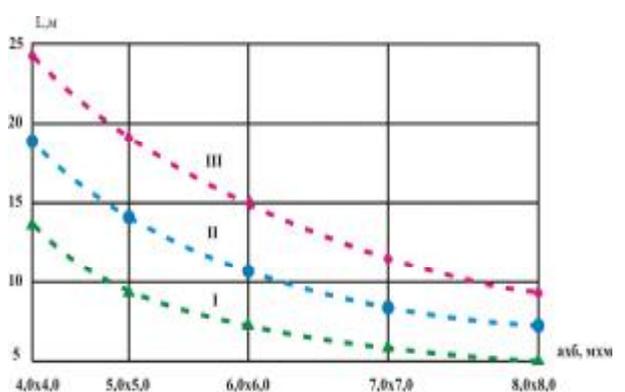


Рис. 5. Зависимость дальности бросания потока разнопрочных горных пород в зависимости от сетки расположения скважинных зарядов, при различном удельном расходе ВВ, постоянной высоте уступа и угле бросания: I, II, III – удельный расход ВВ, соответственно 1; 1,2; 1,5  $\text{kg/m}^3$

На данную программу получено свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 01771 от 25.06.2009 г., новизна которой защищена свидетельством патентного ведомства Республики Узбекистан.

**Выводы :**

1. Разработана математическая модель, описывающая действие взрыва скважинного заряда ВВ на сброс, на основе которого определены кинематические параметры разлета потока разнопрочных горных пород.

2. Исследованиями установлено, что дальность бросания потока разнопрочных горных пород взрывами скважинных зарядов ВВ на сброс зависит

от начальной скорости и угла бросания, удельной теплоты взрыва, сетки расположения скважинных зарядов, а также коэффициента лобового сопротивления воздуха.

3. На основе использования законов газодинамики определены кинематические параметры разлета потока разнопрочных горных пород взрывами скважинных зарядов ВВ на сброс, а также разработана компьютерная программа на языке Borland Delphi 7.0 по определению кинематических параметров разлета горных пород взрывом скважинных зарядов

ВВ на сброс, новизна которой защищена свидетельством патентного ведомства Республики Узбекистан.

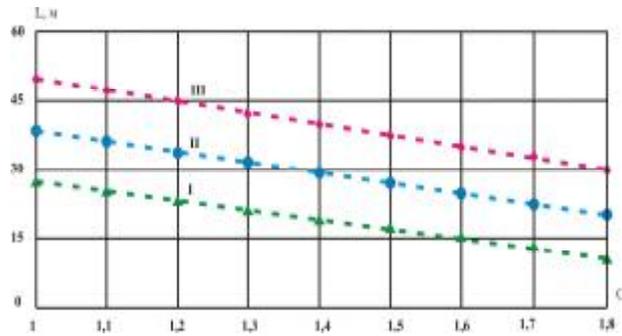


Рис. 6. Зависимость дальности бросания потока разнопрочных горных пород в зависимости от коэффициента лобового сопротивления, при различной высоте уступа, постоянных угле бросания и удельном расходе ВВ: I, II, III – высота уступа, соответственно 10; 15; 20 м.

**Список литературы:**

1. Авдеев Ф.А., Барон В.Л., Блейман И.Л. Производство массовых взрывов. М.: Недра, 1977. –312 с.
2. Норов Ю.Д. Обоснование и разработка новых способов образования удлиненных выемок в грунтах взрывами траншейных зарядов выброса // Диск. Докт. техн. наук, Навоий, 2001.
3. Черниговский А.А. Применение направленного взрыва в горном деле и строительстве. М.: Недра, 1977. –312 с.
4. Норов Ю.Д., Бибик И.П., Уринов Ш.Р., Ивановский Д.С., Заиров Ш.Ш. Кинематические параметры разлета горных пород взрывом. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 01771. Зарегистрирован в государственном реестре программ для ЭВМ Республики Узбекистан 04.02.2009 г.

УДК 622.232.

© Акбаров Т.Г., Уразов Ж.Д. 2011 г.

## ОТРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ КЫЗЫЛАЛМА СИСТЕМОЙ РАЗРАБОТКИ ГОРИЗОНТАЛЬНЫМИ СЛОЯМИ С ЗАКЛАДКОЙ ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА

Аkbаров Т.Г., доцент кафедры «Горное дело» ТашГТУ, канд. техн. наук; Уразов Ж.Д., магистрант кафедры «Горное дело» ТашГТУ

Золоторудное месторождение Кызылалма расположено на юго-западном склоне Чаткальского хребта на высотных отметках от 1000 до 1500 м над уровнем моря, административно относится к Аханганскому району Ташкентской области Республики Узбекистан.

Месторождение Кызылалма находится в юго-восточной части одноименного рудного поля и контролируется основными рудоносными разломами – Кызылалмасайским и Карабауским. Месторождение подразделяется на два тектонических блока – запад-

ный и восточный, границей между которыми служит тектоническое нарушение, трассируемое руслом р. Гошсай.

В пределах западного блока находятся участки месторождения Северо-западный, Центральный и Междуречье; восточного – участки Самарчук и Чумаук. Наиболее крупным участком, в котором сосредоточено подавляющее количество (более 90%) разведанных запасов месторождения, является участок Центральный, на базе которого построен рудник Кызылалма.

Участок характеризуется сложным геологическим строением и разнообразием слагающих его пород. Основными рудоносными породами являются сланцы кварц-серицит-хлоритового состава и сионито-диоритовые порфиры. Эти породы, вовлеченные в зону дробления гидротермальной проработки Кызылалмасайского разлома, формируют мощную полосу гидротермально-измененных прокварцеванных пород [1-6].

Наиболее интенсивное окварцевание приурочено к средней части этой полосы, так называемой Главной рудоносной зоне, представляющей собой совокупность субпараллельных и ветвящихся зон окварцевания.

Мощность зоны достигает 200-250 м, протяженность по простиранию 1000-1200 м, по падению – до 900 м. Падение зоны крутое (60-70°) в северных румбах.

В разрезе представляет собой расходящийся вниз пучок тектонических структур, сопровождающийся зонами окварцевания, а в плане - сложно построенную линзующуюся залежь. Все промышленные оруденения приурочены к Главной рудоносной зоне.

Рудные тела в пределах зоны выделяются только по результатам опробования, имеют сложные контуры, как правило, несовпадающие с геологическими границами.

Форма рудных тел обычно линзовидно-вытянутая с раздувами (до 20-30 м) и пережимами (до полного выклинивания). Степень устойчивости руд и пород в пределах рудоносной зоны изменяется в значительных пределах (от 70 до 75% пород относится к числу неустойчивых).

Прочностные характеристики руд и пород также зависят от степени трещиноватости, окварцевания, условий залегания и изменяются в значительных пределах.

По усредненным данным породы и руды месторождения характеризуются следующими значениями коэффициентов крепости по шкале М.М. Протодяконова:

- неокварцованные вмещающие породы (сланцы и др.) - 7-12;
- окварцованные вмещающие породы - 12-16;
- руды (зоны окварцевания) - 15-20.

Естественная радиоактивность пород и руд изменяется от 2-10 мкГ/ч (руды) до 32-42 мкГ/ч (фельзиты, граниты), т. е. соответствует фоновой. Руды не склон-

ны к самовозгоранию, по опыту отработки верхних горизонтов склонны к слеживанию. Объемный вес руд и пород 2,55 т/м<sup>3</sup>. Коэффициент разрыхления - 1,6.

Геологическое строение месторождения Кызылалма обладает рядом особенностей, позволяющих отнести его к разряду уникальных (табл. 1). Основными особенностями являются:

- наличие в геологическом разрезе двух структурных этажей - гранитоидного фундамента и вулканогенного чехла, нарушенных многочисленными разры-

Таблица 1

Показатели потерь и разубоживания руды по системам разработки

Показатели	Тип системы			
	I	II	III	IV
<b>I. Эксплуатационные потери:</b>				
- на контактах рудного тела с вмещающими породами вследствие неполноты отбойки полезного ископаемого	2,0	2,0	2,0	1,9
- из-за проникновения рудной мелочи в закладку при отбойке	1,5	-	-	1,8
- в результате смешивания с пустыми породами при выпуске	-	7,5	22,5	-
- при погрузке, разгрузке, складировании и транспортировке	0,5	0,5	0,5	0,5
<b>Итого:</b>	<b>4,0</b>	<b>10,0</b>	<b>25,0</b>	<b>4,2</b>
<b>II. Технологическое разубоживание:</b>				
- в результате прирезки вмещающих пород из-за сложной морфологии рудного тела	6,4	10,0	11,4	1,9
- вследствие попадания в рудную массу закладочного материала из ранее отработанных панелей	3,3	-	-	2,6
- вследствие попадания в руду обрушенных налегающих пород	-	11,3	28,3	-
- от примешивания пород при зачистке площадок в местах погрузки, разгрузки и складирования	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Итого:</b>	<b>10,0</b>	<b>21,6</b>	<b>40,0</b>	<b>4,8</b>

Примечание: I тип – система разработки подэтажными ортами с отбойкой руды ромбоидальными панелями, торцевым выпуском и твердеющей закладкой; II тип - система разработки подэтажного обрушения ромбоидальными панелями с послонной отбойкой и торцевым выпуском; III тип - система разработки подэтажного обрушения с массовой отбойкой панелей и торцевым выпуском; IV тип - предлагаемая система разработки горизонтальными слоями с твердеющей закладкой выработанного пространства

вами;

- вытянутость месторождения с запада на восток на 10 км вдоль основных рудо локализирующих разломов - Кызылалмасайского и Карабауского, образующих мощную (до 300 м) полукольцевую структуру;

- приуроченность золото-серебряного оруденения к мощным протяженным рудоносным структурам, представляющим из себя сложно построенные тектонические зоны с системой трещин и зон дробления, контролируемые крупными разрывными нарушениями с изменчивыми параметрами простирания, мощности и углов падения;

- благоприятность для рудоотложения гранитов и пород порфирит-сланцевого комплекса - кварц-диоритовых и сиенит-диоритовых порфиритов, сланцев, реже гранитов и дацит-порфиритов;

- локализация основной массы промышленного оруденения в зонах интенсивного окварцевания, расположенных в пределах рудоносных структур; сложная морфология и отсутствие четких геологических границ-зон; крайне неравномерное распределение оруденения в зонах, наличие рудных столбов;

- концентрация основных запасов месторождения на Центральном участке, расположенном в средней части минерализованной зоны.

В начальный период месторождение разрабатывали системой слоевого обрушения, применение которой намечалось как на участках «древних» работ, так и при отработке целиковых запасов с высоким содержанием металла. Однако, ввиду большого расхода материала на настилы, а также на крепление выработок, и, учитывая опыт работы рудника, было решено отказаться от применения этой системы и заменить ее более экономичными и безопасными:

- системой разработки подэтажного обрушения ромбоидальными панелями с послонной отбойкой и торцевым выпуском руды (60%) - система применима для руд и пород всячего бока средней устойчивости на участках с высоким содержанием металла;

- системой разработки подэтажными ортами с отбойкой руды ромбоидальными панелями, торцевым выпуском и твердеющей закладкой выработанного пространства (30-40%) - данной системой обрабатывались рудные блоки с высоким содержанием металла, а также участки, прилегающие к «древним» работам;

- системой разработки подэтажного обрушения с массовой отбойкой панелей и торцевым выпуском (10%) - данной системой обрабатывали участки рудных тел, нарушенных «древними» работами, которые простираются только до горизонта +985 м.

Удельный вес вышеперечисленных систем зависит от конкретных горно-геологических и горнотехнических условий. Основное достоинство вышеперечисленных систем разработок заключается в высокой производительности труда, а также в отсутствии крепи в очистных выработках.

При этих системах можно применять высокопроизводительные буровые установки. Наиболее существенные недостатки: высокие показатели потерь и разубоживания руды, достигающие соответственно 20-25 и 20-40%; неблагоприятные условия проветривания блоковых восстающих, эти выработки оказываются глухими и их проветривают сжатым воздухом, который поступает для работы бурильных механизмов, или применяют вентиляторы местного проветривания. Переход на системы с обрушением позволило уменьшить расход материала на настилы и крепление выработок и значительно улучшить показатели извлечения руды. При этом имели место частые отслоения пород всячего бока в процессе отбойки и выпуска руды, что создавало повышенную опасность горных работ. Необходимо было изыскать новые системы разработки, которые обеспечили бы безопасность работ и полную извлечения руды.

Анализ мировой практики [2-6] отработки ценных руд в сложных условиях показал, что наибольшее распространение получила слоевая система разработки с нисходящей выемкой и закладкой выработанного пространства твердеющими смесями, благодаря высоким показателям извлечения руды и механизации всех технологических процессов. Потери руды при слоевой системе составляют 2-5%, разубоживание 3-8%.

Использование дизельного самоходного оборудования на проходке выработок и очистных работах, механизация и автоматизация закладочных работ обеспечивают высокую производительность труда, что изменило представление об этой системе, как о низкопроизводительной. Показатели потерь и разубоживания руды по системам разработки приведены в табл. 1.

Принципиальная схема ведения горных работ: выемочная единица при применении этой системы разработки - очистной блок, длина блока 110-120 м, высота 60 м, ширина равна мощности рудного тела.

Подготовка блока включает проходку штреков и транспортных заездов на уровне откаточного горизонта, наклонного съезда под углом 12-17° между верхним и нижним горизонтами, рудоспусков и вентиляционно-закладочных восстающих.

Запасы блока обрабатывают слабонаклонными слоями (5-7<sup>0</sup>) в нисходящем порядке. Развитие работ в слое начинают с проходки из наклонного съезда или заезда на слой разрезного слоевого штрека под углом 3-5<sup>0</sup>. Первый слой обрабатывают под естественной кровлей, а последующие - под искусственной. Выемку руды в слоях осуществляют заходками, которые при мощности рудного тела менее 15 м располагают по простиранию, а при большей мощности - вкрест простирания. Согласно данным районирования руд и пород по устойчивости, а также с учетом габаритных размеров самоходного оборудования были установлены оптимальные по условиям безопасности ведения работ параметры заходок: ширина 3-4 м, высота 3 м.

Очистные работы ведутся выемочными заходками вкрест простирания рудного тела в две стадии. На первой стадии выемка рудного массива ведется так называемыми первичными заходками, с оставлением целиков, характеризующихся параметрами выемочных заходок. Выемка целиков осуществляется на второй стадии работ - после закладки выработанного пространства первой стадии и набора необходимой прочности закладочного массива (2,5-3,0 МПа). Нормативная прочность закладочного массива 4-5 МПа.

Перед закладкой каждой заходки необходимо их изолировать от остальных выработок с помощью перемычек, в качестве которых рекомендуется применять переносные пневматические закладочные перемычки. Для приготовления закладочной смеси используется закладочный комплекс на промплощадке ствола «Вентиляционный». К моменту завершения закладки слоевого штрека должен быть пройден заезд из наклонного съезда на ближайший слой.

Механизация проходческих и очистных работ решается использованием для бурения шпуров переносных бурильных установок типа УПБ-1 и перфораторов ПП-54, ПП-63 для погрузки и доставки руды и породы самоходных погрузочно-доставочных машин TORO-150E.

Восстающие и рудоспуски проходят при помощи проходческих комплексов типа КПВ-4А, для зарядки шпуров используются пневмозарядчики типа Ульба-400, МЗК-25, для крепления выработок бетоном - укладчик бетона УБ-1А. Проветривание блока

осуществляется за счет общешахтной депрессии, а тупиковых выработок длиной более 10 м - вентиляторами местного проветривания.

Безопасность работ при нисходящей слоевой выемке в значительной степени зависит от создания устойчивой искусственной кровли и всего закладочного массива и сохранения их устойчивости и несущей способности на весь период очистных работ в слое и блоке в целом. Это обеспечивается соблюдением рационального состава твердеющей смеси, технологии ее приготовления и укладки в выработанное пространство, контролем прочности и структуры закладочного массива.

Основную часть потерь (90-95%) составляют потери неотбитой руды на контакте с породами всячего и лежащего боков, а также на контакте с породными прослоями. Источником потерь отбитой руды являются пропитанные закладкой остатки крупнокусковой руды на почве заходок. Такие потери возникают редко, так как при нормальной планировке мелочи на почве заходок она не схватывается с закладкой.

Разубоживание происходит из-за примешивания к руде при отбойке породы и закладки на контакте с породами прослоев, всячего и лежащего боков, а также закладочного массива. Величина разубоживания из-за примешивания породы зависит от угла падения и мощности рудного тела и при прочих равных условиях с их увеличением она уменьшается.

Анализ показывает, что потери и разубоживание взаимосвязаны. Так, в процессе отбойки руды на контакте с породными прослоями и вмещающими породами увеличение потерь неотбитой руды влечет за собой уменьшение разубоживания и наоборот. Это же явление наблюдается и при выемке заходок на контакте с закладочным массивом. При составлении проектов отработки блоков необходимо устанавливать оптимальные величины потерь и разубоживания, при которых достигается максимальная экономическая эффективность отработки запасов.

Значение систем разработки горизонтальными слоями с закладкой выработанного пространства возрастает в связи с тем, что все более осознается недопустимость порчи поверхности земли горными работами. Кроме того, современные средства механизации позволяют при этой системе разработки получать технико-экономические показатели того же порядка, что и при системах с обрушением вмещающих пород, сохраняя при этом поверхность земли.

Изучение зарубежного опыта показывает, что одним из перспективных направлений повышения эффективности системы разработки горизонтальными слоями с закладкой является замена деревянных настилов бетонными, позволяющими снизить потери руды, попадающей в закладку, и уменьшить ее разубоживание материалом закладки.

Разработка золоторудного месторождения Кызылалма системой горизонтальных слоев с закладкой выработанного пространства имеет большие технические преимущества при решении многих сложных проблем.

Прежде всего, она обеспечивает широкое извлечение руды из недр, снижает ее потери в опорных и охранных целиках, позволяет сохранить земную поверхность от сдвижения, что чрезвычайно важно при ведении горных работ под существующим поселком.

Анализируя опыт применения систем горизонтальных слоев с твердеющей закладкой [2-6], следует отметить, что применение этих систем дает возможность:

1. Снизить потери полезных ископаемых в недрах и их разубоживание, увеличить безопасность ведения горных работ, особенно при неустойчивых боковых породах и больших глубинах разработок, когда развивается значительное горное давление и имеется опасность горных ударов.

2. Отработать запасы полезных ископаемых, остающихся под городами, отдельными сооружениями, лесами и водоемами в виде охранных целиков; полностью устранить или резко снизить пожароопасность полезных ископаемых, склонных к самовозгоранию руд.

3. Вести горные работы в сложных горно-геологических и гидрогеологических условиях при тектонических нарушениях, обводненности, наличии в рудном теле слоистости и трещиноватости.

4. Обеспечить лучшие условия труда, чем при применении обрушения кровли, устранить опасность травматизма из-за обрушений, вывалов, выброса газов, улучшить вентиляцию и проветривание очистных забоев за счет снижения объемов пустот.

5. Повысить темпы очистной выемки на обрабатываемых полях, обеспечивая одновременность ведения работ на нескольких этажах.

6. Ослабить и локализовать окислительные процессы за счет сокращения потерь руды при добыче и надежной изоляции обрабатываемых участков, уменьшить опасность возникновения эндогенных пожаров.

#### Список литературы:

- 1 Оруджев У.С., Кадыров Ф.Х., Шакаров Б.Ш. Пути увеличения эффективности отработки рудников Ангренского рудоуправления. – «Горный вестник Узбекистана», 2009, №3. - с. 62-65.
2. Бронников Д.М. Разработка месторождений с закладкой /Труды международного симпозиума, июнь 1983 г., г. Пулео, Швеция/. – М., «Мир» 1987. - 519 с.
3. Гребенюк В.А., Цой Н.Д. Опыт разработки залежей богатых руд в сложных горно-геологических условиях системами с закладкой. – «Горный журнал», 1972, №10. - с. 23-25.
4. Близиюков В.Г., Малый А.Н., Чистяков Г.П. и др. Технология подземной разработки мощных крутопадающих рудных залежей в сложных гидрогеологических условиях. – «Горный журнал», 2001, №7. – с. 48-53.
5. Требуков А.Л. Применение твердеющей закладки при подземной разработке руд. – М., «Недра», 1981. – 180 с.
- 6 Назарчик А.Ф. Разработка жильных месторождений. – М., «Недра», 1977. - 240 с.

## ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ И ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ХВОСТОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД

Крымов Л.Р., начальник лаборатории промгидротехники «O'zGEORANGMETLITI»; Байков В.Н., гл. специалист лаборатории промгидротехники «O'zGEORANGMETLITI»; Ослоповский С.А., директор ГМЗ-1 НГМК

В современных требованиях по защите окружающей среды вопросы экологической безопасности являются весьма актуальными и составляют одну из важнейших задач общей проблемы - разработки комплекса мероприятий по предотвращению негативного воздействия хозяйственной деятельности предприятия на окружающую среду.

Мероприятия по захоронению радиоактивных отходов ураносодержащих руд на хвостохранилище ГМЗ-1, которые проводятся совместно с процессом складирования отходов хвостового материала золотоизвлекательного производства, являются одним из этапов экологической реабилитации хвостохранилища.

Хвостохранилище ГМЗ-1 состоит из 8 карт, из которых 3 карты (7-1, 2 и 3) заполнены хвостами переработки ураносодержащих руд, одна карта выведена из эксплуатации (карта 8) из-за того, что она не отвечала требованиям экологической безопасности. В эксплуатации в настоящее время находятся карты 4, 5 и 6.

Негативные влияния хвостохранилища с ураносодержащими отходами на окружающую обстановку оцениваются величиной эффективной дозы облучения.

Действующие нормативы допускают мощность экспозиционной дозы гамма-излучения на высоте 1 м от поверхности не более 100 мкГ/ч сверх естественного фона и допускают осуществлять захоронение ураносодержащих хвостов противорадиационным экраном из отходов переработки нерадиоактивных руд.

Сотрудниками лаборатории промышленной гидротехники был разработан регламент опытно-промышленных работ по намыву противорадиационного экрана и совместной эксплуатации отдельных карт хвостохранилища, исключающей возможность негативного воздействия на подземную гидросферу.

Основой регламента являлось определение максимально возможного объема пульпы, подача которой на ту или иную карту не создавала условий для фильтрации хвостовых вод через толщу илистых отложений.

Попеременная подача определенных объемов пульпы на очередную карту предопределяла рациональное использование остаточных объемов действующих карт с выравниванием их поверхности и созданием условий для последующей консервации.

Подобная система складирования обеспечивала равномерное заполнение карт без длительного присутствия на картах прудков, так как до следующего поступления хвостовой пульпы на очередную карту прудок на ней испарялся.

На основании разработанного регламента институтом был выпущен проект, согласно которого велось заполнение карт хвостохранилища.

За прошедший период времени площади намывного противорадиационного экрана из хвостов переработки золотосодержащих руд на картах 3, 4, 5 и 6 составляют 65 - 75% площадей карт.

Из всех существующих карт на хвостохранилище только карта 6 имеет противофильтрационный экран, который был построен из иловых отложений карты 2 в 1996 году.

В настоящее время, в связи с увеличением производительности завода более чем в 1,5 раза и сокращения объемов действующих карт, на хвостохранилище создалась напряженная обстановка.

Сейчас основными картами на хвостохранилище, которые в основном принимают на складирование хвостовую пульпу, являются карты 4, 5 и 6.

Карта 6, имеющая противофильтрационный экран, принимает хвосты в зимнее время, когда самая низкая испаряемость, и может длительное время накапливать объем прудка, который полностью испаряется к августу.

На карты 4 и 5 попеременно складировались хвосты в течение остальных 9 месяцев года.

В последнее время карты 4 и 5 выглядят как водохранилища (прудки занимают временами до 50% площадей карт), что, безусловно, не предусматривалось ни регламентом, ни проектом.

Одной из причин этого явления являлось значительное содержание жидкой фазы в поступае-

мой на хвостохранилище пульпы (по проекту 1:3, а в среднем за последние полгода 1:4,5).

Негативными последствиями избытка водной составляющей на картах 4 и 5 явилось быстрое поднятие горизонтов воды в прудках и в дальнейшем выклинивание кривой депрессии на внешние откосы северных дамб этих карт.

С начала эксплуатации хвостохранилища карты 4 и 5 были намывными и, соответственно, северные дамбы этих карт намывались из хвостов переработки ураносодержащих руд, которые содержали до 65% песчаных фракций размерами 0,15-0,03 мм.

Этими хвостами наметы отдельные участки северных дамб карт 4 и 5. С началом переработки заводом золотосодержащих руд поступающая на складирование пульпа из-за мелкого помола руды содержит фракции, из которых намыв дамб невозможен.

С этого момента все карты на хвостохранилище стали наливными.

В настоящее время при подъеме горизонта воды в прудках карт 4 и 5 происходят промочки внешнего откоса северных дамб. На карте 5 это составило 180-220 м.

На карте 4 промочка внешнего откоса северной дамбы на 2 ярусе намыва составила около 400 м.

В поступающей на хвостохранилище пульпе содержится 45-65 % пылевато-глинистых фракций, которые при складировании на карту выносятся в прудок и во взвешенном состоянии оседают в прудке в течение 1,5 д.

На карте 4 отмечен вынос частиц этого материала на внешний откос дамбы, при этом ослабляется упорная призма в результате водонасыщения и формирования в этой зоне слабopочных илистых отложений, что в дальнейшем может привести к образованию плоскости скольжения, а при значительной сейсмоактивности - к необратимым последствиям - разрушению участка дамбы.

Для предотвращения этого явления необходимо принять меры по прекращению фильтрации через дамбу.

Лаборатория института имеет наработки по решению подобных проблем.

Одним из способов, с помощью которого можно ликвидировать фильтрацию через дамбу - создание пластыря из пылевато-глинистых фракций, отбираемых из пульпы и с помощью специальных пульповыпусков рассредоточенное складирование на участке пляжа, где происходит фильтрация.

Для этого необходимо понизить горизонт воды в прудке, а затем начать работы по созданию пластыря. В зависимости от процентного содер-

жания в поступающей пульпе пылевато-глинистых фракций, на участках пляжа намывается пластырь толщиной 14-20 см за короткое время.

После намыва пластыря можно продолжать складирование на карту хвостов в обычном режиме эксплуатации.

Кроме предлагаемого способа ликвидации фильтрации на дамбах, лаборатория проводит опытные работы по намыву противofильтрационного экрана из пылевато-глинистых фракций, отбираемых из поступающей на складирование пульпы.

Разделение фракций производится за счет седиментации пульпы в распределительном пульповоде, а отбор проводится специальными выпусками.

Создаваемый на участке противofильтрационный экран одновременно является и противорадиационным, так как укладывается на хвосты переработки ураносодержащих руд, т. е. экран получается комбинированным и обеспечивает экологическую безопасность, соответствующую санитарным нормативам.

Кроме того, создаваемый экран не требует особых капитальных затрат, ведь при создании комбинированного экрана подобным способом не требуется:

- вывода карты из эксплуатации на период строительства экрана;
- разработки и привоза инертного грунта;
- увеличения поступления жидкой фазы хвостов на другие карты, что вызывает дополнительные фильтрационные потери.

Внедрение гидравлического способа возведения противорадиационного экрана из хвостов переработки золотосодержащих руд позволяет сэкономить значительные средства и обеспечить эксплуатацию хвостохранилища без строительства дополнительных емкостей для хвостов в течение ближайших лет.

Реализация технических решений по захоронению карт позволяет выполнить требования СП ЛКП-98 по радиационной безопасности, при этом не потребуются дорогостоящих земляных работ из привозного грунта.

Создание противofильтрационного экрана гидравлическим способом, который является и противорадиационным, обеспечит экологическую безопасность, соответствующую санитарным нормам и снизит фильтрационные потери на хвостохранилище.

В ближайший период необходимо ликвидировать фильтрацию через дамбы в отдельных местах способом намыва пластыря, что позволит избежать возникающих в этих местах очагов опасности.

# ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БУРОВЗРЫВНЫХ РАБОТ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ДЖЕРОЙ-САРДАРА

Рахманов Р.А., заместитель начальника ПТО рудника Мурунтау Центрального рудоуправления НГМК

Буровзрывные работы, являясь первоочередным звеном в общем технологическом комплексе работ по добыче полезного ископаемого, определяют производительность погрузочно-транспортного оборудования. Основные элементы этих работ должны быть выбраны исходя из условий эффективного использования энергии взрыва на дробление массива, а также их экономической эффективности.

Доля затрат на буровзрывную подготовку в себестоимости добычи одной тонны фосфоруды разрабатываемого месторождения Джерой-Сардара колеблется от 15 до 25%, при этом без применения БВР отгружается около 50% вскрыши. Поэтому подготовка горной массы к экскавации с наименьшими затратами и наибольшей эффективностью на данном месторождении является важной задачей горного производства. Динамика достигнутых технико-эксплуатационных показателей по буровзрывной подготовке за прошедшие 9 лет эксплуатации месторождения приведена на рис. 1.

Разрабатываемый вскрышной массив месторождения представлен многоярусным распределением различных литологических разностей в пределах одного уступа с преобладающим наличием мягких песчано-глинистых пород. Его особенностью является расположение крепких пропластков в верхней части уступа – в зоне не регулируемого дробления,

они отличаются вероятностным характером распространения и относительно небольшой мощностью. Это вызывает определенные трудности при проведении буровзрывных работ.

Практикой ведения буровзрывных работ по разнопрочным породам было установлено, что при обрушении вскрышного уступа на всю высоту, с расположением в верхней части более крепких и плотных пород, а в нижней части - мягких и пластичных глин, взрывное рыхление происходит неэффективно. Расположение крепкого пропластка в зоне не регулируемого дробления, в условиях применения сплошного скважинного заряда, снижает эффективность действия энергии взрыва и ведёт к увеличению удельного расхода взрывчатых веществ, что, в свою очередь, приводит к увеличению затрат на производство буровзрывных работ. Снижение коэффициента полезного действия взрыва связано с излишним нагружением наиболее слабой нижней части разнопрочного массива, при этом значительная часть энергии затрачивается на уплотнение мягких глин в нижней части уступа, и лишь незначительная часть энергии расходуется непосредственно на рыхление крепкой верхней части уступа.

Вскрышные породы отличаются друг от друга по физико-механическим свойствам и акустической жесткости в несколько раз, что затрудняет эффективное использование в этих условиях традиционных методов управления энергией взрыва, основанные на принципе пропорциональности удельного расхода взрывчатых веществ объему взрываемых пород. Это обуславливает разработку и внедрение специальных инженерных методов подготовки таких пород к экскавации. Данные методы, должны обеспечить дифференцированное распределение энергии взрыва на крепкую и слабую части массива. В ходе проведенных опытно-промышленных работ по повышению эффективности взрывного рыхления на разрабатываемых уступах месторождения выделены типовые забои, требующие буровзрывного рыхления. Проведена адаптация параметров буровзрывных работ к особенностям разнопрочного массива, в процессе которой изучены области применения различных сеток взрывных скважин и конструкций скважинных зарядов. При этом за основной критерий оптимизации взрывного дробления было принято расположение заряда в скважине, тип взрывчатого вещества и его удельный расход.

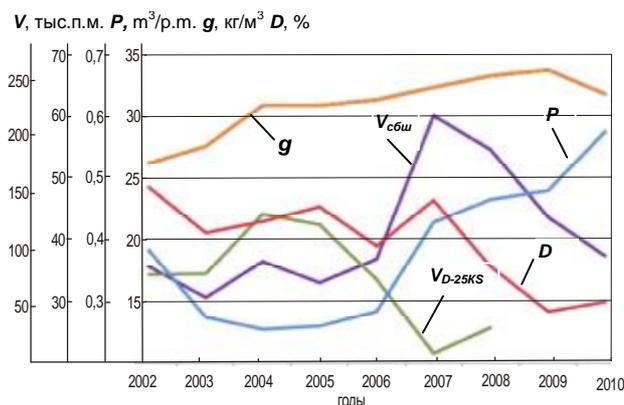


Рис. 1. Динамика технико-эксплуатационных показателей буровзрывных работ при разработке месторождения Джерой-Сардара:  $V_{обш}$ ,  $V_{D-25KS}$  – объем бурения станками СБШ-250МНА и D-25KS соответственно;  $P$  – выход горной массы с погонного метра скважины;  $g$  – удельный расход взрывчатых веществ;  $D$  – доля затрат на буровзрывную подготовку в себестоимости добычи одной тонны фосфоруды

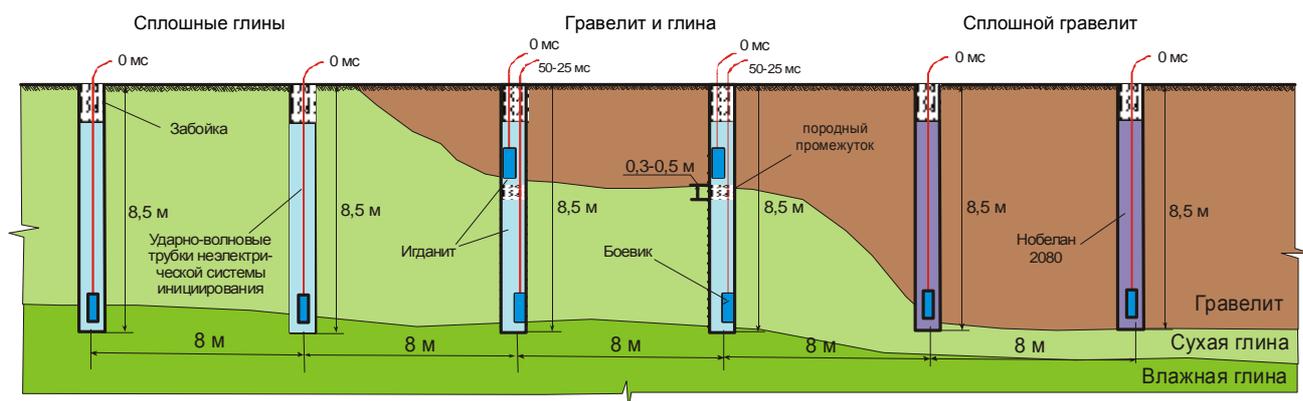


Рис. 2. Схема ведения буровзрывных работ в разнопрочном массиве с единой базовой сетью бурения для трёх типовых забоев месторождения Джерой-Сардара

Анализ проведенных работ позволил определить базовые значения размеров сеток взрывных скважин в зависимости от конструкции заряда и диаметра применяемого бурового инструмента.

Проведенная технико-экономическая оценка разработанных и опробованных на месторождении технологических схем ведения буровзрывных работ в разнопрочном массиве с применением рассредоточенных, сплошных, комбинированных и дополнительных зарядов показала, что для имеющегося разнопрочного массива наиболее эффективны рассредоточенные заряды с одновременным взрыванием.

Использование остальных опробованных конструкций зарядов менее эффективно, так как требует увеличения объемов буровых работ и удельного расхода взрывчатого вещества, усложняет организацию буровзрывных работ из-за необходимости в процессе буровых работ по мере изменения типа забоя, изменять сеть бурения.

Данные схемы могут быть использованы на отдельных участках буровых блоков с разнопрочным массивом при необходимости корректировки проектных глубин скважин.

Как показали проведенные на месторождении опытные взрывы, важным фактором эффективного взрывного рыхления разнопрочного массива является выбор параметров буровых работ, обеспечивающих выполнение установленных зависимостей между сеткой скважин и конструкцией заряда, которые зависят от конкретных горно-геологических условий обурываемого массива.

Они находятся в прямой зависимости от плотности, удельной энергии и мощности применяемых взрывчатых веществ.

В ходе оптимизации параметров буровзрывных работ разработана и внедрена технологическая схема ведения буровзрывных работ, позволяющая эффективно управлять энергией взрыва, используя при этом для выделенных типов забоев единую базовую сеть бурения.

Данная схема в имеющихся горно-геологических условиях позволяет вести буровзрывные работы при минимальном расходе взрывчатых веществ и с максимальным объемом выхода взорванной горной мас-

сы с погонного метра скважины. Сущность разработанной схемы заключается в следующем.

Для имеющихся разнопрочных пород принимается базовая сеть бурения, которая определена по условию эффективного дробления сплошной конструкцией заряда наиболее слабого по прочностным характеристикам выделенного на месторождении типового забоя из глинистого массива (рис. 2). По этой сети забуриваются буровые блоки, при этом в процессе бурения по воздействию бурового инструмента на забой и визуально по выходу бурового шлама выделяется структура залегания крепких пропластков, их мощность и прочностные свойства (фиксируется на буровом проекте машинистом бурового станка).

На основе полученной информации о залегании крепких пропластков на взрываемых участках выделяются типовые забои, для которых:

- в глинистом массиве применяется сплошная конструкция заряда из взрывчатого вещества игданит;
- в разнопрочном массиве из гравелита и глины применяется рассредоточенная конструкция заряда с породным промежутком (высотой 0,3-0,5 м) и одновременным взрыванием;
- в массиве из гравелита применяется сплошная конструкция заряда из нобелана 2080.

Преобладающие объемы глинистых пород в толще разнопрочного вскрышного массива обуславливают целесообразность применения взрывчатых составов, не создающих переуплотнения в первичной зоне дробления и обладающих более длительным взрывным импульсом на массив для его эффективного рыхления. В связи с этим из имеющегося ассортимента изготавливаемых эмульсионных взрывчатых веществ предпочтение отдается типу ANFO (игданит).

Необходимо отметить, что недостатком при применении рассредоточенной конструкции заряда с одновременным взрыванием является высокая трудоёмкость работ и сложность монтажа взрывной сети. Опыт применения данной конструкции заряда показал, что устранение первого недостатка достигается путём увеличения численности взрывного пер-

сонала, занятого на зарядании, а устранение второго - использованием для верхнего и нижнего зарядов разных номиналов внутрискважинного замедления в скважинных ударно-волновых трубках неэлектрической системы инициирования.

Применение нобелана 2080, который относительно игданита имеет большую плотность зарядания и объёмную концентрацию энергии взрыва, позволяет для гравелитового массива использовать разряженную сетку взрывных скважин, что обеспечивает снижение объёмов буровых работ при рыхлении массива.

При этом при взрывании гравелитового массива с применением игданита, для обеспечения качественного рыхления массива, необходимо сгущение сети бурения с 8 x 8 м до 7 x 7 м.

Проведённая экономическая оценка применения в данном типе забоя игданита и нобелана 2080 показала, что их себестоимость взрывания практически равновалена (рис. 3), при этом происходит перераспределение затрат между буровыми и взрывными работами.

Таким образом, управление энергией взрывного воздействия на горный массив, базирующееся на рационализации конструкции скважинного заряда, регулировании удельной энергии заряда и особенностях действия взрыва в горном массиве позволяет уменьшить потери энергии и снижать затраты на буровзрывное рыхление.

При решении задачи интенсивного дробления, наряду с обоснованием параметров буровзрывных работ, необходимо дать правильное физическое толкование влияния диаметра и конструкции заряда на интенсивность и равномерность дробления горных пород взрывом.

В процессе оптимизации результатов и параметров взрывного рыхления разнопрочных вскрышных пород установлено, что при уменьшении диаметра взрывных скважин возможно снижение удельного расхода взрывчатых веществ. Это объясняется тем, что при взрывании глинистых и грунтовых массивов их разрушение происходит в основном за счет энергии расширяющихся продуктов взрыва. Соответственно, чем меньше диаметр заряда, тем меньше линия наименьшего сопротивления и меньше вероятность экранирования распространения энергии взрыва, при этом большая часть массива попадает в зону регулируемого дробления. Кроме того, при меньших диаметрах уменьшается воздействие взрыва за линией зарядов вглубь массива, а распространение энергии по массиву происходит с меньшим затуханием.

Также улучшается взрывная проработка массива за счет полного заполнения скважин взрывчатым веществом и уменьшения длины забойки, что определяет лучшую проработку верхней части уступа.

Диаметр заряда является параметром, определяющим степень дробления горных пород, при этом он определяет и затраты на буровзрывные работы. Проведенные на месторождении исследования по

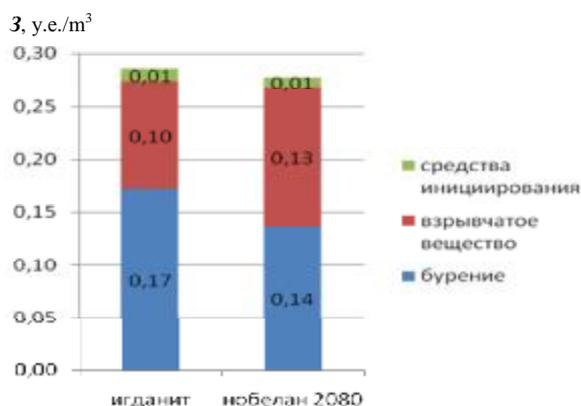


Рис. 3. Удельные доли затрат на рыхление гравелитового массива с применением игданита и нобелана 2080

определению влияния диаметра заряда на качество дробления вскрышных пород показали, что с увеличением диаметра скважин происходит увеличение фракционного состава взорванной горной массы [2]. При этом, как показала практика разработки месторождения, в условиях применяемого выемочно-погрузочного и транспортного оборудования получаемое качество рыхления массива с увеличением диаметра взрывных скважин не снижает производительность используемого на вскрышных работах оборудования.

Увеличение диаметра взрывных скважин позволяет разряжать сеть бурения, тем самым увеличивая объём выхода взорванной горной массы с погонного метра скважины (табл. 1) и снижая себестоимость буровых работ. Диаметр буровых работ зависит от высоты разрабатываемого уступа и глубины бурения взрывных скважин, он влияет на высоту колонки скважинного заряда и его конструкцию. Оптимальная область применения различных диаметров скважин в зависимости от глубины бурения в условиях

Показатели	Диаметр скважины, мм				
	150	180	215	250	285
Оптимальная область применения скважин в зависимости от глубины бурения, м	3-5	4-6	5-7	6-8	7-9
Объём выхода горной массы с погонного метра скважины, м³/р.м.	9-25	16-36	25-49	36-64	49-81
Объём погонного метра скважины, м³	0,071	0,102	0,145	0,196	0,255

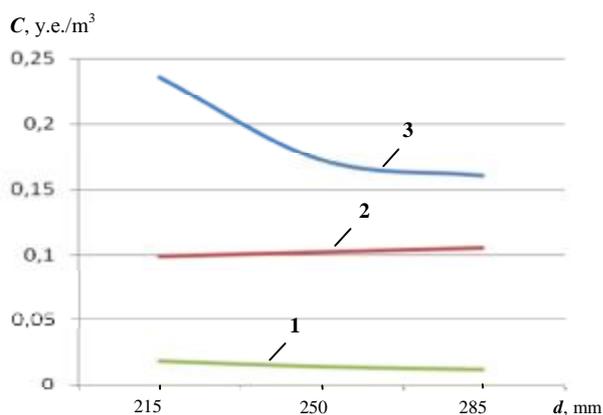


Рис. 4. Зависимость себестоимости от диаметра долота (расчётные данные): 1 – средства инициирования; 2 – взрывчатое вещество; 3 – бурение

разрабатываемого месторождения приведена в табл. 1. На разработке месторождения использовались два типа буровых станков: D-25KS с дизель гидравлическим приводом и СБШ-250МНА с электрическим приводом, которые эксплуатировались с различными диаметрами бурового инструмента: соответственно 150-180 и 215-250 mm.

При этом буровые станки D-25KS были применены на месторождении в связи с отсутствием в период начала его разработки развитой сети электроснабжения и необходимостью бурения краевых частей месторождения, имевших небольшую глубину разработки.

Проведённый анализ работы применявшихся на месторождении двух типов буровых станков показал, что их затраты на бурение одного погонного метра скважины практически сопоставимы. Это в условиях применения их в различных диапазонах глубин разработки месторождения обеспечило эффективность их использования.

С вовлечением в отработку основной части месторождения и увеличением при этом глубины разработки, после ввода в рабочую зону карьера дополнительных линий электропередач эксплуатировавшиеся на месторождении два дизель гидравлических буровых станка D-25KS были переданы в другие подразделения комбината, а вместо них введены в эксплуатацию буровые станки СБШ-250МНА. Это решение позволило увеличить объём выхода взорванной горной массы с одного погонного метра скважины и тем самым снизить затраты на буровые работы (рис. 1). Учитывая значительное влияние диаметра скважин на технико-экономические показатели буровзрывных работ, проведена экономическая оценка влияния диаметра сква-

жин на себестоимость производимых буровзрывных работ при применении буровых станков СБШ-250МНА (рис. 4). Она показала, что с увеличением диаметра скважин снижается себестоимость буровых работ. Это обусловлено сокращением объёма бурения. При этом себестоимость взрывания, с учётом затрат на взрывчатые вещества и средства инициирования практически не изменяется.

В процессе ведения буровых работ на месторождении установлено, что с увеличением диаметра бурения взрывных скважин, происходит снижение скорости бурения. При бурении преобладающие объёмы глинистых пород в толще вскрышных пород карьера затрудняют эффективную очистку забоя скважины от глинистого шлама, который затирается о стенки скважин и приводит к заштыбовке затрубного пространства между стенкой скважины и буровой штангой. Для оптимизации процесса бурения взрывных скважин проведены исследования режимов бурения в зависимости от типа бурового инструмента и размера затрубного пространства. Проведённые на протяжении

нескольких месяцев хронометражные наблюдения за бурением скважин глубиной 8,5 m в глинистом массиве показали, что при использовании штанг с диаметром 180 и 203 mm, наиболее эффективен буровой инструмент диаметром 250 и 285 mm соответственно (рис. 5).

При этом, в условиях поставки и использования на карьере шарошечных долот с диаметром 215 и 250 mm, для увеличения диаметра

бурения взрывных скважин до 285 и 300 mm, из отработанных долот изготовлены пикобуры (рис. 6) путём срезки с долот опорных лап и приваривания на их место пластин из листового металла и резцов

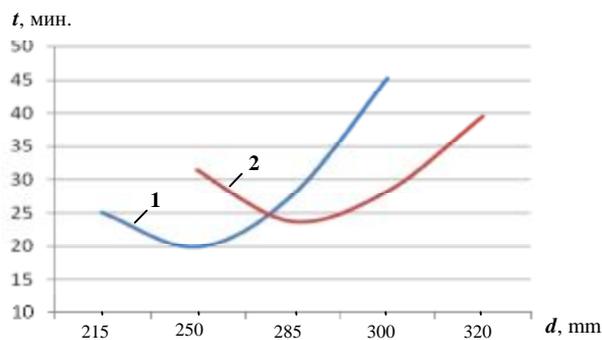


Рис. 5. Зависимость времени бурения скважин глубиной 8,5 m от диаметра бурового инструмента (хронометражные наблюдения, глинистый массив): 1 – штанга 180 mm; 2 – штанга 203 mm



Рис. 6. Пикобур, изготовленный из отработанного шарошечного долота

из легированной стали, которые, как показала практика их использования, весьма эффективны на глинистом массиве. Также увеличение диаметра бурения взрывных скважин с использованием имеющихся шарошечных долот достигнуто за счёт наплавки на их опорные лапы резцов-расширителей, расположенных под углом  $45^{\circ}$  по вращению шарошки. За счет внедрения данного решения получена более полная очистка забоя, - в глинах расширители работают как фреза. Результат наблюдается визуально: выносимая буровая мелочь с расширителями значительно крупнее.

В ходе буровых работ установлено, что эффективность бурения глинистого массива зависит от его влажности и пластичности. Использование пикобуров вместо шарошечных долот позволяет повысить скорость бурения глинистого массива. Также необходимо отметить, что стоимость удельной проходки пикобура в глинистом массиве в 3,3 раза ниже, чем у шарошечного долота.

Для повышения эффективности очистки забоя скважины и увеличения скорости бурения внедрены конструктивные решения, которые позволили повысить эффективность буровых работ.

При компоновке бурового инструмента в переходнике на шарошку были отфрезерованы и засверлены два отверстия под углом  $180^{\circ}$  друг к другу, расположенные на разных уровнях.

Такое решение за счет эжекционной обдувки, направленной строго вертикально по скважине,

позволило улучшить очистку рабочей зоны долота и затрубного пространства.

Следует отметить, что увеличение диаметра бурения ведёт к увеличению объёма выхода бурового шлама из скважины (табл. 1), что затрудняет зачистку устьев скважин вручную. Как показали опытные работы, в условиях применения разреженных сетей бурения эффективно применение механизированной зачистки скважин с использованием грейдера или колёсного бульдозера.

В связи с ведением буровзрывного рыхления только в верхней части вскрышного уступа, и при этом глубиной бурения до 8,5 м, изготовлены и установлены на буровые станки полуштанги длиной 2 м, позволившие исключить операцию наращивания бурового става при бурении взрывных скважин (рис. 7). Внедрение данных технических решений позволило повысить эффективность буровых работ на месторождении, увеличена скорость бурения взрывных скважин.

Таким образом, проведённая на месторождении Джерой-Сардара оптимизация параметров буровзрывных работ, позволила определить и принять к использованию для разнопрочных пород оптимальные параметры и рациональную схему ведения буровзрывных работ, которые обеспечили эффективное дробление пород и снизили долю затрат на буровзрывную подготовку в себестоимости добычи.

УДК 622.1

© Барнаш А.И. 2011 г.

## АВТОМАТИЗАЦИЯ МАРКШЕЙДЕРСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ НА КАРЬЕРЕ МУРУНТАУ

Барнаш А.И., главный маркшейдер рудника Мурунтау Центрального рудоуправления НГМК

Маркшейдерская служба в сфере горного производства является одной из ведущих инженерных служб. На нее возложены актуальные и ответственные задачи в области маркшейдерских измерений и картирования, геометризации и рационального использования недр, в изучении и прогнозировании горно-геологических условий горных разработок, охраны наземных природных и искусственных объектов и горных выработок от вредного влияния горных разработок, в области изучения процессов сдвига горных пород и проявлений горного давления, учета запасов и объемов выполненных горных работ, в решении различных текущих инженерных задач и контрольных функций по вопросам охраны недр, окружающей среды и безопасного

ведения горных разработок. При этом только хорошо организованная, наделенная определенными правами, укомплектованная квалифицированными кадрами и необходимым штатом, технически оснащенная маркшейдерская служба в состоянии оперативно и технически правильно решать все возложенные на нее задачи.

В числе постоянных маркшейдерских задач при открытом способе добычи на карьере Мурунтау основное место занимают работы по созданию и развитию съемочного обоснования, выполнению и обработке съемок, формированию и пополнению горной графической документации, подсчету выполненных объемов горных работ. Оперативное и правильное решение этих задач является необходи-

мой основой для обеспечения функций планирования, задания направлений горных работ, контроля за исполнением проекта, учета движения запасов, потерь и разубоживания полезного ископаемого.

Плановое положение и высота пунктов съемочной и выносной сети на руднике определяется способом обратной геодезической засечки и тригонометрическим нивелированием. За год в среднем определяются координаты и высоты более одной тысячи пунктов.

Маркшейдерскую съемку выполняют тахеометрическим способом, за год на руднике снимается более 100 тыс. пикетов.

Выносные работы – это определение на местности планового положения рудных тел и устьев буровых скважин (рис. 1).

Значительной трудоемкостью отличается процесс контроля за глубиной буровзрывных скважин. За год на руднике бурится более 1 млн. погонных м или более 70 тыс. скважин и каждая из пробуренных скважин как минимум один раз контролируется маркшейдерской службой. За год делается более 2-х млн. промеров. На сроки всех видов выполняемых работ в чаше карьеров и на отвалах влияет значительное удаление объектов съемки и выноски друг от друга (за год пробег маркшейдерского служебного транспорта по территории рудника составляет более 30 тыс. км).

Вычислительные работы включают в себя: вычисления вручную горизонтальных координат и высотных отметок снятых пикетов, вычисления объемов выполненных горных работ.

Также большой процент в балансе рабочего времени участкового маркшейдера занимают работы по составлению и пополнению маркшейдерской графической документации. Огромное значение при производстве данного вида работ имеет квалификация маркшейдера, от этого зависит качество документа и сроки его изготовления.

Автоматизация указанных работ является актуальной задачей, поскольку значительно снижает их трудоемкость, повышает надежность и качество ре-

зультатов. Поэтому для повышения производительности труда при создании съемочной и выносной сети, производства тахеометрической съемки и выносных работ в 2006 г. для рудника была закуплена первая партия съемочно-измерительной электронной аппаратуры фирмы Trimble.

В состав этой партии входили тахеометры серии 3305, 3603 и 5601. Это позволило увеличить расстояние до пикета в 10 раз (1500 м), повысить точность производимых работ, сократить время на выполнение съемки и исключить случайные ошибки. Тахеометр Trimble оснащен безотражательной системой, работает в четырех режимных измерениях, все результаты сохраняются в его памяти, после окончания измерений все данные передаются в компьютер. Компьютерная программа завершает обработку всех данных и выдает конечный результат произведенных работ.

При интенсивном развитии информационных технологий естественно стремление получить наиболее полную информацию за наименьший период времени, при этом свести к минимуму влияние человеческого фактора. Обработка полевых измерений ведется с использованием специального комплекса программ, позволяющих максимально снизить камеральные работы по обработке тахеометрических съемок.

Использование электронных тахеометров позволяет получать координаты с относительной точностью до нескольких миллиметров. В основу работы тахеометра заложен принцип отражения узконаправленного лазерного луча от отражающей поверхности. В качестве отражающей поверхности в зависимости от режима тахеометра может выступать любая вертикальная поверхность, на которой устанавливается отражающая пленка или отражатель в виде призмы. Пространственная координата цели определяется за счет измерения горизонтальных и вертикальных углов и расстояния.

Обработка результатов измерений в виду огромного количества информации, поступающей от современных измерительных средств, возможна только с использованием мощных компьютерных программ. Данные программы оперативно и с высокой точностью обеспечивают: обработку материалов маркшейдерских измерений горных выработок, контроль за ведением горных работ и подсчет выполненных объемов горных работ, формирование маркшейдерских планов, разрезов и профилей автодорог, хранение и автоматическое пополнение маркшейдерской информации о руднике.

В связи с этим маркшейдерская служба карьера Мурунтау перешла на ведение маркшейдерской горно-графической документации на основе программных комплексов. Использование данного оборудования позволило значительно ускорить проведение маркшейдерских работ, повысить их производительность и минимизировать вероятность ошибок, связанных с субъективными факторами.



Рис 1. Маркшейдерская съемка электронным тахеометром Trimble 3603

В состав модуля маркшейдерского обеспечения входит набор функций, с помощью которых значительно ускоряются процессы обработки информации.

Их использование позволило перевести работу маркшейдерской службы предприятия на безбумажную технологию. Маркшейдерские чертежи (планы и профили) можно просматривать на экране и выводить на внешние устройства различных служб и отделов.

Учитывая, что маркшейдерская служба является основным информационно-обеспечивающим подразделением в структуре предприятия, реализован комплекс задач для организации информационного потока по следующим направлениям:

- для геологической службы - акт маркшейдерского замера выполненных объемов горных работ по горизонтам месторождений; движения горной массы по секторам перегрузочных пунктов карьеров, внешних рудных складов и отвалов, а также на промежуточных (внутренних) складах и отвалах;

- для производственно-технического отдела - погоризонтные планы для бурения взрывных скважин, положение устьев скважин ранее взорванных и обуренных блоков, погоризонтные планы для задач текущего планирования и проектирования горных работ, ситуационные планы внешних рудных

складов и отвалов, текущее положение горных работ с расстановкой добычной техники в карьерах и на внешних рудных складах и отвалах, информация для оперативного анализа выполнения плановых показателей добычи руды и вскрышных работ;

- для бюро технико-экономического планирования и бюро организации труда и заработной платы - акты маркшейдерских замеров выполненных объемов выемки горной массы, буровых и взрывных работ на руднике, а также по транспортировке горной массы комплексом Циклично-поточной технологии;

- для бюро технико-экономического планирования Управления автомобильного транспорта (УАТ) акт маркшейдерского замера выполненных УАТом объемов горных работ, средневзвешенного расстояния откатки и средневзвешенной высоты подъема на руднике Мурунтау.

Таким образом, внедрение съемочно-измерительной электронной аппаратуры фирмы Trimble, а также специального комплекса компьютерных программ позволило повысить эффективность и качество маркшейдерских работ, дало возможность обрабатывать данные непосредственно на рабочем месте и получить результат более продуктивный и быстрый.

УДК 622.23.02

©. Рахимов В.Р., Махмудов А.М. 2011 г.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РАЗРУШЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД КЛИНОВИДНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ

Рахимов В.Р., профессор ТашГУ, академик АН РУз, докт. техн. наук; Махмудов А.М., ст. преподаватель кафедры «Горная электромеханика» НГГИ

Определяющим показателем эффективности процесса разрушения можно считать энергоемкость  $E$ , (удельную или поверхностную), представляющую собой количество энергии (работы), которое необходимо затратить на отделение единицы объема горных пород от массива.

Естественно, чем меньше энергоемкость, тем более совершенным является процесс разрушения [1].

Большинство исследований посвящено изучению влияния отдельных факторов и параметров на эффективность процесса разрушения. Из анализа выполненных работ можно сделать вывод о том, что основными задачами исследований при создании машин для разрушения горных пород являются:

а) количественная оценка влияния свойств разрушаемой среды на показатели процесса передачи

энергии удара, выбор оптимальных параметров рабочих органов машин ударного действия, а также выбор их области рационального применения;

б) оценка влияния времени и повторяемости динамического воздействия на эффективность ударного разрушения;

в) оптимизация отдельных параметров процесса разрушения и машин на базе разработки теории процесса ударного разрушения и физического обоснования экспериментальных данных.

Энергоемкость разрушения горных пород ударным клиновидным инструментом может быть достаточно полно представлена в следующем структурном виде:

$$E = f \left( \begin{matrix} [K], [e], [t], [w] \\ [A_{\text{от}}], [h_{\Sigma}], [v_{\text{ны}}], [b], [a] \end{matrix} \right) \quad (1)$$

где  $K$  - коэффициент, учитывающий технологию работы машины;

$\varepsilon$  - коэффициент, учитывающий тип горных пород;

$A_{ед}$  - работа единичного удара;

$t, \omega$  - температура и влажность горных пород;

$\eta_{\Sigma}$  - суммарный к.п.д. данного вида рабочего оборудования;

$v_{пу}$  - предупредительная скорость бойка;

$\alpha, b$  - соответственно угол и ширина заострения рабочего инструмента.

С помощью структурной формулы (1) можно определить влияние на энергоемкость разрушения параметров, не входящих непосредственно в данную формулу:

$C$  - число ударов динамического плотномера;

$W_n$  - число пластичности;

$h, h_{\Sigma}$  - соответственно величины единичной и суммарной глубин погружения рабочего органа;

$\sigma_{сж}, \sigma_p, \sigma_{вд}$  - соответственно пределы прочности мерзлых горных пород на сжатие, разрыв и вдавливание;

$m$  - «присоединенная» масса грунта;

$\nu$  - частота ударов;

$e$  - эксцентриситет соударения;

$K'$  - коэффициента восстановления скорости удара;

$V_{уд}$  - скорость соударения бойка с клином;

$\tau$  - время соударения;

$l_{эф}$  - расстояние от клина до кромки забоя;

$\beta$  - угол наклона оси рабочего органа к горизонту;

$T_{ц}$  - время рабочего цикла;

$\Delta$  - степень подготовленности забоя;

$l_{техн}$  - расстояние между соседними установками рабочего оборудования.

Из сопоставления статического и динамического вдавливания конических штампов в горную породу следует, что работа динамического внедрения в 2-2,5 раза больше, чем статического [2].

Динамическое внедрение довольно легко можно оценить скоростью нагружения (темпом погружения). Если статическое нагружение характеризуется скоростью нагружения примерно  $66-2660 \text{ kN}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , то динамическое достигает скорости нагружения  $(2 \div 2,7) 10^4 \text{ kN}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ . В этом диапазоне  $\sigma_{сж}$  и  $\tau_{ср}$  ( $\tau_{сд}$ ) изменяются в соответствии с закономерностями, близкими к логарифмическим. Причем в области малых продолжительностей нагрузки проявляется тенденция к увеличению кривизны. Это означает, что относительное увеличение предельного сопротивления в области больших скоростей нагружения больше, чем в области малых. Таким образом, с целью уточнения расчета необходимо всегда правильно принимать значения разрушающих напряжений, соответствующих данной скорости нагружения. Кроме того, уже одним этим фактом можно объяснить значительное увеличение работы внедрения при динамическом способе погружения. Однако вопрос осложняется тем, что величина работы погружения может существенно изменяться при изменении работы единичного удара. Эту зависимость наблюдали многие исследователи и пришли к

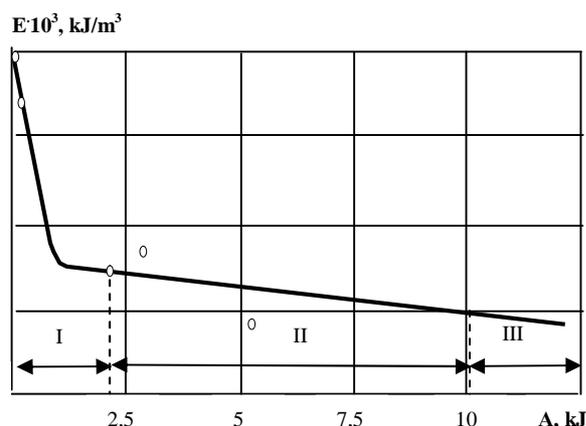


Рис. 1. Влияние величины работы единичного удара  $A_{ед}$  на энергоемкость разрушения  $E$  мрамора: I - зона малых энергий удара; II - зона средних энергий удара; III - зона больших энергий удара

выводу, что она представляет собой гиперболу. Типичная кривая  $E=f(A_{ед})$  для конкретных условий разрушения показана на рис. 1.

Из рис. 1 следует, что кривую  $E=f(A)$  можно принять как экспоненту со значением  $E \rightarrow \text{const}$  при  $A > 2500 \text{ J}$ . Ее наиболее интенсивное уменьшение происходит в зоне малых энергий одного удара (до 2 кДж). Поэтому нужно избегать малых значений работы единичного удара как неэффективных для разрушения горных пород. Объяснение причин существования эффективной энергии удара следует искать в физических явлениях, сопровождающих погружение клина.

Дело в том, что увеличение энергоемкости разрушения при энергиях удара меньше оптимальных объясняет то, что развивающиеся при ударе напряжения не достигают критических значений, и большая часть энергии расходуется на упругие деформации, т. е. разрушение носит в основном усталостный характер [3].

Если величина  $A$  избыточна для разрушения горной породы ударом, то излишек работы поглощается массивом или идет на переизмельчение. Важным узлом молотов любого конструктивного исполнения является рабочий инструмент, его форма и размеры.

Наиболее целесообразно для разработки горных пород применять рабочий орган клинообразной формы с острыми гранями. Клин может быть одно- или двускосным, симметричным или асимметричным, с различными углами заострения и шириной лезвия.

На погружение двускосного симметричного клина с углом  $\alpha=30^\circ$  необходимо затратить в 2,5-3 раза большую работу, чем на погружение в равных условиях клина с углом  $\alpha=7^\circ$ . При малом  $\alpha$  сопротивление внедрению клина мало; но могут оказаться малы и развивающиеся на щеках усилия, чтобы создать предельные разрывающие напряжения в грунте. Большой угол  $\alpha$  увеличивает объем сжимаемого грунта, что ведет к значительному росту энергоемкости разрушения. Оптимальным углом заост-

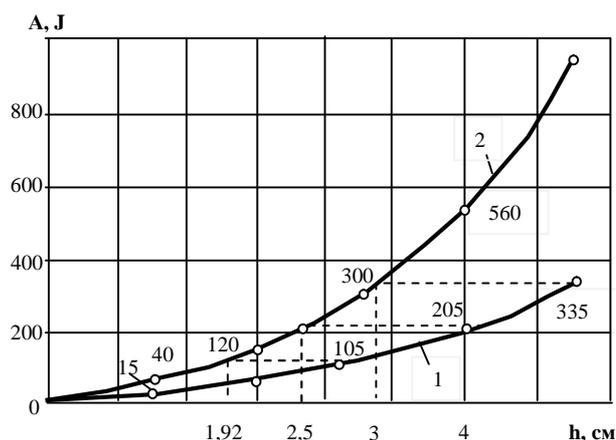


Рис. 2. Изменение величины работы шара А от глубины внедрения h в породе клинѳв с углами заострения  $\alpha=7^\circ$  (1) и  $\alpha=30^\circ$  (2)

рения клина для горных пород считается угол, равный 25-30° (для весьма хрупких 30-35°). Ширина рабочего органа также оказывает большое влияние на величину объема горных пород, отделяемого от массива. Экспериментально и расчетами установлена связь между шириной клина и расстоянием до забоя, при которой энергоемкость процесса разрушения минимальна. Влияние этих геометрических параметров на величины объемов сколов горных пород и энергоемкости разрушения показаны на рис. 2. Дальнейшее погружение клина происходит при одновременном увеличении объема погружения и площади контакта. Напряжения на щеках вызывают сжатие клина и затрудняют его дальнейшее погружение. В этих условиях, когда начальная лунка уже существует, процесс погружения клина при одной и той же энергии единичного удара замедляется (рис. 2), так как начинают влиять потери на упругие и колебательные процессы, сопутствующие погружению клина. Так, для погружения клина с углом заострения  $\alpha=7^\circ$  соотношение энергии погружения на 4 и 1 см будет равно 13, а для клина с  $\alpha = 30^\circ$  - 14.

Исследования позволили сделать вывод, что для анализа процесса разрушения можно использовать силу динамического нагружения  $P_{дин}$ , энергию единичного удара А и энергоемкость разрушения Е. Энергия  $A_0$ , отраженная от породы в клин, по данным Е. С. Ватолина, определяется следующей зави-

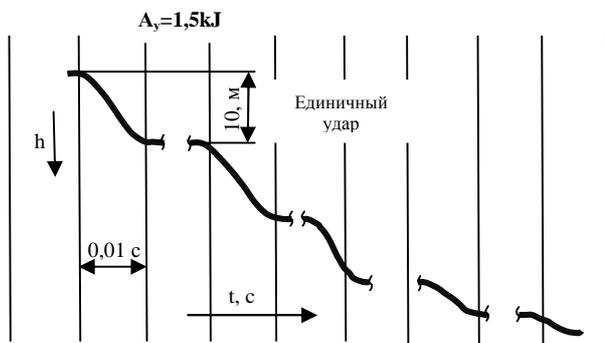


Рис. 3 Кривые погружение клина в горную породу при постепенном увеличении общей глубины внедрения

симостью:

$$A_0 = \frac{F_a t_1}{2} \left( \frac{s^2}{E} + r v_1^2 \right) \quad (2)$$

где  $F_a$  - площадь поперечного (максимального по глубине погружения) сечения клина;

$t_1$  - время контакта клина и породы;

$\sigma$  - напряжение в породе на контакте клина и ударника (или клина с породой для падающего клина);

$v_1$  - скорость частиц в отраженной волне.

По формуле (2) можно рассчитать величину  $A_0$  для случая максимальной потери при  $h=var$  и  $\sigma_1=f(h)=const$ . Для клина шириной  $b=0,02$  м при глубине погружения до 0,04 м;  $\sigma_p = 2 \cdot 10^5$  кН/м<sup>2</sup>;  $E = 2 \cdot 10^6$  кН/м<sup>2</sup>;  $v_1 = v_{уд}=10$  м/с получаем, что отраженная в клин энергия составляет около 70 J, т. е. при работе удара 1500 J потери составляют 5%, но это при большой жесткости разрушаемого материала.

Жесткость горной породы (акустическая) практически зависит только от скорости волны (упругой или пластической) напряжений. Скорость этих волн в горных породах колеблется от 600 до 1600 м/с в зависимости от структурного строения. При большой глубине внедрения доля  $A_0$  в общем энергетическом балансе будет больше, чем при малой.

Таким образом, потери составляют не более 10% энергии единичного удара, при этом они увеличиваются в этом пределе от минимума при  $h=0$  до максимума при  $h = h_{max} = 400 \div 500$  мм. Однако, как показало экспериментальное изучение этого вопроса, эти закономерности отражают лишь часть процесса удара. Реальные кривые  $h=f(t)$  приведены на рис. 3.

Для расчета сопротивления внедрению клина, кроме нормального напряжения  $n$ , необходимо знать и касательную составляющую (компоненту)  $t$ :

$$T = tcb; N = ncb, \quad (3)$$

где  $b$  - ширина клина;

$T, N$  - соответственно касательные и нормальные силы на щеках клина.

Получаем в итоге для продольной силы внедрения:

$$P = 2cb \left[ n \cos \left( \frac{P}{2} - g \right) + t \sin \left( \frac{P}{2} - g \right) \right] \quad (4)$$

или

$$P = 2cb [n \sin g + t \cos g]. \quad (5)$$

Между  $t$  и  $n$  можно использовать известную связь:

$$t = ntgd, \quad (6)$$

где  $\sigma$  - угол трения породы по материалу клина.

Отсюда:

$$P = 2cb_{ка} n (\sin g + tg d \cos g). \quad (7)$$

Подставляя в формулу (7) глубину погружения  $h$ , в итоге получаем формулу для расчета мгновенного значения силы при импульсном погружении клина:

$$P = \frac{2bh}{\cos g} [2k(1 + \sin j_n) + r v^2 \sin^2 g g j_n \sin j_n] *$$

$$*(\sin g + \operatorname{tg} d \cos g). \quad (8)$$

Таким образом, нами получены уравнения (8) и (2) для определения мгновенного значения силы внедрения при ударном погружении клина.

Приведем расчет мгновенного усилия при погружении клина со следующими произвольными параметрами:  $b=0,02 \text{ m}$ ;  $2\gamma=20^\circ$ ;  $\rho_0=26 \text{ kN/m}^3$ ;  $v=v_{\max}=2 \text{ m/s}$ ;  $k=2 \cdot 106 \text{ N/m}^2$ ;  $h=0,01 \text{ m}$ ;  $\operatorname{tg} \delta=0,53$ ;  $A_{\text{ед}}=1500 \text{ J}$ .

Вычисляем  $\varphi_n$  в предположении, что  $l=h$ , по формуле (3):

$$j_n = 10^\circ - \arcsin(0,94 - 1) = 10^\circ - \arcsin 0,06 = 6^\circ 30', \quad (9)$$

$$\sin j_n = 0,114 \cong \operatorname{tg} j_n.$$

Таким образом, можно вычислить значение силы  $P=110 \text{ kN}$ . Ее значение приближенно соответствует  $P_{\max}$  при  $t = t_m$ . Заменяя  $P_{\max}$  величиной  $P_{\text{ср}}$ , для последней получаем:

$$P_{\text{ср}} = \frac{P_0 + P_{\max}}{2} = 55 \text{ kH}. \quad (10)$$

Отсюда определяем, что работа на пластическое деформирование горной породы, равная произведению средней силы удара на глубину внедрения, составила 37% всей единичной начальной работы удара.

В итоге можно сделать следующий основной вывод: даже при наличии идеальной ударной системы, гарантирующей нам величину  $\eta_1 = 1,0$ , суммарный к.п.д.  $\eta_\Sigma$  будет иметь значения намного ниже, если технические и технологические параметры рабочего инструмента не подобраны таким образом, чтобы обеспечивать минимизацию механических потерь в окружающую породную среду.

#### Список литературы:

1. Ракишев Б.Р. Энергоемкость механического разрушения горных пород. Изд. МПКП «Баспагер» Алматы 1998 г. с-210.
2. Каркашадзе Г.Г. «Механическое разрушение горных пород». Изд. МГУ. М., 2004 год. с-222.
3. Кутузов Б.Н. «Взрывное и механическое разрушение горных пород» М., 1973. с-311.

УДК 621.314.263

©. Ибадуллаев М.И., Товбаев А.Н. 2011 г.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УСЛОВИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ И КРИТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЦЕПИ СУБГАРМОНИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ В МНОГОФАЗНЫХ ЭЛЕКТРОФЕРРОМАГНИТНЫХ ЦЕПЯХ И СИСТЕМАХ

Ибадуллаев М.И., профессор кафедры «Электрооборудование летательных аппаратов и аэропортов» ТашГУТ, док. техн. наук.; Товбаев А.Н., доцент кафедры «Электроснабжение» НГИИ, канд. техн. наук

Условия возбуждения и поддержания автопараметрических колебаний (АПК) на частоте субгармоник в трехфазных электроферромагнитных цепях (ЭФМЦ) и системах экспериментально были исследованы в [1-3]. Теоретический анализ этих явлений с учетом фазовых соотношений был выполнен в [4, 5], где путем решения системы нелинейных дифференциальных уравнений для трехфазной ЭФМЦ методом усреднения была получена система алгебраических уравнений, описывающая стационарный режим субгармонических колебаний (СГК) третьего порядка.

В данной работе полученная система алгебраических уравнений исследуется для определения возбуждения, области существования СГК и критических параметров ЭФМЦ в зависимости от входного воздействия в режиме возбуждения СГК колебаний третьего порядка. В данной работе полученная система алгебраических уравнений исследуется

для определения условия возбуждения, области существования СГК и критических параметров ЭФМЦ в зависимости от входного воздействия в режиме возбуждения СГК колебаний третьего порядка.

Согласно [4, 5] алгебраические уравнения для установившегося режима СГК третьего порядка в случае сдвига  $0^\circ, 40^\circ, 160^\circ$  выражаются в виде (рис. 1-3):

$$36\Phi_1^4 + 9\Phi_{13}^4 + 27\Phi_1^2\Phi_{13}^2 - 48\frac{n_1}{k}\Phi_1^2 -$$

$$24\frac{n_2}{k}\Phi_{13}^2 + \frac{16}{k^2}(m_1^2 + n_1^2) = 0,$$

$$36\Phi_2^4 + 9\Phi_{23}^4 + 27\Phi_2^2\Phi_{23}^2 - 32\frac{(m_2 + 1,14n_2)}{k}\Phi_2^2 -$$

$$16\frac{(m_2 + 1,14n_2)}{k}\Phi_{23}^2 + 16\frac{(m_2^2 + n_2^2)}{k^2} = 0,$$

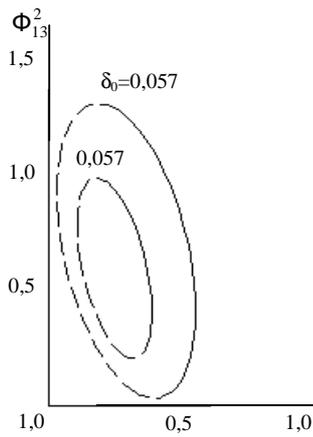


Рис. 1

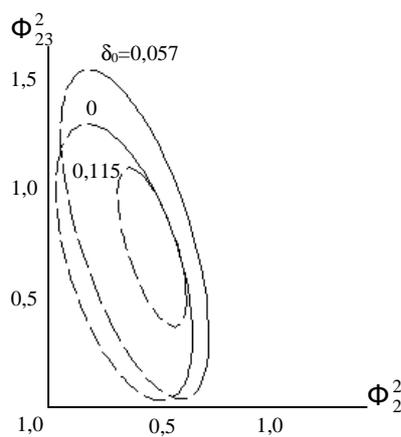


Рис. 2

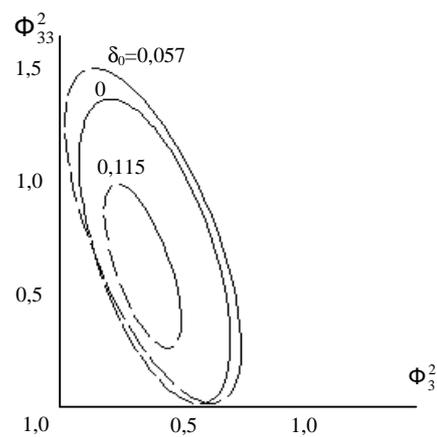


Рис. 3

$$36\Phi_3^4 + 9\Phi_{33}^4 + 27\Phi_3^2\Phi_{33}^2 - 16\frac{(m_3 + 2,8n_3)}{k}\Phi_3^2 - 8\frac{(m_3 + 2,8n_3)}{k}\Phi_{33}^2 + 16\frac{(m_3^2 + n_3^2)}{k^2} = 0, \quad (1)$$

где  $\Phi_1, \Phi_2, \Phi_3$  – условные амплитуды основной гармоники;

$\Phi_{13}, \Phi_{23}, \Phi_{33}$  – условные амплитуды СГК;

$m_1 = \delta + 0,82\delta_0 n_1 = -0,3\delta_0 \pm \varphi$ ;

$m_2 = \pm 0,64\varphi + 0,76\delta + 0,82\delta_0$ ;

$n_2 = \pm 0,76\varphi - 0,64\delta - 0,3\delta_0$ ;

$m_3 = \pm 0,34\varphi - 0,94\delta - 0,82\delta_0$ ;

$n_3 = \pm 0,94\varphi + 0,34\delta - 0,3\delta_0$ ;

$k = 9\beta/\omega^2 c$ ;  $\delta = 3\kappa\alpha/\omega$ ;  $\delta_0 = 3R_0\alpha/\omega$ ;  $\varphi = 1 - 9\alpha/\omega^2 c$ ;

$R, C$  – сопротивление и емкость фаз;

$R_0$  – сопротивление нейтрального провода;

$\alpha, \beta$  – коэффициенты аппроксимирующей функции;

$\omega$  – угловая частота основной гармоники.

Введя обозначения  $\Phi_1^2 = x_1, \Phi_2^2 = x_2, \Phi_3^2 = x_3,$

$\Phi_{13}^2 = y_1, \Phi_{23}^2 = y_2, \Phi_{33}^2 = y_3$  получим уравнения кривых второго порядка:

$$\begin{aligned} 9y_1^2 + [27x_1 - 24\frac{n_1}{k}]y_1 + [36x_1^2 - 48\frac{n_1}{k}x_1 + \frac{16}{k^2}(m_1^2 + n_1^2)] &= 0, \\ 9y_2^2 + [27x_2 - \frac{16}{k}(m_2 + 1,14n_2)]y_2 + [36x_2^2 - 32\frac{(m_2 + 1,14n_2)}{k}x_2 + \frac{16}{k^2}(m_2^2 + n_2^2)] &= 0, \\ 9y_3^2 + [27x_3 + \frac{8}{k}(m_3 + 2,8n_3)]y_3 + [36x_3^2 - \frac{16}{k}(m_3 + 2,8n_3)x_3 + \frac{16}{k^2}(m_3^2 + n_3^2)] &= 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Из (2) следует, что условием существования СГК в 3-х фазной цепи будет  $\Delta v < 0$ , где  $v=1,2,3$ , т.е. дискриминанты эллипсов должны быть меньше нуля [6].

В соответствии с этими получим:

$$\begin{aligned} 7m_1^2 - n_1^2 &\leq 0, \\ 70m_2^2 + 52n_2^2 - 180m_2n_2 &\leq 0, \\ 1980m_3^2 + 10n_3^2 - 1613m_3n_3 &\leq 0, \\ f_1 = 141,5, s = 45. \end{aligned} \quad (3)$$

Для того чтобы существовали СГК, необходимо, чтобы центры эллипсов были в первом квадрате, т.е.  $x_0 > y_0, y_0 > 0$ . Из уравнений (2) координаты центров эллипсов:

$$\begin{aligned} x_{01} &= \frac{0,38(\varphi - 0,3\delta_0)}{k}; y_{01} = 2x_{01}, \\ x_{01} &= \frac{0,255(1,5\varphi + 0,48\delta_0 + 0,06\delta)}{k}; y_{02} = 2x_{02}, \\ x_{03} &= \frac{0,127(3\varphi + 0,02\delta_0 - 0,01\delta)}{k}; y_{03} = 2x_{03} \end{aligned} \quad (4)$$

Из (4) следует, что координаты центра эллипса будут смещаться с изменением параметров цепи. Оси эллипсов повернуты относительно осей координат на угол, не зависящий от параметров цепи и равный  $22^\circ 30'$ .

Длины полуосей эллипсов равны:  $a=41,5$  и  $c=3,5$ . Отношение полуосей эллипсов постоянно, поэтому при изменении параметров цепи эллипсы остаются подобными.

Для определения области существования СГК третьего порядка (2) в зависимости от параметров в цепи ( $c, R, R_0$ ) была составлена программа расчета на ЭВМ.

На рис.1 приведены графические изображения результатов расчетов, полученных на ЭВМ ( $a=1,2, b=0,2, c=100 \cdot 10^{-6} \Phi, R=2$  Ом) при изменении активного сопротивления нейтрали  $R_0$ . Когда  $R_0=0$  ( $\delta_0=0$ ), амплитуды СГК во всех фазах одинаковы, что показывает возможность приведения системы к однофазному аналогу.

Однако с возрастанием сопротивления нейтрали несимметрия амплитуды колебаний в отдельных фазах значительно возрастает и соответственно меняются центры эллипсов.

Так, например, во второй фазе она увеличивается, а в двух других уменьшается.

Когда сопротивление нейтрали достигается некоторого критического значения, дискриминанты эллипсов становятся равными нулю, что соответствует срыву СГК третьего порядка в цепи.

Из (2) и (4) можно установить существования СГК в отдельных фазах 3-х фазных ЭФМЦ с помощью следующих выражений (по входному воздействию):

$$\begin{aligned} \Phi_{10}^2 &= 2 \sqrt{\frac{64n_1^2}{441k^2} - \frac{m_1^2}{k^2}}, \\ \Phi_{20}^2 &= 2 \sqrt{\frac{(m_2 + 1,14n_2)^2}{2k^2} - \frac{m_2^2 + n_2^2}{k^2}}, \\ \Phi_{30}^2 &= 2 \sqrt{\frac{(m_3 + 2,8n_3)^2}{8k^2} - \frac{64(m_3^2 + n_3^2)}{k^2}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Критические значения параметров цепи определяются из (3) как:

$$\begin{aligned} 7m_1^2 - n_1^2 &= 0, \\ 70m_2^2 + 52n_2^2 - 180m_2n_2 &= 0, \\ 1980m_3^2 + 10n_3^2 - 1613m_3n_3 &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

С учетом значений  $n_1, n_2, n_3$  и  $m_1, m_2, m_3$  имеем:

$$\begin{aligned} 7\delta^2 + 11,58\delta_0 + 4,6\delta_0^2 - \varphi^2 \pm 0,6\varphi\delta_0, \\ 150\delta^2 + 96\delta_0^2 - 29\varphi^2 + 242,5\delta\delta_0 \pm 12,5\delta\varphi \pm 27\delta_0\varphi = 0, \\ 225\delta^2 + 173\delta_0^2 - 28\varphi^2 \pm \varphi\delta \pm 3\varphi\delta_0 - 395\delta\delta_0 = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

Отсюда критические значения активных сопротивлений в фазах и нейтральном проводе определяют как:

$$\begin{aligned} \delta_{1кр} &= -0,82\delta_0 \pm \sqrt{\pm 0,086\delta_0\varphi + 0,147\varphi^2}, \\ \delta_{2кр} &= (-0,82\delta_0 \pm 0,041\varphi) \pm \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sqrt{0,02\delta_0^2 + 0,21\varphi^2 \pm 0,12\delta_0\varphi}, \\ \delta_{3кр} &= (0,88\delta_0 \pm 0,0022\varphi) \pm \\ &\sqrt{\pm 0,01\varphi\delta_0 + 0,124\varphi^2 + 0,01\delta_0^2}. \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \delta_{01кр} &= (\pm 0,065\varphi - 1,25\delta) \pm \sqrt{\pm 0,162\delta\varphi + 0,22\varphi^2 + 0,04\delta^2}, \\ \delta_{02кр} &= (\pm 0,065\varphi - 1,26\delta) \pm \\ &\sqrt{0,02\delta^2 \pm 0,225\delta\varphi + 0,33\varphi^2}, \\ \delta_{03кр} &= (\pm 0,0088\varphi + 1,14\delta) \pm \\ &\sqrt{\pm 0,011\varphi\delta + 0,015\delta^2 + 0,162\varphi^2}. \end{aligned} \quad (9)$$

Уравнения (8) и (9) позволяют определить условия возбуждения и срыва СГК третьего порядка с симметричных трехфазных ЭФМЦ с нулевым проводом. Так, например, из (8) для параметров цепи  $R=8$  Ом ( $\delta_0=0$ );  $j=0,4$  ( $c=145 \cdot 10^{-6}$ Ф);  $a=1,2$  критические значения активных сопротивлений фаз равны  $R_{кр}=13$  Ом - для первой фазы,  $R_{кр}=16$  Ом - для второй фазы и  $R_{кр}=12,62$  Ом для третьей фазы. Из (9) аналогично при  $R=0$  Ом ( $\delta=0$ ) и следующих критических значениях сопротивления нейтрального провода  $R_{0кр}=16$  Ом - в первой фазе,  $R_{0кр}=20$  Ом - во второй фазе и  $R_{0кр}=14$  Ом - в третьей фазе, СГК срываются.

Из полученных уравнений и графических построений следует, что СГК третьего порядка могут возникать при различных критических значениях параметров цепи в одной, двух или одновременно в трех фазах. Соответственно, срыв колебаний в отдельных фазах трехфазной системы происходит также при различных критических значениях параметров цепи.

#### Список литературы:

1. Рахимов Г.Р. Феррорезонанс, - Ташкент, Фан, 1957. 126 с.
2. Долгинов А. Резонанс в электрических цепях и системах М.П., Энергоиздат. 1967. - 340 с.
3. Дмоховская Л.Р., Левитов В.И. Субгармонические колебания в простейших схемах и в дальних электропередачах. //Электричество, 1955, №11. - стр. 38-45.
4. Каримов А.С., Ибодуллаев М.И. Стационарный режим СГК в трехфазных ЭФМЦ с нулевым проводом. //Изв. АН УзССР, серия техн. наук, 1978, №6, с. 31-38.
5. Ибодуллаев М.И. Субгармонические колебания в трехфазных электроферромагнитных цепях без нулевого провода. //Вестник ТашГУ. 1993, - №1, с. 77-83.
6. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике (для научных работников и инженеров) МС. : Наука. 1973.

УДК 622.233

© Мазуров М.И., Щербиков А.П. 2011 г.

**Волгабурмаш:**

## НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ БУРЕНИЯ ВЗРЫВНЫХ СКВАЖИН НА КАРЬЕРАХ

Мазуров М.И., генеральный директор ОАО «Волгабурмаш», Щербиков А.П., заместитель коммерческого директора ОАО «Волгабурмаш»

Одна из основных тенденций развития горной промышленности России - непрерывное повышение эффективности буровзрывных работ, снижение затрат на бурение 1 п.м. скважин и повышение производи-

тельности труда. Так как эффективность разрушения пород на карьерах черной и цветной металлургии, угольной промышленности и строительных материалов зависит от многих факторов, то в качестве при-

оритетного можно выделить правильно подобранный буровой инструмент, оптимально соответствующий горно-геологическим и технологическим условиям бурения каждого конкретного горнодобывающего предприятия.

ОАО «Волгабурмаш» - ведущий российский производитель буровых долот (рис. 1, стр. 3 обложки) - дает возможность не только выбирать необходимые долота из имеющегося ассортимента, но и при необходимости работает с заказчиком по индивидуальной схеме, проектируя и производя уникальные конструкции долот «с нуля» с учётом всех заданных параметров. Компания «Волгабурмаш» производит шарошечные долота диаметром от 130,2 мм до 393,7 мм с продувкой забоя воздухом для бурения скважин в различных горно-геологических



Рис. 1. Производственный цех ОАО «Волгабурмаш»

условиях (рис. 2). При проектировании долот акцент делается на повышение технико-экономических показателей работы – механической скорости бурения и проходки за счёт оптимизации схемы поражения забоя и применения новых современных материалов.

Один из основных принципов работы ОАО «Волгабурмаш» – это индивидуальный подход к заказчику, который позволяет за счет анализа практических результатов находить новые решения, производить долота с учётом технологических особенностей проведения буровых работ и характерных горно-геологических условий. Высокий научно-технический потенциал компании, наличие собственного конструкторского бюро позволяют успешно справляться с этой задачей.

Специалисты компании «Волгабурмаш» нацелены на результат, именно поэтому большое внимание уделяется организации обратной связи с заказчиком, анализу полученной информации об отработке долот, что позволяет оперативно вносить конструктивные изменения и улучшать показатели их работы.

Эффективность принципов работы ОАО «Волгабурмаш» можно проиллюстрировать на конкретных примерах.

В мае 2010 г. была проведена подконтрольная отработка долот 215,9 V-AS61X-R895 (215,9ТЗ-

ПГВ-R895) в условиях Краснобродского разреза УК «Кузбассразрезуголь». Средняя проходка составила 7 843 м. при средней механической скорости 52,4 м/ч. При этом максимальная проходка достигла 12 877 м. при механической скорости 58,0 м/ч. Долота обрабатывались как при бурении угольных пластов (7-8 категории по буримости), так и при бурении вскрышных пород (9-10 категории по буримости) на буровых станках DML-1200, ЗСБШ-200.

Высокие показатели были достигнуты за счёт того, что данный тип долота был спроектирован специально для бурения угольных пластов, и в конструкции найдено удачное сочетание агрессивного вооружения и сильной опоры с надежной защитой от абразивного износа.

Хорошие результаты были получены в феврале-мае 2011 г. в условиях Мо-

ховского разреза УК «Кузбассразрезуголь»: при проведении испытаний долот 215,9 V-AS61X-R895 (215,9ТЗ-ПГВ-R895) их проходка составила 4 500 м., механическая скорость бурения - 60 м/ч; долота 215,9 V-AS42Y-R938 (215,9МЗ-ПГВ-R938) прошли 4021 м. при механической скорости бурения - 78 м/ч. Долота обрабатывались в породах 8-9 категории по буримости на буровых станках DML-1200.

Результаты работы долот 200 V-ALS62Y-R244 (200ТЗ-ПГВ-R244) и 200 V-ALS63Y-R808-1 (200ТКЗ-ПГВ-R808-1) в условиях ОАО «Азот-Черниговец» в породах 6 - 8 категории по буримости на уровне лучших показателей зарубежных долот: проходка составила 7074 м и 6235 м на долото соответственно.

Хорошие результаты получены в апреле 2011 г. в условиях разрезов Томусинский, Ольжерасский, Краснобродский ОАО «Южный Кузбасс». При проведении испытаний долот 215,9 V-AS61X-R895 (215,9ТЗ-ПГВ-R895) проходка составила 2169 м., механическая скорость бурения - 32,5 м/ч. Долота обрабатывались в породах 10-11 категории по буримости на буровых станках: ЗСБШ200-60, DML-1200, D50KS.

В условиях железорудных карьеров долота производства ОАО «Волгабурмаш» также зани-

мают лидирующие позиции по проходке и механической скорости. В 2011 г. на карьерах ОАО «Южный ГОК», ОАО «Северный ГОК» (Украина) проводились испытания долот 250,8 V-ALS72Y-R482 (250,8 K-ПГВ-R482) в сложных геологических условиях. Получены положительные результаты в породах  $f=18$ : проходка - 342,5 м, механическая скорость бурения - 18,3 м/ч; в породах  $f=14-16$  проходка составила - 513 м, механическая скорость бурения - 27,3 м/ч, что значительно выше показателей работы долот других производителей. Долота 250,8 V-ALS72Y-R482 (250,8 K-ПГВ-R482) успешно применяются на карьере ОАО «Лебединский ГОК»: средняя проходка в породах  $f = 17-18$  составляет 212,4 м на долото, механическая скорость - 12,9 м/ч.

В апреле 2011 г. в условиях карьера ОАО «Лебединский ГОК» проведены испытания новой конструкции долот 250,8 AUL-ALS72Y-R976 (250,8 K-ПГАУ-R976), получены хорошие результаты: средняя проходка в породах  $f = 17-18$  составила 291,4 м на долото, механическая скорость - 14,4 м/ч. Отличительной особенностью новых долот 250,8 AUL-ALS72Y-R976 является усиленная конструкция опоры, предотвращающая попадание шлама к подшипникам опоры, что способствует увеличению срока её службы.

Именно эти конструктивные опции обеспечивают высокие показатели долот, их проходка в разы больше, чем у аналогичных отечественных долот и на уровне показателей ведущих зарубежных фирм-производителей.

Долота 200,0 V-ALS63Y-R808-1 (200,0 ТКЗ-ПГВ-R808-1) при бурении взрывных скважин в ОАО «Ковдорский ГОК» на руднике «Железный» обеспечили среднюю проходку 856 м., стойкость 23,6 ч, механическую скорость бурения 36,2 м/ч на буровых станках DM45, DML1200. Технические характеристики данных станков позволяют значительно сократить время бурения взрывных скважин.

Долота обрабатывались при бурении преимущественно в апатитовых рудах 13 категории по буримости ( $f=6-12$ ). Средняя проходка долота 200,0 V-ALS63Y-R808-1, по сравнению с долотом другого отечественного производителя, приме-

нявшимся в аналогичных условиях, выше на 41,7%.

Использование новых материалов с повышенными прочностными и износостойкими свойствами обеспечивает неуклонное повышение показателей работы долот.

Так, в условиях карьера «Юбилейный» Айхальского ГОКа АК «АЛРОСА» успешно проведены испытания долот 250,8 V-ALS42Y-R430 (250,8K-ПГВ-R430) с применением новых материалов.

Они обрабатывались при бурении известняков и кимберлитов ( $f=5-7$ ) на станках СБШ-250МНА-32, D75KS. Средняя проходка модернизированных долот составила 3 748 м., что на 380 м. (11,3%) выше показателя серийных долот 250,8 V-ALS42Y-R430.

В филиале ОАО «УК «Кузбассразрезуголь» «Бачатский угольный разрез» в присутствии представителя ОАО «Волгабурмаш» была проведена подконтрольная отработка долота 269,9 V-ALS62Y-R423 (269,9ТЗ-ПГВ-

R423) на буровом станке Pit Viper-271.

Перед её началом буровой станок тестировался на осевое давление и производительность компрессора с целью определения допустимых нагрузок на долото и ус-

тановки в долото насадок оптимального диаметра для охлаждения опор и эффективной очистки шлама.

Долото обрабатывалось в породах X-XI категории по буримости ( $f=8$ ). Средняя проходка составила 12 322 м., стойкость - 176 ч, механическая скорость бурения - 70 м/ч.

Полученные результаты соответствуют нормативам, установленным в ОАО «УК «Кузбассразрезуголь», и в полной мере соответствуют требованиям потребителя.

Как видно из приведенных примеров, ОАО «Волгабурмаш» находит оптимальное решение для конкретных задач, актуальных для заказчика. Такой подход к работе, а также постоянный контроль качества выпускаемой продукции, гибкая ценовая политика позволяют компании «Волгабурмаш» быть надёжным партнёром, лидирующим на российском рынке и входящим в число крупнейших мировых производителей долот.



Рис. 2. Шарошечные долота производства ОАО «Волгабурмаш»

**КДФ - каркасно-дисковый фильтр.** Исследования КДФ и результаты опытного внедрения в различных гидравлических и промышленных условиях позволяют сделать вывод о возможности широкого применения фильтра. Полиэтиленовые материалы обеспечивают надежность работы фильтра в химических средах. Фильтр обеспечивает устойчивые положительные результаты конструкции, способствует

формированию естественного фильтра с высокой проницаемостью, чем и объясняются незначительные контактные потери напора. Расчетное значение оптимальной скважинности фильтра на опытных участках соответствует исходному значению этого параметра, в связи с чем конструкция практически полностью реализует гидравлические возможности в сравнении с «чистым фильтром».

**Список литературы:**

1. В.Ж. Аренс «Физико-химическая геотехнология» 1998 г. МГГУ
2. Е.А. Толстов, Д.Е. Толстов «Физико-химические технологии освоения месторождений урана и золота в кзылкумском регионе» М.2002г. «Геоинформцентр».
3. О.Л. Кедровский и др. «Комплексы подземного выщелачивания» М. «Недра», 1992г.

УДК 622.47  
2011 г.

©. Каршибаев А.И., Худайбердиев Ш.М.

## ПРОГНОЗНЫЕ МОДЕЛИ РЕЖИМОВ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ КАРЬЕРА МУРУНТАУ

Каршибаев А.И., ст. преподаватель НГГИ, канд. тех. наук; Худайбердиев Ш.М., ст. преподаватель НГГИ, канд. тех. наук

Основным исходным материалом для составления прогнозов является статистический анализ предыстории прогнозируемого процесса. При прогнозировании электропотребления такой предысторией являются отчетные данные о расходах электроэнергии за различные интервалы времени (табл. 1, 2, рис. 1) [1-3]. Ряд последовательных значений расходов электроэнергии за анализируемый отрезок времени отражает отдельную закономерность в изменении процесса электропотребления, причем каждое кон-

кретное значение этого показателя содержит элемент случайности, обусловленный локальными изменениями в системе электроснабжения, ошибками измерения и расчета и т.п. Поэтому исследование процессов электропотребления целесообразно осуществлять в рамках теории случайных процессов.

Для проведения укрупненных расчетов электропотребления участков или предприятия в целом без определения всех составляющих удельного расхода электроэнергии целесообразно использовать метод, основанный на использовании моделей режимов электропотребления, найденных по результатам

**Таблица 1**

**Модели удельного расхода электроэнергии**

Месяц	Модели удельного расхода	Коэф. корреляции
Январь	$w(t) = 0.77 - 5.35F_1(t) + 6.23F_2(t)$	0.83
Февраль	$w(t) = 1.14 + 3.11F_1(t) - 1.03F_2(t)$	0.67
Март	$w(t) = 1.77 - 3.31F_1(t) + 9.47F_2(t)$	0.95
Апрель	$w(t) = 1.52 - 2.37F_1(t) + 7.22F_2(t)$	0.95
Май	$w(t) = 1.50 - 2.67F_1(t) + 2.01F_2(t)$	0.92
Июнь	$w(t) = 1.25 - 2.58F_1(t) + 5.46F_2(t)$	0.87
Июль	$w(t) = 1.29 - 2.07F_1(t) + 3.38F_2(t)$	0.92
Август	$w(t) = 1.31 - 2.25F_1(t) + 3.38F_2(t)$	0.95
Сентябрь	$w(t) = 0.99 - 3.05F_1(t) + 1.08F_2(t)$	0.85
Октябрь	$w(t) = 1.17 - 2.48F_1(t) + 6.34F_2(t)$	0.97
Ноябрь	$w(t) = 1.15 - 1.47F_1(t) + 3.42F_2(t)$	0.81
Декабрь	$w(t) = 1.04 - 1.26F_1(t) + 4.58F_2(t)$	0.80

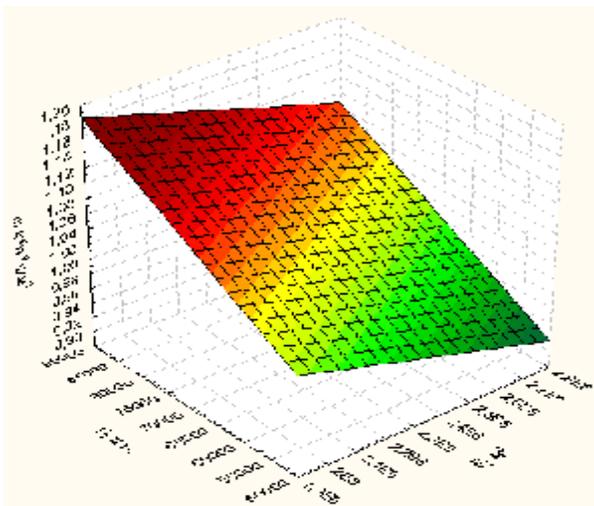


Рис. 1. Модель удельного расхода электроэнергии карьера Мурунтау

многофакторного регрессионного анализа. Для получения модели удельного расхода электроэнергии карьера Мурунтау по месяцам были собраны статистические данные электропотребления и объемы горной массы за 2003-2009 гг. Модели удельного расхода электроэнергии по месяцам приведены в таб. 1. Используя программный пакет «Statistika» на основе обработки статистических данных по объему горной массы, объему бурения разрабатывается годовая модель удельного электропотребления:

$$w(t) = 1.00 - 9.85 * F_1(t) + 3.89 * F_2(t), \quad (1)$$

где  $w(t)$  - годовое удельное электропотребление, kW h/m<sup>3</sup>;

$F_1(t)$  - годовой объем горной массы Восточного и Западного участка, м<sup>3</sup>;

$F_2(t)$  - годовой объем бурения Бурового участка, м.

#### Список литературы:

1. Олейников В.К., Никифоров Г.В. Анализ и управление электропотреблением на металлургических предприятиях. Учебное пособие – Магнитогорск. 1999. – 220 с.
2. Щуцкий В.И., Ляхомский А.В., Крицевый Ю.Ф. Методический подход к прогнозированию электропотребления горных предприятий // II Sympozium "METODY MATEMATYCZNE W ELECTROENERGETYGE". – ПНР, Zakopane, 1988. – с. 171-178.
3. Ляхомский А.В., Каршибаев А.И. Анализ электропотребления электроприёмников на открытых горных работах Узбекистана // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). -2010.-№ 12.-с. 81-83.

УДК 622.7821.784

©. Хасанов А.С., Атаханов А.С. 2011 г.

## ПРИМЕНЕНИЕ ХЛОРИДОВОЗГОНОЧНОГО ОБЖИГА ДЛЯ РАФИНИРОВАНИЯ ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Хасанов А.С., декан Алмалыкского горно-металлургического факультета НГГИ, докт. тех. наук; Атаханов А.С., механик ОАО «Алмалыкский ГМК»

В металлургии все более широкое распространение получают технологии хлоридовозгоночного обжига различных видов сырья и промежуточных продуктов. Достоинством этих технологий является возможность извлечения ценных или вредных компонентов из сырья при их низком содержании с обеспечением их крайне низких остаточных концентраций. Достижение таких или близких показателей по извлечению методами традиционных металлургических процессов зачастую является невозможным или слишком дорогостоящим.

Хлоридовозгоночный обжиг включает в себя два взаимосвязанных процесса:

- образование при нагреве летучих хлоридов извлекаемых компонентов за счет их взаимодействия с хлорсодержащим реагентом;
- испарение образовавшихся хлоридов ценных компонентов, удаление их из реакционной зоны с последующим улавливанием.

Хлоридовозгоночный обжиг проводится, как правило, в окислительной среде, но возможно его проведение и в восстановительной. В качестве хлорирующих реагентов могут быть использованы хлор, соляная кислота, хлориды щелочных и щелочноземельных металлов, возможны и другие виды хлоринаторов. Хлорирующий обжиг, как правило, применяют для переработки окисленного сырья, но в ряде случаев извлекаемые компоненты могут находиться в сульфидном или металлическом виде. Эффективность хлоридовозгоночного обжига основана на том, что давление паров хлоридов, как правило, значительно выше, чем давление паров оксидов или сульфидов для большинства металлов. Зависимость давления паров хлоридов различных металлов согласно А.Н. Вольского [1] приведена на рис. 1.

Особенный интерес представляет хлоридовозгоночный обжиг для переработки золотосодержащих материалов.

В этом случае для переработки рядовых золотосодержащих материалов может быть достигнуто извлечение золота 98-99%, и бедных (< 1 g/t) 96-98%, что недостижимо при других технологических процессах, за исключением плавок с коллектором. Применительно к извлечению золота, хлоридовозгоночный обжиг характеризуется универсальностью, т.е. позволяет извлекать золото почти из всех существующих золотосодержащих материалов и не чувствителен ко всем видам депрессии золота [2].

Интересным является факт, что при 200-350 °С возможно образование летучего хлорида золота AuCl<sub>3</sub>, но скорость хлорирования настолько мала, что промышленного применения сверхнизкой температуры хлоридовозгонки золота не имеет. Практически золото возгоняется в виде AuCl, при температуре выше 600 °С. Хлоридовозгоночный обжиг находит свое применение для маломасштабных производств меди, свинца, цинка, никеля из окисленных бедных труднообогатимых руд [3]. Имеются сведения о строительстве хлоридовозгоночных установок для извлечения никеля в Казахстане. Интересной и перспективной является переработка железосодержащих материалов, содержащих цветные и благородные металлы, в частности пиритных огарков. Такой процесс осуществляется в Японии на заводах «Амагосеки» и «Кавосейко» и успешно применяется уже давно [4]. Для рафинирования пиритных огарков, на которых работает ряд зарубежных заводов, используется хлоридовозгоночная технология, подобная применяемой, для извлечения ценных компонентов из бедного клинкера на заводе «Электроцинк» (Россия).

Извлечение цветных и благородных металлов превышает 90%, клинкер после хлоридовозгоночного обжига является отвальным и используется для производства цемента. Завод «Амагосеки» (Япония) перерабатывает 400 тыс. t пиритного огарка в год путём грануляции с хлористым кальцием и окислительного обжига окатышей в горизонтальных вращающихся трубчатых печах. Золото, серебро и цветные металлы возгоняются в форме хлоридов. Отходящие газы поступают в охладитель и далее очищаются в абсорберах и мокрых электрофильтрах. Промывные растворы поступают в сгуститель. Шламы сгустителя после нейтрализации раствора направляются на переработку для извлечения золота, серебра и свинца, а верхний слив донейтрализуется до его осаждения, из растворов производят доизвлечение металлов. Технологическая схема приведена в литературе [3]. По похожей схеме работает завод Кавосейко (Япония). Основные показатели работы завода: максимальная температура в печи 1250 °С, расход CaCl<sub>2</sub> 3,5-4,5%, содержание в сухих окатышах меди, цинка, свинца, серы, золота и серебра составляет, %: 0,47; 0,59; 0,16; 0,61; 0,94 g/t; 33,6 g/t до хлорирования; и 0,04; 0,01; 0,01; 0,03; 0,05

g/t; 7,0 g/t после хлорирования соответственно. Извлечение этих компонентов соответственно равно 91, 97, 92, 95 и 80%. Общий объем переработки огарков составляет около 1 млн. t в год. Гранулированный огарок в смеси с хлоринатором (хлорид кальция) обжигают во вращающихся трубчатых печах. Извлечение золота, меди, свинца, цинка превышает 90%, серебра 80%.

Полученные окатыши, очищенные от цветных и благородных металлов, а также серы являются высококачественным сырьем для производства железа доменной плавкой.

Они отличаются высокой прочностью и газопроницаемостью и могут перерабатываться без агломерации при добавлении в количестве 5-10% к агломерату. Цветные и благородные металлы извлекаются из возгонов, улавливаются в скрубберах методом гидрометаллургии, хлоринатор регенерируется. Стоимость полученных

ценных компонентов окупают все расходы на хлоридовозгоночный обжиг. Подобную установку предложительно построят на Новотульском МК для переработки пиритных огарков ВХЗ (Воскресенский химический завод). ГП «Навоийский ГМК», совместно с ОАО «Алмалыкский ГМК», разрабатывает технологию переработки шлаков медного производства с использованием хлоридовозгоночного обжига. По лабораторным данным извлечение ценных компонентов превышает 90%, что значительно выше, чем при флотации шлаков. Дополнительно извлекается свинец и цинк, причем в значительных количествах, что может существенно расширить сырьевую базу ОАО «Алмалыкский ГМК» по этим металлам. Полученный клинкер может быть использован в качестве сырья для производства железа по технологии низкотемпературного твердофазного восстановления. Хлоридовозгоночные технологии начинают применяться на золотодобывающих предприятиях. Так, в Греции планируется ввод в строй завода «Олимпиас» для переработки пиритарсенопиритных концентратов с содержанием, %: Fe – 40-60; S – 40-45; As – 10-12; Au – 25-30 g/t.

Первоначально предполагалось использовать технологическую схему, включающую в себя обжиг и сорбционное цианирование. Однако поскольку Греция является страной, доходы которой в значительной степени обеспечиваются туризмом, Правительство Греции, заботясь об охране окружающей среды, состояние которой имеет важное значение в туристическом бизнесе, запретило использование цианирования во всех его видах. Это привело к необходимости пересмотра технологических схем с возможной заменой сорбционного цианирования на хлоридовозгоночный обжиг. Новая технологическая схема имеет значительные преимущества перед предлагаемой ранее: обжиг можно проводить при более высокой температуре, что позволяет использовать более дешевую тех-

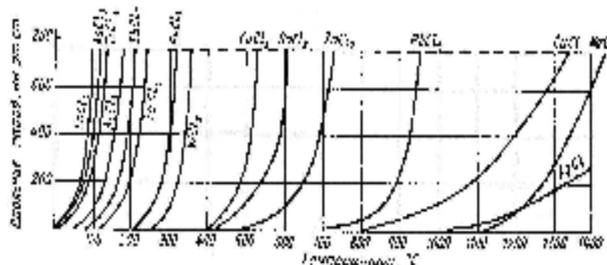
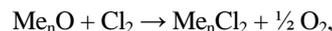


Рис. 1. Зависимость упругости паров хлоридов от температуры

нологию обжига в кипящем слое вместо более дорогой технологии обжига в циркулирующем кипящем слое, поскольку депрессия золота значения уже не имеет; извлечение золота составляет 98%, против 75% при цианировании; полученный клинкер пригоден для производства железа доменной плавкой или производства цемента; полностью отсутствуют проблемы, связанные с использованием цианидных растворов. Обезвреживание газов от обжига и растворов осуществляется известными методами, хлоринатор ( $\text{CaCl}_2$ ) регенерируется. В случае удачного ввода в строй этого предприятия технологическое развитие золотодобывающей промышленности, по-видимому, изменится. Основное преимущество биотехно-логического окисления перед обжигом: получение недепрессированного (некапсулированного) золота будет утрачено, а проведение обжига при более высоких температурах (до 950-1000 °C) резко поднимет производительность обжиговых печей и снизит себестоимость этого процесса. Сера и мышьяк могут быть использованы как сырье для производства товарной продукции. Кеки хлоридовозгонного обжига, практически не содержащие серы и мышьяка, могут быть легко использованы в стройиндустрии или для производства железа. Необходимость в шламонакопителях с вредными цианидными растворами, представляющими опасность для окружающей среды, в этом случае отпадает. Проблема утилизации мышьяка в этом случае также решается легче и дешевле и с меньшим вредом для окружающей среды. Хлоридовозгонный обжиг может применяться и для переработки кеков биоокислительной технологии с лучшими показателями, чем при переработке их цианированием. Однако до внедрения такой технологии на предприятии делать выводы о возможности массового изменения технологии еще рано, поскольку имеется еще много нерешенных технологических и конструктивных вопросов. Работы в этом направлении будут продолжаться и мощнейшим стимулом к их продолжению является возрастающее давление природоохранных организаций на Правительства различных государств с целью ограничения, а лучше запрещения использования цианидных технологий.

В Узбекистане технология хлоридовозгонного обжига не вышла за рамки лабораторных исследований, хотя перспектива ее внедрения в промышленных масштабах достаточно велика. С этим связано то, что в имеющейся в наличии технической литературе и учебных курсах этому процессу не уделено должного внимания. Это приводит к ряду неверных суждений и выводов даже у высококвалифицированных специалистов.

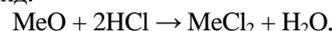
Очень часто многие специалисты, а особенно некоторые преподаватели, которые долгие годы проводили занятия именно по этому направлению металлургии, не могут понять, почему при хлоридовозгонном обжиге улетучиваются не все металлы, имеющие низкотемпературные хлориды. Приведем разъяснение этого вопроса согласно академику А.Н. Вольскому, приведенного в его классической книге «Теория металлургических процессов» [1]. При хлорировании оксидов газообразным хлором:



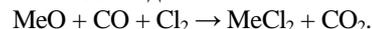
направление данной реакции связано с разницей сродства металла к хлору и кислороду.

При 500 °C (773 K) (начало хлоридовозгонного процесса)  $\Delta Z_{773}^\circ$  этой реакции на 1 мл  $\text{Cl}_2$  или  $\frac{1}{2}$  мл  $\text{O}_2$  составляет для  $\text{CuO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$  соответственно - 8 ккал, 26 ккал, 20 ккал, 11,5 ккал, 25 ккал, 0 ккал. Исходя из значения  $\Delta Z_{773}^\circ$ , легко будет протекать хлорирование  $\text{CuO}$ , хлорирование  $\text{MgO}$  будет протекать только при удалении продуктов реакции.

Остальные оксиды хлорироваться не будут. Для конкретных примеров хлоридовозгонного обжига легкохлорируемыми являются оксиды  $\text{Cu}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Ni}$ , обладающие малым сродством к кислороду, а также оксид цинка, у которого сродство к кислороду выше, но выше и сродство к хлору. Такие металлы как  $\text{Fe}$ ,  $\text{Si}$  и т.п. газообразным хлором хлорироваться не будут. Для хлорирования труднохлорирующихся оксидов металлов нужны специальные условия, связанные с необходимостью связывания кислорода. Это может быть достигнуто применением в качестве хлоринатора соляной кислоты, в этом случае реакция хлорирования имеет вид:

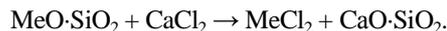


или хлорирование с восстановителем, когда реакция хлорирования имеет вид:



Из вышесказанного следует, что в отличие от традиционных процессов окисления, восстановления, сульфидирования, результаты которых мало зависят от вида окислителя, восстановителя и сульфидизатора, при хлоридовозгонном обжиге вид хлорирующего агента имеет решающее значение для конечных результатов технологического процесса. При хлоридовозгонном обжиге наиболее распространенным хлоринатором является хлорид кальция ( $\text{CaCl}_2$ ). Он обладает низкой температурой плавления (780 °C) и высокой температурой кипения (1900 °C), что исключает его испарение из реакционной зоны. Кроме того, он легко регенерируется при наличии  $\text{CaO}$  или  $\text{Ca(OH)}_2$ .  $\text{CaCl}_2$  является одним из самых устойчивых хлоридов. Прямое хлорирование им большинства оксидов невозможно. Однако оксид кальция образует очень прочные соединения с кремнеземом типа  $(\text{CaO})_n\text{SiO}_2$ .

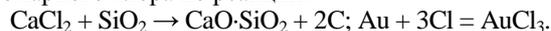
Поэтому возможно хлорирование оксидов металлов из силикатов при помощи хлорида кальция, если они даже не хлорируются газообразным хлором по схеме:



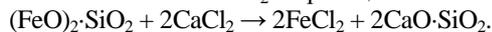
Однако трехвалентное железо в состав силикатов не входит, поэтому образование  $\text{FeCl}_3$  и в этом случае невозможно.

Хлорирование  $\text{Cu}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Zn}$  идет достаточно полно из-за нахождения их в основном в силикатном виде.

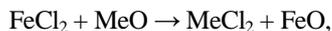
Хлорирование золота и серебра идет достаточно интенсивнее из-за образования некоторого количества атомарного хлора по реакции:



В этих условиях возможно и образование хлорида двухвалентного железа  $\text{FeCl}_2$  по реакции:



$\text{FeCl}_2$  является хлоридом, сублимирующим при  $1026^\circ\text{C}$ , однако он является также и активным хлоридатором из-за высокого сродства его оксидов к кислороду и малым к хлору. Хлорирование происходит по реакции:



которая интенсифицируется в присутствии кремнезема:



Поэтому образующийся  $\text{FeCl}_2$  немедленно расхо-

дится на хлорирование оксидов с меньшим сродством к кислороду. В результате при нормальных температурах  $1000\text{--}1100^\circ\text{C}$  и даже выше, и небольшом количестве  $\text{CaCl}_2$  хлорид железа в газовой среде практически отсутствует, что и подтверждается практическими данными. Если бы при хлоридовозгоночном обжиге происходило бы хлорирование железа, особенно трехвалентного, то этот процесс был бы невозможен из-за его преимущественной возгонки. Однако вышеуказанные физико-химические закономерности делают возможным сохранение железа в клинкере и тем самым практическую реализацию хлоридовозгоночного обжига.

**Список литературы:**

1. Вольский А.Н., Сергиевская Е.М. Теория металлургических процессов. – М.: Металлургия, 1968. – 345 с.
2. Меретуков М.А. Золото. – М.: Руда и металлы, 2008. – 512 с.
3. Митрофанов С.И., Мещанинова В.И. и др. Комбинированные процессы переработки руд цветных металлов. М.: Недра, 1988. – с.230.
4. Санакулов К.С., Хасанов А.С. Переработка шлаков медного производства. – Ташкент: Фан, 2007. - 256 с.

УДК 669.053.4

© Мусаев А.М., Мирзаев А.У., Мусаев Р.А. 2011 г.

## ВОЗВРАЩАЯСЬ К ТЕХНОЛОГИИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЗОЛОТА ИЗ «УПОРНЫХ» СУЛЬФИДНЫХ РУД

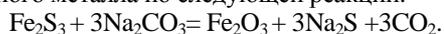
**Мусаев А.М.**, доцент геологического факультета Национального университета Узбекистана, канд. геол. - мин. наук; **Мирзаев А.У.**, зам. директора по науке НПЦ «Геология драгоценных металлов и урана» НГМК, канд. геол. - мин. наук; **Мусаев Р.А.**, доцент Казахско-Британского технического университета, канд. геол. - мин. наук

Сущность технологии переработки «упорных» руд некоторых золоторудных месторождений Западного Узбекистана, представленных мышьяковистыми сульфидными минералами [1], золото в которых находится в невидимом состоянии, представляя структурные механические примеси, сосредоточенные в кристаллической решетке. Среди этих минералов арсенопирит является главным концентратом золота, затем идет халькопирит и пирит, содержащие примеси золота в несколько меньшем количестве. Применяемые в настоящее время в горно-металлургических комбинатах методы переработки таких руд недостаточно эффективны и часть золота остается недоизвлеченной из руд и переходит в хвосты переработки. Метод автоклавного выщелачивания таких руд не применяется из-за дороговизны, а бактериальное выщелачивание, проходящее в данное время апробацию в НГМК, еще не успело показать свою эффективность в полном объеме. Не в ущерб достоинства метода бактериального выщелачивания, нужно однако указать, что для полного высвобождения золота, заключенного в структурах сульфидов, требуется очень много времени и неизвестно, как поведут себя пожирающие серу бактерии в отношении примесных полезных компонентов, содержащихся в упорных рудах: Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Ni, Co, Pt, Os, Pd и др. В предлагае-

мой альтернативной технологии предусматривается устранение основной причины отказа от автоклавного выщелачивания сульфидных руд - сложности производства реагентов, позволяющих полное растворение «упорных» руд и высвобождение заключенного в них примесей золота. При автоклавном выщелачивании разложение сульфидных минералов происходит под воздействием водных растворов, имеющих высокую химическую активность кислорода. В условиях повышения активности кислорода вводом в состав раствора перекиси водорода (другие реагенты неприменимы из-за загрязняющего характера раствора) затраты на переработку руд и себестоимость извлекаемого золота повышаются, соответственно понижается рентабельность производства. В связи с этим в данной технологии предлагается использование нового технологического решения с применением ранее неизвестного источника оксиданта, позволяющего управляемо поднять химическую активность его в растворе, омывающим обрабатываемые руды и имеющем высокую ионную силу, позволяющую разложению руд за короткое время. Так как метод обработки и его источник имеют охранное значение, они здесь не раскрываются. При реализации намеченных исследований ожидается создание новой технологии переработки труднообогатимых руд золоторудных месторождений, позволяю-

щей достижение полной извлекаемости золота из упорных руд. Проблема извлечения золота из мышьяковистого пирита и других сульфидных минералов, составляющих основные труднообогатимые руды золоторудных месторождений Западного Узбекистана, связана с ничтожной растворимостью таких руд в водных растворах. Вопросы взаимодействия сульфидов с водными растворами пока еще далеки от решения. Сложность состава сульфидных руд, связана с непостоянством видов и количественных содержаний примесей, мешающих извлечению золота. Она обусловлена средой формирования руд меняющейся от месторождения к месторождению. В связи с этим разработка технологии переработки золотосодержащих руд конкретных месторождений имеет свою специфику. Обзор литературы о растворимости сульфидов показывает, что в большинстве случаев такие работы основаны на непосредственном определении растворимости опытным путем и расчетно-теоретическими методами. Несмотря на большой прогресс в разработке расчетно-теоретических методов, они задерживаются из-за отсутствия надежных термодинамических констант частиц растворенного вещества в растворах в зависимости от Т., Р. параметров. Мышьяки, содержащие сульфиды железа, описываются в тройной системе Fe-As-S. Эту систему нельзя считать повсеместно присутствующей в рудах месторождений Западного Узбекистана.

Замечено, что арсенопирит обычно отсутствует в рудах, где встречается халькопирит и сфалерит. Арсенопирит является самым слабореакционным сульфидом и поэтому его равновесия устойчивы в низких температурах (Kretschmar U., Scott S.D.1976). Отсюда следует, чтобы перевести арсенопирит в неустойчивое состояние, необходимо изучить термический режим его разложения под каталитическим воздействием определенных веществ. Здесь задачей технологии переработки труднообогатимых мышьяковистых руд является нахождение эффективных методов изменения фугитивности серы (S) подавлением ее активностью кислорода (O<sub>2</sub>). В свое время Стокс (Stokes 1907) указывал, что при разложении пирита под воздействием карбонатных и бикарбонатных растворов щелочных металлов образуется окись или гидроокись железа, а также сульфиды тяжелых металлов наряду с сульфатами щелочей. В присутствии свинца и цинка в результате взаимодействия таких растворов с FeS<sub>2</sub> образуется тиосульфат. Под воздействием щелочных растворов при отсутствии других металлов пирит, разлагаясь, образует тиосульфаты, сульфаты и полисульфиды щелочных металлов. Так как пирит и марказит представляют сульфиды трехвалентного железа и содержат избыточную серу, взаимодействие их с карбонатными растворами щелочей приводит к разложению его с образованием гематита и сульфида щелочного металла по следующей реакции:



Важность этой реакции в том, что сульфид натрия является наиболее сильным растворителем из всех других известных растворителей золота в водных растворах (Weissberg, 1970). Наблюдая над взаимодействием природных сульфидов с водными растворами,

насыщенными сероводородом при атмосферном давлении Кларк и Менаул (Clark a. Menaul, 1916) пришли к выводу, что почти все сульфиды пептизируются сероводородом, образуя коллоидные растворы, которые могут переносить сульфиды и отлагать рудообразующие минералы. Раскисляющее действие сероводорода на щелочные растворы установлены Я.И. Ольшанским (1950). Известно, что растворимость золота падает в кислой среде, и поэтому происходит соосаждение золота при кристаллизации пирита, содержащего невидимые примеси золота. По данным Кларка и Менаула наличие сероводорода в растворе оказывает диспергирующее влияние на сульфиды. Это объясняется (Ольшанский, 1950) «расклеиванием» скопленных мелких кристаллов сульфидов, сцепленных небольшим количеством примесей, имеющих более высокие скорости растворения. Фримен (Freeman 1925), изучавший воздействие водных растворов на сплавы сульфидов с сернистым натрием, разделил сульфиды на три группы:

а) сплавы (Ni,Cu,Fe) с сернистым натрием в воде не растворимы, но медленно разлагаются с образованием коллоидов;

б) сплавы (Zn, Pb, Ag и Fe), образующие коллоиды, очень быстро;

в) сплавы сульфидов с Na<sub>2</sub>S целиком растворимые в воде с образованием истинных растворов Au, Sb и As.

Как видим из этих данных, растворимость ионов золота, сурьмы и мышьяка в воде одного порядка, что, по-видимому, и является причиной осаждения в виде примесей в кристаллах золотосодержащего мышьяковистого пирита-(арсенопирита) трудноразлагаемого в воде. Иордис (Yordis 1942) при изучении химических методов получения растворов, содержащих коллоидные мицеллы (ионизированные частицы), отметил, что состав последних всегда содержит примеси вещества, из которых они получаются, поэтому коллоидная частица рассматривается комплексным соединением сложного строения.

Французский ученый Дюкло (Duclos), как и Иордис, считал весьма существенным наличие в составе растворов небольших количеств исходных веществ в виде примесей входящих в состав коллоидных частиц. Так как состав частиц золя As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, получающегося при взаимодействии As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и H<sub>2</sub>S всегда содержит небольшое количество H<sub>2</sub>S, он выразил его формулой As<sub>2</sub>S<sub>3</sub>nH<sub>2</sub>S. С помощью коэффициента n Дюкло хотел показать возможность широкого колебания H<sub>2</sub>S в коллоидной частице. Для подобной сложной частицы Дюкло впервые применил название «мицелла».

Работами Миронова А.Г. и др., подтверждающими наши экспериментальные данные [1], показано, что пирит в растворах с повышенной активностью кислорода разлагается полностью и превращается в водорастворимое состояние с образованием гидроокислов железа.

При этом примеси невидимого золота высвобождаются и переходят в раствор.

Такое явление наблюдается в природных условиях в зонах гипергенеза, где отмечается повышение содержания золота в сравнении с неокисленными исход-

ными породами. Такое повышение содержания золота связывается с высвобождением его примесей при гидролизе сульфидных минералов и отложением в более концентрированном виде из водных растворов как гипергенного, так и гипогенного происхождения.

Целью разрабатываемой технологии является достижение максимальной извлекаемости золота при обработке труднообогатимых руд ряда месторождений Западного Узбекистана водными растворами, имеющими высокую химическую активность кислоты. Отсюда вытекают следующие прикладные задачи предлагаемой технологии:

1. Найти наиболее дешевый способ повышения активности кислорода, с которым в растворах будут обрабатываться труднообогатимые руды.

2. Определить оптимальный режим обработки руд в повышенных температурах.

3. Установить наиболее эффективные соотношения  $H_2S$  и  $OH$  ионов в растворах для селективного растворения примесей арсенопирита и других сульфидных минералов.

4. Приобрести источник генерации ионизированного оксиданта и разработать способ ввода ионов в автоклав, позволяющий контролировать их концентрацию в любой стадии обработки руд.

5. Внести коррективы в режим обработки руд, ис-

ходя из их состава, зависящего от среды формирования конкретных месторождений.

6. Определить перечень катализаторов растворения сульфидов, сопровождаемого пептизацией растворов и самопроизвольной диспергацией обрабатываемых руд.

7. Решить техническую проблему опробования состава растворов, применяемых для разложения руд на разных стадиях их обработки.

Предлагаемая технология переработки труднообогатимых сульфидных руд в мировой практике не известна.

Таким образом, из-за дороговизны традиционных методов увеличения активности кислорода в растворе с помощью перекиси водорода ( $H_2O_2$ ) необходимо применение более эффективного и дешевого источника генерации оксиданта в непосредственно воздействующем на «упорные» руды растворе. При этом будет достигнут полный переход труднорастворимых в водном растворе сульфидных руд в растворимые гидроокислы железа и другие примесные элементы.

Это дает возможность селективного осаждения всех примесей руды и получения растворов, содержащих только соединения золота в виде хлоридов, карбонатов и различных ацедокомплексов, электролиз которых позволит получение металлического золота.

**Список литературы:**

1. Мусаев А.М. К технологии извлечения золота из «упорных руд» сульфидных руд. //Актуальные проблемы освоения месторождений полезных ископаемых. Тезисы докладов научно-технической конференции посвященной 10 летию независимости Республики Узбекистан. Ташкент 2001, С. 195

УДК 669.053.4

© Мустакимов О.М., Саттаров Г.С., Акиншина Г.И., Музафаров А.М. 2011 г.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНЫХ МИНЕРАЛИЗИРОВАННЫХ ВОД ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ГМЗ-3**

**Мустакимов О.М.**, зам. главного инженера НГМК; **Саттаров Г.С.**, начальник ЦНИЛ НГМК, док. техн. наук, профессор; **Акиншина Г.И.**, начальник технической лаборатории. ЦНИЛ НГМК; **Музафаров А.М.**, начальник лаборатории ООС и РДК ЦНИЛ НГМК

Для запуска второй очереди технологического процесса «Вюх» требуется дополнительный объем воды, а система обеспечения технической водой процесса ГМЗ-3 имеет свои ограниченные возможности. Необходимость запуска второй очереди технологической схемы «Вюх» требует изыскать дополнительные источники водоснабжения в Учкудукском регионе. В связи с этим в данной работе приведены следующие исследования:

- оценка действующего состояния водоснабжения ГМЗ-3;
- исследования физико-химического состояния различных вод Учкудукского промышленного региона;
- оценка объемов источников подземных и оборотных вод;
- определение химического состава используемых в технологии ГМЗ-3 вод за период 2007-2010 гг.;

- сравнение химического состава, физико-химических свойств подземных и оборотных вод для оценки возможности их использования как дополнительного источника водоснабжения для технологического процесса ГМЗ-3;

- исследование технологических показателей ГМЗ-3 при переработке руды месторождения Кокпатас (измельчение, флотационное обогащение, сгущение хвостов флотации, «Віох», сорбционное цианирование хвостов флотации) с использованием минерализованных подземных вод из водозабора Бешбулак, ПУДР (шахтный водоотлив) и технической воды ГМЗ-3;

- исследование технологических показателей ГМЗ-3 при переработке смеси руд месторождений Даугызтау и Кокпатас (измельчение, флотационное обогащение, сгущение хвостов флотации, «Віох», сорбционное цианирование хвостов флотации) при соотношении: 30%:70% и 50%:50% с использованием смеси вод из водозабора Бешбулак, ПУДР (шахтный водоотлив) с технической водой ГМЗ-3;

- возможные варианты обессоливания подземных минерализованных вод;

- выдача рекомендации по выбору дополнительно требуемого объема воды для запуска второй очереди ГМЗ-3.

В 2010 г. на ГМЗ-3 было подано 12275,1 тыс. м<sup>3</sup> технической воды, в том числе 10696 тыс. м<sup>3</sup> из водовода А-Д-3 (вода из реки Амударья после очистки в г. Зарафшане КОС) и 1578,9 тыс. м<sup>3</sup> из канализационных сооружений после очистки в г. Учкудуке (КОС).

Для работы первой и второй очереди ГМЗ-3, согласно данным проекта ГМЗ-3, расход технической воды должен составлять 16770 тыс. м<sup>3</sup>/год. Количество воды из существующих источников составляет 11630 тыс. м<sup>3</sup>/год, а по факту 12275,0 тыс. м<sup>3</sup>, в том числе: из водовода А-Д-3 по проекту 10282,0 тыс. м<sup>3</sup>/год (факт 10596,2 тыс. м<sup>3</sup>/год), от КОС г. Учкудука 1348,0 тыс. м<sup>3</sup>/год (факт 1578,9 тыс. м<sup>3</sup>/год). Недостающее количество кондиционной воды по данным проекта составляет 5140,0 тыс. м<sup>3</sup>/год, а по факту, согласно из расчета исходных данных, 4495,0 тыс. м<sup>3</sup>/год.

Имеется четыре варианта дополнительного водоснабжения ГМЗ-3:

1. Дополнительная подача технической воды из канализационных очистных сооружений г. Зарафшана в объеме 3100,0 тыс. м<sup>3</sup> в год из имеющихся запасов, и 1400,0 тыс. м<sup>3</sup>/год получить за счет минерализованных вод из водозабора месторождения Бешбулак (проектная возможность 8640,0 тыс. м<sup>3</sup> в год) или шахтного отлива рудника № 12 Северного РУ (ПУДР, проектная возможность 4060,0 тыс. м<sup>3</sup> в год) путем их разбавления с технической водой ГМЗ-3.

2. Обессоливание воды объемом 4500,0 тыс. м<sup>3</sup>/год методом обратного осмоса.

3. Получение и использование в технологическом процессе воды в объеме 4500,0 тыс. м<sup>3</sup>/год из водозабора месторождения Бешбулак или ПУДР путем их

разбавления с технической водой ГМЗ-3 без предварительного обессоливания.

4. Использование в процессе 2500,0 тыс. м<sup>3</sup>/год вод, полученных методом обратного осмоса, и 2000,0 тыс. м<sup>3</sup>/год минерализованной воды без предварительного очищения.

В первом варианте разбавленная вода будет иметь низкий солевой состав, но возможность водовода А-Д-3 не позволяет осуществить эту задачу. Недостатком второго варианта является необходимость вложения максимального значения капиталовложения. Недостатком третьего варианта является возможность ухудшения качества оборотной воды за счет солевого накопления.

Наиболее предпочтительно использование четвертого варианта.

Использование метода обратного осмоса для обессоливания воды водозабора Бешбулак и ПУДР необходимо в следующих случаях, если:

- отсутствует возможность отдельного водоснабжения системы «Віох»;

- количество минерализованной воды в смеси составляет более 40%;

- наблюдается ухудшение качества оборотной воды ГМЗ-3 (увеличение солевого состава более 2,5 раза).

Результаты химического состава технической воды ГМЗ-3, вод канализационных очистных сооружений (КОС) г. Учкудука и г. Зарафшана, реки Амударья после очистки в г. Зарафшане, ГМЗ-3 смешанной, шахтного отлива (ПУДР), озера Кызылкумское, Бешбулак за период 2007-2011 гг. показывают, что наблюдаются изменения концентрации исследуемых элементов во времени не более 20% от среднего.

В табл. 1 приведены результаты химического анализа вод, используемых на ГМЗ-3 и минерализованных вод Северного РУ. В водах, отобранных из месторождения Бешбулак и озера Кызылкум (ПУДР), при одинаковой величине рН, наблюдается увеличение общей минерализации, суммы катионов и анионов, общей жесткости в 2,7 -3,0 раза для каждого.

Надо отметить высокое содержание хлориона (4,4 раз, чем нормы 400 mg/l) и заниженное содержание нитрита (3,0 раз) и нитрат ионов (6 раз) по сравнению с технической водой ГМЗ-3. В смеси вод Бешбулак, Кызылкумское озеро с технической водой ГМЗ-3 в соотношении 1:1 наблюдается при одинаковом значении рН увеличение общей минерализации, суммы катионов-анионов, общей жесткости в 2,0-2,1 раза для каждого.

Не рекомендуется прямое (без разбавления) использование воды из водозабора Бешбулак и ПУДР для технологического процесса ГМЗ-3 (в том числе для процесса «Віох») из-за ухудшения производственных показателей на 10-20% по сравнению с технической водой ГМЗ-3. Разбавление воды из водозабора Бешбулак и ПУДР технической водой ГМЗ-3 позволяет снизить солевой состав воды по сравнению отдель-

**Таблица 1**

**Химический состав различных вод**

Место отбора	pH	SiO <sub>2</sub> , mg/l	Общая минерализация mg/l	Катионы, mg/l						Анионы, mg/l						Жёстк. общ.	
				Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Σ	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	O <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>		Σ
Техническая вода ГМЗ-3	8,46	10,1	1340,0	120,2	41,3	274,8+7,3	<0,05	< 0,2	443,7	0,0	183,1	493,9	283,6	0,23	15,6	976,4	9,4
Техническая вода ГМЗ-1	8,44	н.а.	1300,0	136,3	90,0	1480+6,43	<0,05	0,04	381,1	6,0	341,7	584,5	88,6	0,03	21,5	1042,3	14,2
Оборотная вода ГМЗ-1	10,8	н.а.	2780,0	561,1	0	325+34,3	<0,05	6,69	927,5	42,0	48,8	1618,0	219,8	0,25	82,9	2011,7	28,0
Бешбулак	8,52	17,7	4060,0	280,6	136,2	922,5+120	<0,05	< 0,2	1351,3	6,0	158,7	1317,1	1252,6	0,007	2,5	2736,8	25,2
Техническая вода ГМЗ-3: Бешбулак 2:1	8,5		2265,0	95,7	73,5	232,5	<0,05	< 0,2	752,2	0,0	174,7	773,7	613,1	0,15	11,15	1574,9	10,8
Смесь Бешбулак +технич.1:1	8,38	14,2	2780,0	216,4	92,4	597,4+11,7	<0,05	< 0,2	917,9	0,0	170,9	946,7	779,9	0,15	9,8	1907,4	18,4
Озеро Кызылкумское	8,40	19,4	4140,0	336,7	136,2	877,7+12,7	0,12	< 0,2	1363,4	6,0	146,4	1337,7	1276,2	0,003	1,4	2767,8	28,0
Смесь Кызылкум. +технич.1:1	8,34	11,6	2740,0	256,5	92,4	5439+11,3	<0,05	< 0,2	904,1	0,0	134,2	926,1	803,5	0,17	8,5	1872,6	20,4
Перелив (ёмк. 5000 м <sup>3</sup> , после нейтрализации)	7,15	н.а.	7470,0	661,0	887	291,0	<0,05	67,7	1907,5	-	488	5062	305	0,035	11,6	5867,0	106
Сгуститель Ц-100 (при измельчении руды)	10,2	н.а.	2778,0	321,0	< 1	593,0	<0,05	20,2	933,5	36	37	1454,0	312	0,18	14,2	1853,2	16,0
Сгуститель Ц-28 (после флотации)	7,76	н.а.	2320,0	256,0	44	434,0	<0,05	20,9	755,0	-	134	1193,0	284	0,22	6,8	1618,5	16,4

ного их использования и тем самым улучшить качество воды (табл. 1, 2).

Для всех процессов, кроме процесса «Віох»: измельчение, флотационное обогащение, сгущение хвостов флотации, сорбционное цианирование хвостов флотации рекомендуется использование смеси вод «Бешбулак+техн. ГМЗ-3» или «ПУДР+техн. ГМЗ-3» при соотношении не более 1:1 без предварительного обессоливания. Применение смеси вод из водозаборов Бешбулак и ПУДР с технической водой при соотношении 1:1 увеличит продолжительность процесса бактериального окисления с четырех до шести с половиной суток и приведет соответственно к снижению производительности установки «Віох».

Поэтому смеси вод запрещается использовать в процессе «Віох», рекомендуется в данном процессе использовать только технической воды.

В оборотной воде ГМЗ-3, используемой в период декабря 2009 по февраль 2011 гг. (по данным ГМЗ-3) наблюдается изменение в широком диапазоне показателей качества воды: pH=6,7-12,1; общая минерализация – 2108-5016 mg/l; общая жёсткость - 12,0-53,2 mg/l; сумма содержания Na+K - 805-1083 mg/l; содержание ионов хлора 241-879 mg/l, что соответствует по средним показателям увеличению общей минерализации в 2,6 раза, общей жесткости в 3,5 раза, хлор - иона в 2,0 раза, которые могут влиять на показатели технологических операций, где существует обратное водоснабжение.

Исходя из реальной возможности поставки технической воды на ГМЗ-3 (12275,0 тыс. м<sup>3</sup> в год),

необходимо расходовать для подпитки схемы «Віох» 4284,0 тыс. м<sup>3</sup> в год, недостающее количество воды 4495,0 тыс. м<sup>3</sup> в год смешивать с технической водой в объеме 7991,0 тыс. м<sup>3</sup> в год, что составляет соотношение 1,77:1 технической воды ГМЗ-3 к воде Бешбулак. Доля минерализованной воды в подготовленной смеси составляет порядка 36,0%.

При разбавлении технической воды ГМЗ-3 и Бешбулак при соотношении 1:1 солевой состав увеличится в 2,1 раз по сравнению с технической водой ГМЗ-3, а при соотношении 2:1 увеличение составит в 1,7 раза, что позволит использовать разбавленную воду для осуществления второй очереди технологического процесса ГМЗ-3.

В технической воде ГМЗ-1 по сравнению с технической водой ГМЗ-3 наблюдается повышенное содержание сульфат, нитрат, магний - ионов и жесткости в 1,2; 1,4; 2,2; 1,5 раза соответственно и низкое содержание суммы катионов натрия и калия, хлора в 1,8 и 3,5 раза соответственно. Состав технической воды ГМЗ-1 и ГМЗ-3 идентичен (pH, общая минерализация, содержание суммы катионов и анионов), поэтому техническую воду ГМЗ-1 можно использовать в лабораторных и опытно-промышленных испытаниях для моделирования процессов ГМЗ-3.

Таким образом:

1. Недостающее количество кондиционной воды для реализации второй очереди ГМЗ-3 по данным проекта составляет 5140,0 тыс. м<sup>3</sup>/год, а по факту, согласно из расчета исходных данных, 4500,0 тыс. м<sup>3</sup>/год.

Таблица 2

**Коэффициент соотношения содержания элементов анализируемой воды Сев. РУ к содержанию элементов технической воды ГМЗ-3**

Место отбора	PH	Общая минерализация (сух. остаток)	Катионы						Анионы						Жёсткость
			Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup> +K <sup>+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Σ	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Σ	
ГМЗ-3	1	1	1	1	1	<1	<1	1	1	1	1	1	1	1	1
ГМЗ-1 техническая	0,99	0,97	1,1	2,2	0,57	<1	<1	0,86	1,9	1,2	0,31	0,13	1,37	1,1	1,5
ГМЗ-1 оборотная	1,3	2,1	4,7	0	1,3	<1	<1	2,1	0,26	3,3	0,77	1,1	5,3	2,0	3,0
Бешбулак (подземная)	1	3	2,3	3,3	3,3	<1	<1	3,0	1	2,7	4,4	0,03	0,16	2,8	2,7
Смесь Бешбулак +технич.1:1 ГМЗ-3	1	2,1	1,8	2,2	2,1	<1	<1	2,1	1	2	2,7	0,65	0,6	2	2
Техническая вода ГМЗ-3: Бешбулак-2:1	1	1,7	0,8	1,7	0,8	<1	<1	1,7	0,93	1,6	2,2	0,7	0,7	1,6	1,2
Озеро Кызылкумское 3	1	3,1	2,8	3,3	3,1	<1	<1	3,1	0,79	2,7	4,5	0,01	0,09	2,8	3,0
Смесь Кызылкум. +технич.1:1: ГМЗ-3	1	2	2,1	2,2	2,0	<1	<1	2,1	0,73	2	3	0,74	0,54	2	2,2
Переел. емк. (V=5000, м <sup>3</sup> после нейтрализации)	0,9	5,6	5,5	21,5	0,97	<1	<1	4,3	2,7	10,2	1,1	0,15	0,7	6,0	11,3
Стустигель Ц-100 (при измельчении руды)	1,3	2,0	2,1	3,1	0,4	<1	<1	2,1	0,2	2,2	0,89	0,8	0,9	2,0	2,2
Стустигель Ц-28 (после флотации)	0,9	1,7	2,1	1,1	0,6	<1	<1	1,7	0,7	2,4	1,0	1,0	0,4	1,7	1,7

2. Для реализации второй очереди ГМЗ-3 рекомендуется использование в процессе 2500,0 тыс. м<sup>3</sup>/год обессоленных вод, полученных методом обратного осмоса и 2000,0 тыс. м<sup>3</sup>/год минерализованной воды без предварительного очищения.

3. Увеличение критерийного содержания общего

солевого состава (в 2,0 раза) в оборотной воде приведет к ухудшению показателей технологических операций и в таких случаях рекомендуется разбавление оборотной воды технической водой, подвергать её дополнительной очистке или фрагментально вывести из технологического процесса.

УДК 553.98

© Федянин С.Н. 2011 г.

## КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩАЯ РОЛЬ ГУМУСОВЫХ КИСЛОТ И РАДИАЦИОННО-ТЕРМИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ РАЗРУШЕНИЯ ИХ КООРДИНАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ С РУДНЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

**Федянин С.Н.**, зам. главного геофизика НГМК, канд. техн. наук

Важнейшей роли природного биоорганического вещества (гумусовых кислот) в глобальном перераспределении химических элементов и формировании месторождений различных полезных ископаемых посвящены фундаментальные исследования ряда крупных ученых: А.П. Виноградова, Р.Дж. Гиббса, Д.С. Гэмбла, М.М. Кононовой, П.Н. Линника, Б.И. Набиванца, Д.С. Орлова, М. Шнитцера и многих других. Этими исследованиями установлено, что в процессе гумификации - разложении растительных и животных остатков, протекающем в биосфере Земли, происходит синтез сложных органических соединений. В среднем на каждый квадратный километр поверхности суши ежегодно поступает 33-168 т гу-

мусовых кислот, а в Мировом океане в океанических и морских осадках ежегодно их накапливается до 50 млн. т.

Гумусовые кислоты являются весьма устойчивыми химическими соединениями. Они способны довольно долго сохраняться и накапливаться в естественных условиях. При длительном нагревании (до 200°С за 10 дней) разложению подвергается до 90% исходного количества гумусовых веществ. Данные радиоуглеродного анализа свидетельствуют, что возраст гумусовых кислот в почвах колеблется от 500 до 5000 лет, а во взвесах речных осадков составляет 1500 ÷ 6500 лет. Их доля в органическом веществе почв и поверхностных вод достигает 60-90% [1].

Гумусовые кислоты склонны к диссоциации, т.е. к самопроизвольному разложению с образованием ионов водорода ( $H^+$ ) и комплексных анионов, которые, взаимодействуя с катионами металлов, образуют прочные координационные (комплексные) соединения. Содержание металлов в них многократно превышает их концентрацию в водной среде в случае нахождения в ней в виде свободных ионов. Поэтому знания комплексообразующей роли гумусовых кислот позволяет понять процессы рудообразования, происходящие в природных системах, содержащих органическое вещество.

Гумусовые кислоты подразделяются на две группы, принципиально различающиеся по геохимической роли в мобилизации и аккумуляции металлов. Это фульвокислоты и гуминовые кислоты.

**Фульвокислоты** легко растворимы в нейтральных природных водных растворах и обеспечивают мобилизацию ионов металлов, т.е. способствуют их накоплению в растворах и повышают их миграционную активность. В природных водах концентрация фульвокислот сопоставима с концентрации неорганических макрокомпонентов (ионов калия, натрия, магния, кальция, хлорид-, сульфат-, карбонат-ионов и др.). Растворимость большинства рудных элементов (микрокомпонентов), находящихся в форме фульватных комплексов, на один-три порядка выше растворимости их гидроксидов. Поскольку мобильность элементов определяется их нахождением в природных средах в жидкой и газовой форме, то именно насыщенность природных сред фульвокислотами определяется активность биохимического разложения минеральных комплексов и накопление рудных элементов в поверхностных, грунтовых и пластовых водах.

**Гуминовые кислоты**, в отличие от фульвокислот, растворимы только в сильно щелочных растворах. В природных системах такие условия встречаются крайне редко, поэтому гуминовые кислоты ведут себя как комплексообразующие сорбенты, удерживающие и концентрирующие металлы в почвах, взвесьях вод, донных отложениях, углеродистых породах. Установлено, что в 1 г гуминовых кислот возможна сорбция до 30 мг цезия, 18 мг стронция, 18 мг меди, 60-150 мг свинца, 80 мг хрома, 300 мг ртути, 300-600 мг золота, 85-100 мг палладия [1].

В природных средах металлы, удерживаемые гумусом, вместе с ним вовлекаются в процессы дальнейшей биохимической трансформации (метаморфизма), способной в конечном итоге привести к образованию углеродсодержащих пород так называемой черносланцевой формации, обогащенных рудными металлами. С такими породами, в частности, связаны крупнейшие в мире комплексные месторождения золота, серебра, урана, цветных металлов, платины и палладия.

Следует особо отметить, что процесс рудообразования в черносланцевых породах, связанный с трансформацией органических остатков, выражается в разрушении (биодеструкции), приводящей к их отвердению - последовательному замещению фульвокислот гуминовыми кислотами, а последних - структурированными органоминеральными соединениями. Гуму-

сы сохраняют способность удерживать катионы металлов в виде подвижных комплексов до тех пор, пока в их составе сохраняются кислородсодержащие функциональные группы. По мере уменьшения их числа окислительная обстановка сменяется на восстановительную, а структура органоминеральных комплексов становится более совершенной. При достижении некоторого определенного соотношения в концентрации фульво- и гуминовых кислот миграционная обстановка сменяется на концентрационную.

Таким образом, склонность элементов к миграции или накоплению в конкретных ландшафтных условиях зависит от соотношения и концентрации фульво- и гуминовых кислот в природных средах (толщах осадочных и метаморфизованных пород и содержащихся в них растворах).

Факт прочного удерживания благородных металлов в комплексных соединениях с гумусовыми кислотами особо важно учитывать при выборе методов аналитической химии, применительно к определению их содержания. Так, например, в работе [1] отмечено, что: «В крупномасштабном межлабораторном эксперименте, проведенном в России, различие найденных содержаний благородных металлов в углеродсодержащих породах достигало двух-четырёх порядков».

Данное обстоятельство приводит к двум следующим выводам:

- содержание, в частности, золота в отдельных геологических структурах пород черносланцевой формации может на два-четыре порядка превышать фоновое, но оно не выявляется в случае неправильного выбора способа подготовки геологических проб к анализу и последующего выбора метода анализа;

- золото, химически связанное с углеродистой матрицей, при неправильном выборе технологии извлечения может теряться в хвостах технологического процесса переработки руд.

Последнее объясняется тем, что даже окисленное золото, химически связанное с углеродистой матрицей, при цианировании в раствор не переходит. Для разрушения таких химических связей рекомендуется использовать дополнительную обработку пульпы щелочами или её озонирование. В результате такой подготовки руды извлечение золота, например, на месторождении Карлин (США) повысилось с 50 до 80-90%.

В Центрально-Кызылкумской золоторудной провинции практически все золоторудные месторождения в кристаллических породах фундамента тесно взаимосвязаны с породами черносланцевой формации.

Например, на месторождении Даугызтау явно выражена линейная геологическая структура с рудными содержаниями золота, которая представлена черными, мягкими жирными сланцами, мажущими и легко разрушаемыми при относительно слабом механическом воздействии. Этот факт позволяет предположить, что данная геологическая структура обогащена гумусовым веществом, а находящееся в ней золото требует специальных исследований по следующим направлениям.

Первое. Определение содержаний фульво- и гуминовых кислот в «черных» рудах Даугызтау.

Второе. При выявлении значимых содержаний указанных кислот в этих рудах определение содержания в них золота и сопутствующих ценных компонентов, включая редкоземельные элементы палладиевой группы.

Третье. Выбор эффективного метода подготовки проб к анализу на выявленный комплекс ценных компонентов.

Четвертое. Выбор лабораторных методов анализа корректного определения содержаний выявленного комплекса ценных компонентов.

Пятое. Выбор оптимальной технологической схемы переработки руд Даугызтау с учетом того, что гумусовые кислоты могут сыграть положительную роль для разложения сульфидных руд и извлечения из них золота.

Помимо так называемых «мокрых» способов разрушения химических связей золота с его комплексообразователями (озонирование, щелочная обработка и биоокисление), заслуживают особого внимания и «сухие» способы подготовки руд к анализу и их переработки по технологии сорбционного цианирования, основанные на термической обработке порошковой фракции руды.

В научных публикациях [2], посвященных исследованиям по интенсификации процессов извлечения золота из упорных руд, как одно из перспективных направлений рассматривается, например, разрушение породной матрицы руд воздействием сверхвысоко

частотным (СВЧ) электромагнитным излучением или потоком свободных электронов, в общем случае называемым *радиационными термохимическими воздействиями*.

В Лаборатории обогащения полезных ископаемых и технологической экологии Института горного дела СО РАН (г. Новосибирск) проведены теоретические и экспериментальные исследования по высокоэнергетическому воздействию ускоренных электронов на свойства некоторых сульфидных минералов и руд.

*Обнаружен низкотемпературный эффект фазового перехода железосодержащих сульфидов в магнитные продукты при радиационно-термическом воздействии ускоренными электронами. Так, у пирита ( $FeS_2$ ) он проявляется уже в области  $300^\circ C$ , при обычном обжиге - после  $600^\circ C$ .*

Аналогичный эффект обнаружен и при воздействии СВЧ поля на сульфидные золотосодержащие руды. Так, экспериментами, проведенными в Институте ядерной физики АН РУз., установлено, что при облучении сульфидных руд в СВЧ поле из них начинает активно выделяться сера, увеличивается выход магнитной фракции, появляется элементарное железо, кремнезем становится аморфным.

После разложения сульфидов в СВЧ поле золото, находящееся в ассоциации с железом и серой, «освобождается» и становится доступным для кислотного выщелачивания.

#### Список литературы:

1. Ю.В. Холин. Гумусовые кислоты как главные природные комплексообразующие вещества. Научно-популярный журнал Наука и просвещение «Университеты», 2001, № 4.
- 2 В.Л. Ауслендер, А.П. Воронин, А.И. Корчагин, И.Г. Бочкарев, Р.А. Салимов, А.П. Суржиков, А.М. Притулов. Использование электронного пучка в термохимических процессах // Наука производству, 2003, № 7, с.23-27.

УДК 553.98

© Агеев Д.С., Штеер В.К. 2011 г.

## СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРИМЕНЕНИЯ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ И ИОНООБМЕННЫХ СМОЛ

**Агеев Д.С.**, главный технолог Центрального рудоуправления НГМК, **Штеер В.К.**, главный инженер ГМЗ-2 Центрального рудоуправления НГМК

Прошло почти 100 лет с того момента, когда в 1913 г. были опубликованы первые данные по исследованию механизма адсорбции цианистого комплекса золота. С тех пор предпринималось много попыток внести ясность в этот вопрос, однако значительного успеха до сих пор нет. Вместе с тем, отсутствие данных о механизме сорбции золота не помешало реализации промышленного использования процесса - во всем мире действует около 300 заводов и установок, применяющих ту

или иную цианистую обработку пульпы и растворов для выщелачивания золота - практика в данном случае опередила теорию.

В течение длительной эксплуатации предприятий, использующих угольно-сорбционную технологию для извлечения золота и серебра из цианидных пульп (технология сорбции на смолу появилась сравнительно недавно), был выявлен ряд недостатков, органически присущих активным углям (рис. 1, 2, табл. 1).

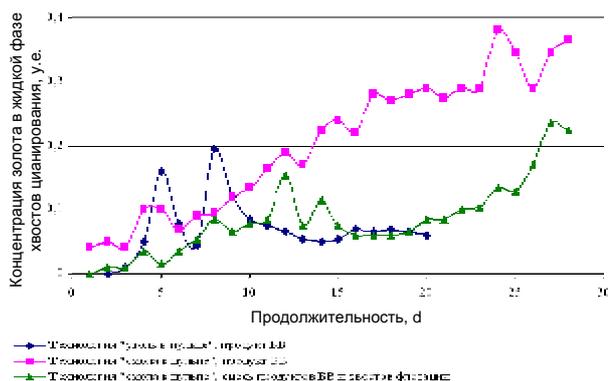


Рис. 1. Изменение концентрации золота в хвостах цианирования в процессе испытаний по различным технологиям

На практике только малая часть общей адсорбционной способности угля по отношению к золоту реализуется в обычном СР - процессе. Хотя в лабораторных условиях доказано, что может быть достигнуто насыщение угля по золоту до 600 kg/t, в условиях реального завода насыщение угля на первой ступени сорбции редко превышает 10 kg/t. Так, при определении технологических параметров переработки руд месторождений Даугызтау и Кокпатас была проведена серия лабораторных и опытно-промышленных исследований, выполненных институтом ИРГИРедмет и институтом Микробиологии АН РУз. При испытаниях технологии СР содержание золота в насыщенном сорбенте составляло 6,1-6,9 у.е./g, дальнейшего насыщения активированного угля не происходило.

Такая разница в насыщении угля складывается из нескольких серьезных причин. Во-первых, ион  $Au(CN)_2^-$  адсорбируется значительно быстро на первом этапе сорбции (во всем мире технология сорбции рассчитана в основном именно на первый этап сорбции), в течение которого работают более крупные макропоры сорбентов. Вместе с тем для полной реализации угля необходим контакт с рас-

твором длительностью в недели или даже в месяцы. Во-вторых, происходит некоторое разрушение угля за счет абразивного воздействия пульпы, что приводит к потерям золота с переизмельченным углем, попадающим в сбросную пульпу. В-третьих, поддержание относительно низкого содержания золота в насыщенном угле связано с омертвлением золота на СР-заводе (неактивное НЗП) - запасы угля на фабрике достигают 100 t и более, и золото, находящееся в нем, не связано с экономической эффективностью работы предприятия.

Ионообменные смолы имеют несколько характеристик, которые отличают их от углей и делают более универсальными для извлечения золота:

1. Смолы превосходят все типы углей по скорости и величине равновесной емкости, за счет чего снижается количество одновременно используемого сорбента в технологии и снижает объемы и количество необходимого оборудования.

2. Регенерация смол проводится при обычном давлении и температуре ниже 60° С.

3. При использовании смол в качестве сорбентов отпадает необходимость в операции термоактивации сорбентов для удаления адсорбированных органических веществ. Стоимость такого оборудования может составлять значительную часть капитальных затрат при строительстве СР-завода, тогда как стоимость операций регенерации смол зависит только от расхода химических реагентов.

4. Увеличение единовременной загрузки активированных углей в процесс неизбежно ведет к повышению его механического разрушения. Таким образом, концентрация золота в растворах при использовании повышенной загрузки смолы может быть значительно ниже без снижения его извлечения.

5. Важным обстоятельством является то, что возможен стандартизированный синтез разнообразных ионообменных смол с заранее заданными свойствами, в том числе с высокой емкостью и селективностью по золоту. Для углей такое единообразие свойств отсутствует.

Недостатки при использовании ионообменных смол связаны, в основном, с будущим проектом предприятия:

1. Гранулы смолы меньше, чем угля, что предопределяет меньшие размеры ячеек сит, используемых при RIP-процессе.

2. Так как смолы легче углей, они имеют свойство накапливаться на поверхности пульпы - возникает необходимость дополнительного перемешивания пульпы. Однако в случае использования пневматического (кислородного) перемешивания данный недостаток компенсируется повышенным извлечением золота на смолу при протекании химической реакции ионообмена в присутствии свободного кислорода.

3. Высокая стоимость ионообменных смол. Несмотря на различия, между технологиями извлечения золота и серебра с помощью сорб-

Таблица 1

Показатели технологического процесса	Марки угля			Смола АМ-2Б и ее аналоги
	АГ-90	ИПИ-Т	NO-RIT-R 3515	
Механическая прочность, %	85,0	88,0	89,2	98,0-99,0
Емкость насыщенной смолы, kg/t	1,4	1,4	1-2	2,5-3,5
Остаточная емкость, kg/t	0,05	0,05	0,05	0,10-0,18
Степень десорбции, %	96	96	96	94-99
Концентрация золота в жидкой фазе хвостов сорбции, у.е./л	0,02	0,04	0,02	0,018-0,030
Содержание золота в твердой фазе хвостов, у.е./т	0,30	0,31	0,30	0,10-0,15
Концентрация золота в товарном регенерате, у.е./л	500	500	500	300-400
Потери сорбента в процессе, у.е./т	180-240	180-240	110-120	10-30

ции на ионообменных смолах и на активных углях много общего.

В обоих случаях процессы осуществляются в непрерывном противоточном режиме в аппаратах с механическим и пневматическим перемешиванием. Многие параметры операций растворения золота и серебра совпадают. Основные различия касаются в основном регенерации сорбентов.

В табл. 1 представлены данные по технологической характеристике наиболее изученных образцов активированных углей (по литературным данным) и ионообменных смол, применяемых на ГМЗ-2.

Сравнение технико-экономических показателей процессов ионообменной сорбции золота на смолах и сорбции золота на активных углях не всегда можно сделать из-за недостатка данных для расчета, которые были бы получены в сопоставимых условиях.

Так, при проведении лабораторных испытаний по цианированию хвостов флотации руд Кокпатасского и Даугызтауского месторождений сорбция золота на уголь показала более высокие технологические результаты.

В процессе испытаний вели накопительный ров и ежесуточный отбор проб сорбента и твердых продуктов выщелачивания. Для испытаний использовали кокосовый активированный уголь марки МС 100 производства Малайзии и смолу АМ-2Б.

Сорбенты были взяты из пульповых процессов, действующих ЗИФ.

Насыщенные в процессе испытаний сорбенты подвергали десорбции, регенерации и возвращали в процесс сорбции. Золото с угля десорбировали в автоклавных условиях (160°C), затем уголь обрабатывали раствором соляной кислоты. Десорбцию и регенерацию ионообменной смолы проводили по методикам, принятым на ЗИФ (последовательная обработка растворами цианистого натрия, серной кислоты, тиомочевины и гидроксида натрия).

При испытаниях технологии СР, которые продолжались 20 d, остаточная концентрация золота в хвостовых растворах находилась на уровне 0,03-0,09 у.е./л. Содержание золота в насыщенном сорбенте, как уже было сказано, составляло 6,1-6,9 у.е./т.

В процессе испытаний технологии РР, которые продолжались 28 d, прослеживалась тенденция к повышению остаточной концентрации золота в жидкой части хвостов (с 0,04 до 0,43 у.е./л). С целью снижения концентрации золота в хвостах передвижку смолы осуществляли большими объемами по сравнению с угольным вариантом, что повысило извлечение золота, однако привело к снижению емкости сорбента по золоту (с 5,9 до 2,7 у.е./т).

На пробах продукта БВ и регенерированных сорбентах методом переменных навесок были

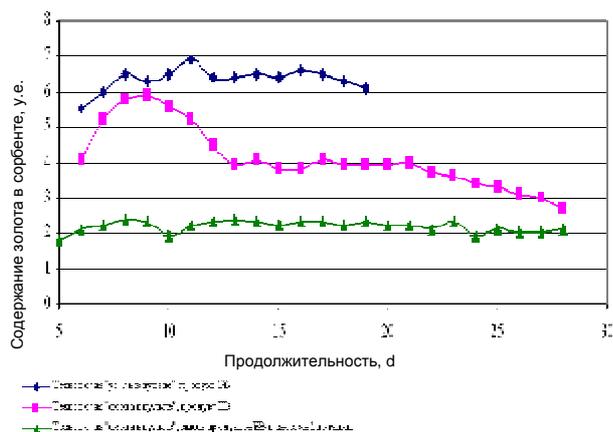


Рис. 2. Изменение содержания золота в насыщенном сорбенте

сняты изотермы сорбции. Экспериментальные точки изотермы исходного и использованного угля располагаются практически на одной кривой, т.е. снижения сорбционной способности угля в процессе испытаний выявлено не было. Изотермы исходной и использованной смолы существенно отличаются.

Это значит, что в процессе сорбционного цианирования продуктов бактериального окисления происходит снижение сорбционных свойств ионообменной смолы.

Очевидно, что со временем происходит отравление смолы в результате ее взаимодействия с продуктами неполного окисления сульфидов, в частности тиоцианатами и продуктами жизнедеятельности бактерий.

При сопоставлении альтернативных вариантов сорбционной технологии СР и РР установлено, что содержание золота в твердых хвостах цианирования находится на одном уровне, а концентрация золота в жидкой фазе хвостов технологии РР в ~5 раз выше.

В то же время извлечение золота по технологии СР как минимум на 1,7% выше, чем по технологии РР.

Существенно (в 2 раза) различается емкость насыщенных сорбентов.

Несмотря на более высокие технологические показатели извлечения, которые были получены по технологии СР, выбор технологии извлечения золота из растворов цианирования должен определяться экономическими показателями на всех стадиях переработки, в том числе в афинажном производстве золота. Учитывая, что процесс регенерации смол в НГМК осуществляется централизованно на ГМЗ-2, наиболее предпочтительным вариантом сорбции золота на ГМЗ-3, в связи с отсутствием необходимости капитальных затрат на строительство отделения элюирования угля и десорбции золота, стала сорбция золота с использованием ионообменной смолы АМ-2Б и ее аналогов, применяемой в настоящее время на всех заводах - заводах-смежниках комбината.

# ТЕХНОЛОГИЯ БАКТЕРИАЛЬНОГО ОКИСЛЕНИЯ СУЛЬФИДНЫХ РУД МЕСТОРОЖДЕНИЙ «КОКПАТАС» И «ДАУГЫЗТАУ»

Крюков М.В., зам. главного инженера по производству ГМЗ-3 НГМК; Рузиев Г.М., зам. главного инженера по новым технологиям ГМЗ-3 НГМК; Казанцева О.И., зам. начальника - технолог ГМЗ-3 НГМК; Хайдаров И.В., технолог - зам. начальника цеха биоокисления ГПМ ГМЗ-3 НГМК

Первичные золотосодержащие руды месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» по своему минералогическому составу и текстурно-структурным характеристикам относятся к категории упорного минерального сырья.

Извлечение благородных металлов, в частности золота, из технологически упорных руд, не поддающихся обработке классическими общепринятыми методами, занимает особое значение в мировой практике, так как запасы легкоперерабатываемых окисленных руд во всем мире стремительно истощаются. Одним из таких методов переработки упорных руд является метод биотехнологии. Биотехнология - это новое альтернативное направление переработки упорных руд и концентратов, в задачи которого входит окисление сульфидных минералов и вскрытие золота под воздействием микроорганизмов с целью его последующего сорбционного выщелачивания классическими методами. Первоначально в проработке находились традиционные технологии окислительного обжига и автоклавного выщелачивания. Однако ввиду экономической и экологической нецелесообразности эти методы уступили место пе-

редовой биотехнологии, основанной на современных решениях с максимальной экономической эффективностью и экологической безопасностью.

Переработка золотосодержащих упорных сульфидных руд на Гидрометаллургическом заводе № 3 производится с применением технологии BIOX®, запатентованной компанией BIOMIN (ЮАР). Принципиальная схема процесса представлена на рис. 1. В технологическом процессе BIOX® используется культура, включающая три вида бактерий: Acidthiobacillus ferrooxidans, Acidthiobacillus thiooxidans и Leptospirillum ferrooxidans.

Подача золотосодержащего сульфидного концентрата в реакторы для биоокисления осуществляется непрерывно. Для поддержания жизнедеятельности биомассы в реакторы подается воздух и питательные вещества (азот, фосфор и калий) в виде 15% раствора солей.

Для эффективного протекания процесса биоокисления немаловажными факторами являются такие параметры как температура и pH среды. Так как реакции окисления являются экзотермическими, требуется постоянный отвод образующегося в процессе реакции тепла. Для этого каждый реактор снабжен регистрами, в которых циркулирует охлаждающая вода. Охлаждающие регистры также выполняют функцию успокоителей - волноломов. Температура в реакторах поддерживается в диапазоне от 40 до 44 °С. Регулирование pH среды в требуемом диапазоне 1,2-1,6 производится путем добавления известняковой пульпы, которая также является поставщиком карбонатов для роста клеток бактерий. Для поддержания твердой фазы пульпы во взвешенном состоянии и равномерного распределения воздуха по всему объему пульпы реакторы оснащены мешалками.

Время пребывания материала в реакторах составляет 4-5 суток. После окисления продукт BIOX® промывается в контуре противоточной декантации от солей железа и мышьяка, перешедших в жидкую фазу пульпы во время биоокисления. Образующийся при этом кислый раствор нейтрализуется в контуре нейтрализации при помощи известняковой пульпы.

Отмытый кек BIOX® подается на участок предварительного защелачивания и коррекции pH и далее направляется в процесс сорбционно-цианирования.

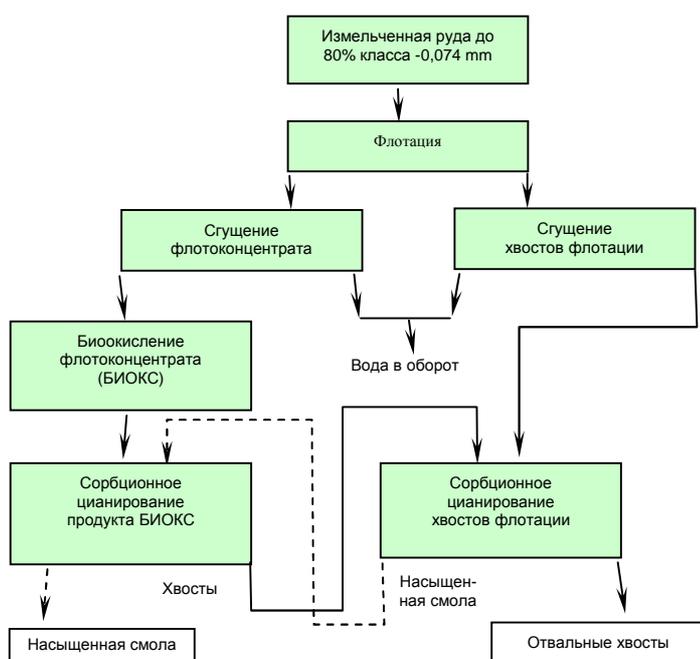


Рис. 1. Принципиальная схема переработки сульфидных руд месторождений «Кокпатас» и «Даугызтау» на ГМЗ-3

В процессе пуско-наладочных работ и последующей эксплуатации установки BIOX® возникло немало сложностей, затрудняющих достижения проектных показателей по производительности и качеству конечного продукта данного передела.

Просчет инжиниринговой компании в выборе мешалок для уравнительных резервуаров узла подачи сырья, баков приготовления питательной смеси, баков нейтрализации (недостаточная мощность двигателя мешалки, очень плохое перемешивание ввиду несоответствия размеров мешалок к емкостям, в которых они установлены). Это приводило к нестабильной подаче сульфидной серы в процесс BIOX®, плохому растворению компонентов питательной смеси, повышенному содержанию железа и мышьяка в оборотной воде. К решению каждой из этих проблем был осуществлен индивидуальный подход: до установки более мощного двигателя был произведен демонтаж верхнего яруса мешалок уравнительных резервуаров. У мешалок баков приготовления питательной смеси были уменьшены размеры лопаток и изменен угол их наклона. В баках нейтрализации произведен монтаж дополнительных воздушных трубопроводов и установлены более мощные двигатели мешалок, что позволило нормализовать перемешивание и аэрацию. Позже все мешалки на уравнительных резервуарах, баках приготовления питательной смеси и баках нейтрализации были заменены на новые, имеющие более совершенную конструкцию и приводы.

Следует отметить, что одна из главных проблем технологического характера связана с изменением минералогического состава исходных сульфидных руд. Это сопряжено с естественными разработками месторождений и переходом добычи руды с более глубоких горизонтов. В результате этого наблюдается стабильное увеличение содержания сульфидной серы в исходной руде. За вышеуказанный период содержание сульфидной серы в исходной руде увеличилось на 25%. Это привело к изменению соотношения Au:Ss в получаемых флотоконцентратах. Согласно критериям проектирования, производительность установки BIOX® регламентируется строго определенным количеством сульфидной серы, подаваемой в процесс. Соответственно, при окислении золотосодержащих сульфидов, ограничение ввода в процесс серы влечет ограничение по вводу в процесс металла. Увеличение подачи серы сульфидной в процесс BIOX® приводило к чрезмерному перегреву реакторов, что, в свою очередь снижало активность биомассы и степень окисления серы.

Проблема была решена изменением проектной

схемы путем увеличения количества первичных реакторов в каждом модуле.

Таким образом, проектная схема работы реакторов в модулях «три первичных + три вторичных» была изменена на схему «четыре первичных + два вторичных». Это позволило увеличить производи-

тельность установки по сере сульфидной за счет сохранения нагрузки по сере на первичные реактора. Дальнейшие работы по интенсификации процесса биоокисления были направлены на увеличение степени окисления сульфидов. Динамика изменения степени окисления сульфидной серы и подачи ее на каждый из четырех модулей BIOX в период 2010-2011 гг. показана на рис. 2.

Проектная разводка трубопроводов линии подачи известняковой пульпы для корректировки pH среды в реакторах BIOX® не позволяла равномерно подавать известняковую пульпу, так как она часто запесковывалась. Силами специалистов завода была разработана и внедрена новая схема подачи известняковой пульпы, которая, благодаря эффективной работе, впоследствии вошла в проект второй очереди BIOX®.

На протяжении всего периода работы наблюдалось обильное пенообразование на поверхности пульпы реакторов, которое приводило к технологическим потерям золотосодержащего продукта. Для снижения пенообразования была разработана и смонтирована система пеноподавления. В настоящий момент ведутся работы по разработке и внедрению системы отвода и сбора образующейся пены. Ведутся лабораторные исследования, направленные на изучение оптимальных способов дальнейшей переработки пенного продукта.

На участке противоточной декантации (ПТД) и сгущения нейтрализованных стоков в контуре оборотной воды (КОВ) была усовершенствована система подачи флокулянтов в сгустители.

Работы, проведенные по определению оптимальных точек подачи флокулянтов, позволили разработать и внедрить систему дробной подачи, благодаря чему удалось оптимизировать и улучшить работу данных переделов.

С целью снижения потерь золота с кислыми стоками противоточной декантации проведены лабораторные исследования по изучению влияния уровня pH пульпы после биоокисления на скорость её осаждения.

Установлено, что при снижении уровня pH пульпы в питании сгустителя ПТД № 1 до 1,30-1,45, процесс сгущения улучшается. На основании полученных результатов была разработана и внедрена

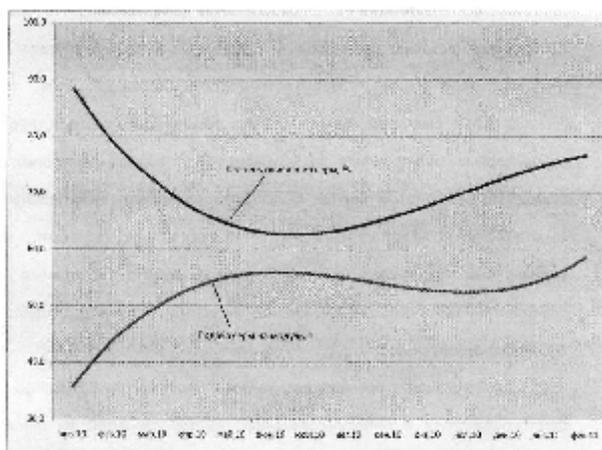


Рис.2. Динамика изменения степени окисления сульфидной серы и ее подачи в модули BIOX

технологическая схема дозирования серной кислоты в процесс противоточной декантации. Это позволило улучшить процесс осаждения в сгустителе ПТД №1 и снизить потери золота с верхним сливом.

С целью снижения потерь золота с отвальными хвостами проведены лабораторные исследования по цианированию продукта нейтрализованных стоков. По результатам опытов было установлено, что значительная часть золота (более 80%) находится в свободном виде и легко извлекается прямым сорбционным цианированием.

Это способствовало внедрению схемы переработки нейтрализованных стоков путем их подачи в

существующий технологический процесс.

Для сокращения времени внеплановых простоев трубопроводы подачи флотоконцентрата в реакторы заменены на трубопроводы из полимерных материалов, являющихся более износостойкими и долговечными.

В настоящее время технологические исследования по совершенствованию технологии биоокисления и последующих процессов продолжаются. Проводится постоянный мониторинг и анализ технологических параметров, что несомненно в дальнейшем позволит повысить производительность процесса, а также его экономическую эффективность.

УДК 658.512

© Санакулов К.С., Мадаминов Ш.А. 2011 г.

## КОНЦЕПЦИЯ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ НГМК

**Санакулов К.С.**, генеральный директор НГМК, докт. техн. наук; **Мадаминов Ш.А.**, начальник ПТИО НГМК

В современных условиях место и роль страны в мировой экономике в значительной мере определяются уровнем ее научно-технического развития, обеспеченностью высококвалифицированными кадрами, способностью разрабатывать и использовать в своей экономике передовые достижения науки и техники, надежным научным обеспечением своего экономического и социального развития.

В Узбекистане проведена значительная по масштабам работа, направленная на повышение эффективности научно-исследовательской деятельности, усиление роли науки в социальном и экономическом развитии, демократическом обновлении страны. Правительство Узбекистана уделяет большое внимание ускорению инновационной деятельности в качестве главного двигателя устойчивого развития страны. Поэтапно создаются новые институты и системы взаимоотношений и поощрений инноваций, формируется инновационная инфраструктура. На уровне закона обеспечивается охрана и защита прав на интеллектуальную собственность. Внедряются как финансовые (такие как гранты, налоговые льготы, венчурное финансирование), так и нефинансовые инструменты стимулирования инноваций (такие как центры по трансферу технологий, ежегодная Ярмарка инноваций и т.д.).

В целях формирования приоритетных направлений развития науки и технологий, обеспечения координации деятельности научно-исследовательских институтов и учреждений, проектно-конструкторских организаций, высших образовательных учреждений, министерств и ведомств,

Академии наук по реализации приоритетных направлений в августе 2006 г. образован Комитет по координации развития науки и технологий (ККРНТ) при Кабинете Министров Республики Узбекистан, в состав которого вошли руководители министерств, крупных предприятий и ведущие ученые страны. В соответствии с возложенными задачами ККРНТ на основе предложений руководителей регионов, министерств, ведомств, отраслей экономики и Академии наук выработал приоритетные направления развития науки и технологий, базирующихся на современных общенациональных целях и приоритетах с учетом мировых тенденций и опыта историко-культурных и научных традиций Узбекистана. Разработаны нормативно-правовые документы, регламентирующие порядок формирования, реализации, финансирования, организации и проведения мониторинга выполнения научно-технических программ. Сформирована принципиально новая система государственной поддержки развития науки, которая призвана обеспечить концентрацию сил и средств, и позволяет направлять их на решение наиболее актуальных для нашего общества задач.

Важным принципом организации научно-технической деятельности ККРНТ является создание условий для самостоятельного формирования научно-технических программ министерствами и ведомствами, ответственными за развитие соответствующих отраслей экономики на основе широкого профессионального обсуждения, глубокой и всесторонней открытой экспертизы проектов учеными и специалистами. Кроме того, на основании пред-

ложений хокимиятов областей, министерств, ведомств и хозяйствующих субъектов ККРНТ формирует межотраслевые программы инновационных работ в соответствии с приоритетами научно-технического развития.

Одним из эффективных элементов механизма реализации инновационных проектов является принцип долевого финансирования, позволяющий осуществлять эти разработки путем гибкого сочетания использования бюджетных средств и средств отраслей и регионов, предприятий и организаций, заинтересованных в результатах разработок для решения выдвигаемых ими проблем. Это является своеобразным гарантом того, что данная разработка будет ими востребована, внедрена в производство.

Действенным механизмом стимулирования и внедрения, а также коммерциализации результатов прикладных исследований, обеспечения более тесной связи науки и производства стала Республиканская ярмарка инновационных идей, технологий и проектов, проводимая с 2008 г. Постановлением Президента республики утверждены состав Координационной рабочей группы по проведению ярмарки, возглавляемой Премьер-министром Республики Узбекистан и комплекс мероприятий по развитию инновационных продуктов и технологий на среднесрочную перспективу.

В соответствии с комплексом мероприятий в хозяйствующих субъектах созданы подразделения, отвечающие за инновационное развитие отрасли, и фонды модернизации и новых технологий. В целях сближения процесса трансфера технологий к реальной экономике Агентство по трансферу технологий передано в подчинение Министерства экономики, образованы региональные центры по трансферу технологий.

Правительством приняты среднесрочные инвестиционные программы, по которым в республике реализуется широкомасштабная модернизация, техническое и технологическое перевооружение производств, укрепляется материально-техническая база научных, научно-исследовательских учреждений и организаций. Постановлением Президента Республики Узбекистан от 24 мая 2011 г. на базе Государственного патентного ведомства Республики Узбекистан и Узбекского республиканского агентства по авторским правам образовано Агент-

ство по интеллектуальной собственности Республики Узбекистан, также при нем создаются два подразделения: Государственное унитарное предприятие «Интеллект эксперт» и Учебный центр по переподготовке и повышению квалификации кадров в сфере интеллектуальной собственности.

Ведутся поэтапные преобразования по укреплению Национальной инновационной системы (НИС)

Узбекистана, целью которой является повышение конкурентоспособности отраслей базовой промышленности страны при одновременном развитии новых производств в сфере высоких технологий. Развиваются важные элементы НИС, налаживаются необходимые институциональные связи между имеющимися элементами. НИС направлена на обеспечение поддержки инновационного и делового развития на всех его стадиях, начиная с научных исследований и разработок до производства и налаживания связей с мировыми рынками.

рынками.

Во исполнение Постановления Президента Республики Узбекистан от 15 июля 2008 г. № ПП-916 «О дополнительных мерах по стимулированию внедрения инновационных проектов и технологий в производство» приказами по НГМК созданы Центр инновационных технологий, и фонд модернизации и новых технологий комбината, образованы инновационные службы во всех его подразделениях, разработаны необходимые нормативные документы, регулирующие инновационную деятельность. Инновационная модель развития НГМК предусматривает налаживание тесного взаимодействия служб комбината и научных учреждений, планирование научных исследований в соответствии с приоритетами научно-технических потребностей комбината, активное внедрение научных результатов в производственную практику, а также целенаправленную подготовку специалистов, способных обеспечить внедрение научных достижений (рис. 1-5, табл. 1).

В инновационном процессе обеспечивается эффективное взаимодействие как структурных подразделений НГМК – исполнителей и потребителей инновационного процесса, так и НГМК как элемента инновационного процесса в республике с государством, банками, научными организациями и институтами (рис. 1).

С учетом наличия в НГМК кадрового состава высококвалифицированных специалистов организо-



Рис. 1. Инновационная сфера деятельности НГМК и окружающей среды в увязке с инновационными процессами

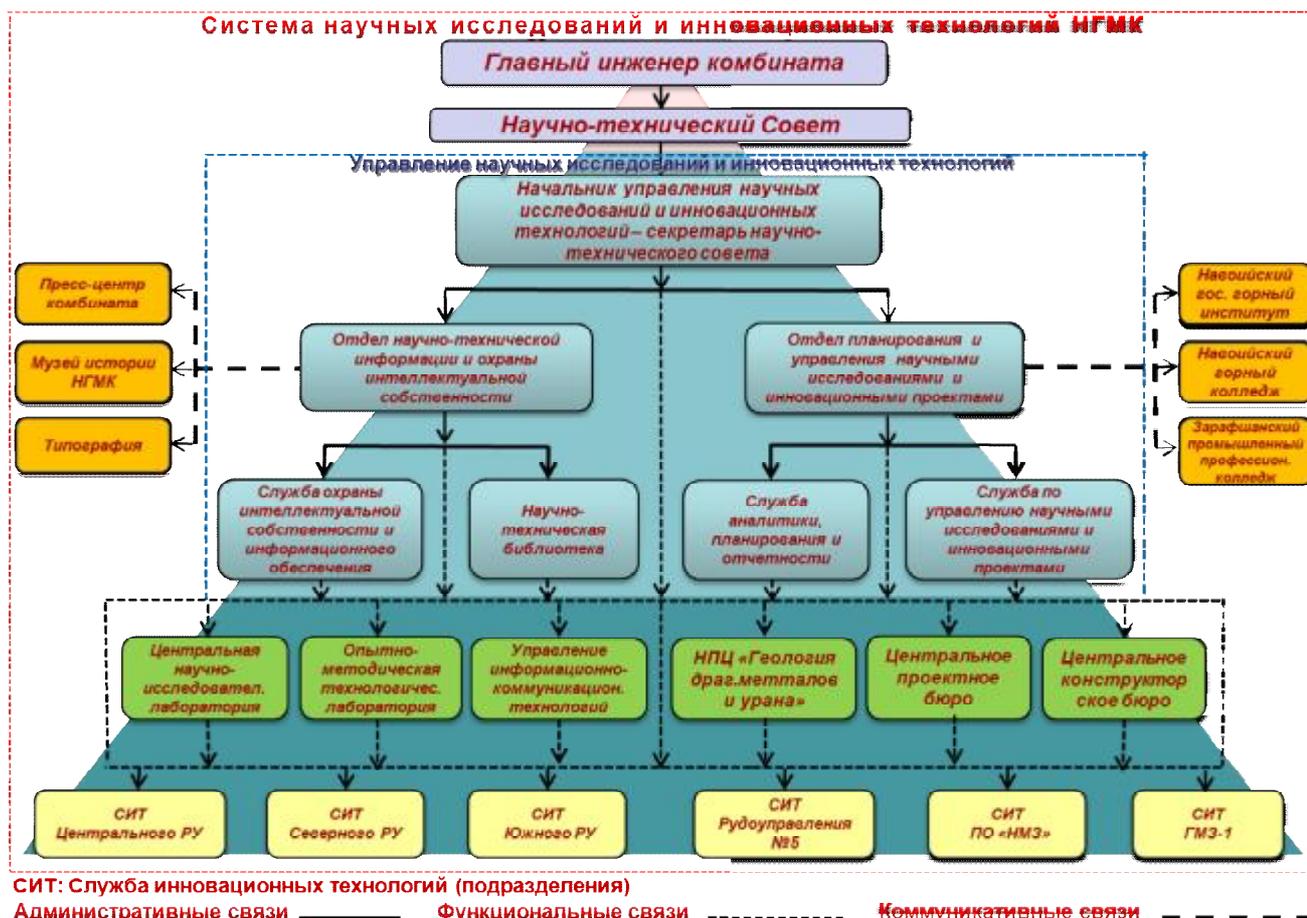


Рис. 2. Организационная структура системы научных исследований и инновационных технологий НГМК

вана система управления производственными процессами с максимально эффективным использованием потенциала ИТР комбината. С целью обеспечения инновационного развития формируется и совершенствуется Система научных исследований и инновационных технологий НГМК (далее – Система НИИТ), которая своим составом и соподчиненностью взаимосвязанных звеньев призвана решать комплекс задач (функций) по стимулированию развития и внедрения в процессы модернизации, технического и технологического обновления производства научно-прикладных исследований, опытно-конструкторских и инновационных разработок. Основными задачами Системы НИИТ являются:

- изучение международных и отечественных разработок современного оборудования и технологий с формированием на этой основе ежегодных и

перспективных программ внедрения новых технологий в производство;

- формирование портфеля заказов на отечественные и зарубежные прикладные научные исследования и инновационные разработки, а также их размещение;

- взаимодействие всех уровней Системы НИИТ для внедрения результатов прикладных научных исследований и инновационных разработок в производство.

Система НИИТ представляет собой трехступенчатое управление научными исследованиями и инновационными технологиями в НГМК (рис. 2).

Высшим органом управления является НТС, возглавляемый главным инженером комбината и состоящий из шести секций - горно-геологической, технологической, энерго-механической, строительной, автоматизированных систем управления, аналитических

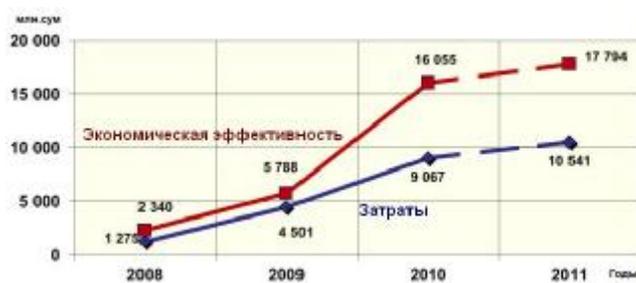


Рис. 3. Динамика изменения объемов реализации научно-исследовательских, опытно-конструкторских работ и инновационные проектов в НГМК



Рис. 4. Схема организации инновационной деятельности в НГМК

методов исследований. В состав НТС входят руководители отделов управления комбината, их заместители, главные специалисты управления и подразделений комбината. Задачами НТС являются определение технической политики комбината и приоритетов научно-технических потребностей в соответствии с задачами развития производства, утверждение и мониторинг реализации планов научных исследований и инновационных проектов, повышение эффективности производства и качества продукции за счет реализации программ модернизации, технического и технологического перевооружения, рассмотрение и утверждение отчетности по функционированию Системы НИИТ. НТС также является высшим органом управления Фонда модернизации и новых технологий НГМК.

Управление научных исследований и инновационных технологий (УНИИТ) НГМК на среднем уровне осуществляет методическое руководство и координацию работ служб инновационных технологий (СИТ) подразделений комбината (рудоуправления: Центральное, Северное, Южное, № 5; Навоийский машиностроительный завод; Гидрометаллургический завод № 1), а также научно-исследовательских, проектных и специализированных подразделений (Центральная научно-исследовательская лаборатория, Опытно-методическая технологическая лаборатория, Управление информационно-коммуникационных технологий, Научно-производственный центр «Геология драгоценных металлов и урана», Центральное проектное бюро, Центральное конструкторское бюро). УНИИТ состоит из 2 отделов: Отдела научно-технической информации и охраны интеллектуальной собственности, и Отдела планирования и управления научными исследованиями и инновационными проектами. Основными задачами УНИИТ являются создание действенных механизмов по стимулированию развития и внедре-

ния в производство научных исследований и инноваций, формирование планов научных исследований и инновационных проектов и мониторинг их выполнения, оказание методической помощи службам и подразделениям комбината, разработка нормативной документации в сфере

своей деятельности, взаимодействие с учебными и научно-исследовательскими организациями, управление процессом изобретательской, патентно-лицензионной и рационализаторской работы, обработка и оформление материалов, предназначенных для публикации, комплектование фонда технической библиотеки и информационно-техническое обслуживание, обеспечение обретения комбинатом и защита имущественных прав на объекты промышленной собственности, подготовка материалов и участие комбината в Республиканской ярмарке инновационных идей, технологий и проектов, формирование отчетности по функционированию Системы НИИТ.

На нижнем - исполнительском уровне - научно-исследовательские, проектные и специализированные подразделения непосредственно реализуют научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы и осуществляют разработку научно-технической, технологической и конструкторской документации (методик, чертежей конструкций и др.), направленных на обеспечение эффективности внедряемых инноваций, разрабатывают и внедряют информационно-коммуникационные технологии и средства автоматизации, проводят геологоразведочные работы. Службы инновационных технологий подразделений формируют планы и организуют выполнение научно-исследовательских, опытно-конструкторских и инновационных проектов с внедрением их в производство, а также отвечают за развитие изобретательской и рационализаторской деятельности.



Рис. 5. Деятельность инновационных рабочих групп в НГМК

Достижение основных производственных показателей возможно лишь при условии инновационного развития НГМК на основе последних достижений науки, создания и внедрения новых эффективных технологий и процессов в производственную практику. Непрерывный поступательный инновационный процесс требует формирования и адекватного обеспечения целевых программ по приоритетным направлениям развития НГМК.

В комбинате ежегодно утверждаются планы научно-исследовательских работ (НИР) и инновационных проектов, сформированные в соответствии с приоритетами научно-технических потребностей НГМК, определяемыми научно-техническим советом (НТС) с учетом оптимального использования финансовых и материальных ресурсов, и научно-технического потенциала. Реализация проектов также рассматривается на заседаниях НТС. Объемы выполнения НИР и инновационных проектов в НГМК за 2008-2010 гг. выросли в 7 раз (рис. 3). Так, по итогам 2010 г. реализовано работ на сумму 9,07 млрд. сумов с экономическим эффектом 16,06 млрд. сума. В соответствии с разрабатываемой концепцией развития комбината на период до 2020 г. предусматривается увеличение объема производства товарной продукции на 35% по сравнению с результатами 2010 г., что в условиях ухудшения качества добываемого минерального сырья требует значительной интенсификации инновационной деятельности в комбинате, проведения большого объема НИР, разработки и внедрения новейших технологий, проведения технической и технологической модернизации производства. Инновационная деятельность в НГМК направлена на постепенное, поэтапное усовершенствование технологий, процессов, оборудования, продукции, сбыта, организации труда и управления и осуществляется на основе постоянного анализа состояния производства, выявления направлений по его усовершенствованию, генерирования идей, реализации научных исследований, проектирования разработки, создания прототипа, патентования разработки, внедрения изделия и технологий, освоения промышленного производства, реализации продукции и распространения изделий и технологий (рис. 4). В процессе инновационной деятельности в подразделениях комбината формируются инновационные рабочие группы из числа специалистов в соответствующей области, которые проводят оценку собственного технологического уровня, выделение прощых направлений, реализацию мероприятий по повышению производительности оборудования и эффективности технологических процессов, разработку и внедрение инновационных проектов (рис. 5). Внедрение инноваций тесно связано с процессом получения и использования знаний, генерирования идей,

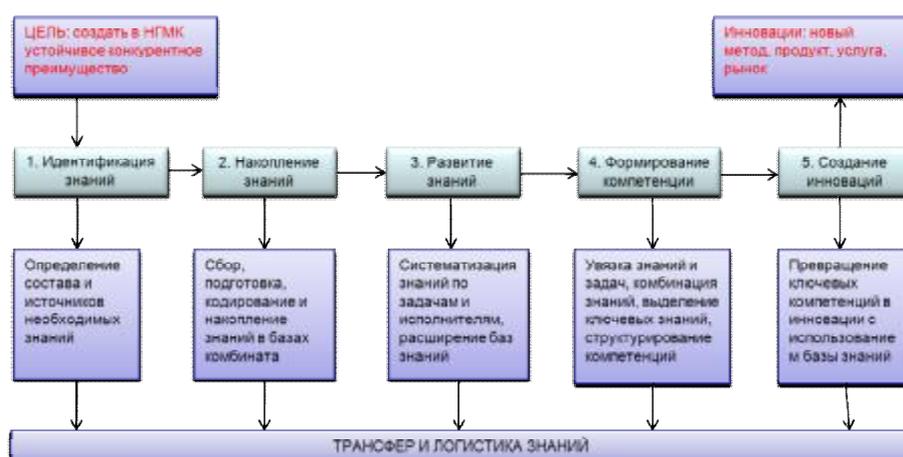


Рис. 6. Схема процесса создания и использования «Базы знаний НГМК»

являющимися стартовым импульсом инновационного процесса. В схеме управления знаниями важно превратить знания отдельного работника в знания всего НГМК. Одним из центров по хранению знаний является научно-техническая библиотека комбината, справочно-информационный фонд, который превышает 220 тысяч единиц и включает более 2 тысяч отчетов по проведенным в НГМК научно-исследовательским работам. Стратегия формирования знаний предусматривает углубление накопленных и генерирование принципиально новых знаний (проведение НИР, создание инновационных технических решений, их внедрение и непрерывное усовершенствование). Новое знание может быть получено только тогда, когда имеется основа в виде предыдущего. Для накопления знаний совершенствуется система получения, хранения и надежного использования информации. С этой целью обеспечена классификация знаний, инвентаризация, хранение и избирательный порядок доступа к ним. С учетом опыта ведущих компаний на информационном портале НГМК формируется «электронная база знаний НГМК» (рис. 6), а также отдельные ресурсы, содержащие потребности в новых разработках производств комбината. В целях проведения научных исследований по актуальным тематикам производственной деятельности НГМК службой по управлению научными исследованиями и инновационными проектами УНИИТ налажены тесные связи с научными, научно-исследовательскими и учебными организациями, в том числе с отечественными: ГУП «O'zGEORANGMETLITI», Институт ядерной физики АН РУз, Институт микробиологии АН РУз, Институт геологии и геофизики АН РУз, Институт минеральных ресурсов Госкомгеологии РУз, Институт Сейсмологии АН РУз, Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз, Институт общей и неорганической химии АН РУз, Институт удобрений АН РУз, Ташкентский государственный технический университет, Ташкентский автодорожный институт, Навоийский государственный горный институт, Межотраслевой центр стратегических инноваций и информатизаций, а также зарубежными: ОАО «ВНИПИ протехнология», ООО «Промтехпрогресс» ООО НПП

Таблица 1

Ожидаемые результаты реализации концепции инновационного развития НГМК до 2020 г. по основным направлениям деятельности

Направления деятельности	Ожидаемые результаты инновационной деятельности
Геологоразведка	Опережающее развитие минерально-сырьевой ресурсной базы, обеспечивающей увеличение прироста промышленных запасов и добычи полезных ископаемых. Плановое и экономически эффективное обеспечение производств разведанными запасами полезных ископаемых. Паспортизация руд. Внедрение передовых методов организации, технического и методического оснащения поисковых и геологоразведочных работ. Внедрение ресурсо- и энергосберегающих, а также ресурсовосстанавливающих технологий, использование альтернативных источников энергии.
Открытые и подземные горные работы	Внедрение современных способов полной, комплексной и экономически рациональной выемки полезных ископаемых с учётом охраны окружающей среды и безопасности ведения работ. Внедрение технологии селективной добычи и складирования руд по технологическим сортам. Рационализация и повышение эффективности технологии добычи руд, рудоподготовки и обогащение руд. Модернизация горной техники и оборудования. Внедрение ресурсо- и энергосберегающих, а также ресурсовосстанавливающих технологий, использование альтернативных источников энергии.
Переработка минерального сырья	Повышение объемов и глубины переработки минерального сырья в условиях ухудшения его качества с внедрением новейших гидро-, гидробио- и пирометаллургических технологий, и воздействия электромагнитного излучения высокой частоты. Внедрение современных методов и аппаратов, позволяющих получить высоколиквидную продукцию, решение задачи повышения извлекаемой ценности с применением рационального комплекса технологических решений, в составе которого как универсальные методы так и решения, уникальные для конкретного минерально-сырьевого объекта. Вовлечение в промышленное использование техногенных минеральных образований, внедрение в производство технологии переработки хвостовых отложений хвостохранилищ с извлечением ценных компонентов. Доизвлечение урана из отработанных блоков подземного выщелачивания с использованием бактериальных растворов. Внедрение ресурсо- и энергосберегающих, а также ресурсовосстанавливающих технологий, использование альтернативных источников энергии.
Машиностроение	Наиболее полное обеспечение производств комбината и других предприятий республики необходимым оборудованием и запасными частями. Локализация производства готовой продукции, комплектующих изделий и материалов на основе промышленной кооперации. Постоянное совершенствование номенклатуры, свойств и качества выпускаемой продукции с использованием последних достижений науки и техники (нанотехнологии, нано-материалы, повышение износо- и коррозионностойкости). Увеличение экспортного потенциала.
Автоматизация управления ресурсами и технологическими процессами	Внедрение комплексной системы автоматизации управления ресурсами и технологическими процессами, включающей средства: административно - хозяйственного управления предприятием с целью решения стратегических задач, обеспечивающих управление ресурсами в масштабе комбината в целом, включая часть функций поддержки производства (долгосрочное планирование и стратегическое управление в годовом, квартальном, месячном масштабе); оперативного управления процессом производства, обеспечивающее эффективное использование ресурсов (сырье, энергоносители, производственные средства, персонал) и оптимальное исполнение плановых заданий (сменное, суточное, недельное, месячное) на уровне цеха, участка, рабочего места; управления различными технологическими процессами; автоматизации процессов конструирования, разработки чертежей, инженерных расчетов, моделирования и проектирования технологических процессов (САПР); автоматизации процессов конструирования, разработки чертежей, инженерных расчетов, моделирования и проектирования технологических процессов (САПР); внедрение средств оптимизации работы и автоматизации контроля расхода ресурсов.
Охрана окружающей среды и улучшение условий труда	Модернизация очистных сооружений. Применение на всех этапах производства технологий способствующих повышению безопасности труда и охране окружающей среды, бережному использованию водно-энергетических ресурсов. Обеспечение безопасного захоронения, переработки и утилизации отходов производства.
Модернизация транспортных средств	Применение альтернативных видов транспорта. Модернизация и внедрение современных транспортных средств с увеличенной удельной производительностью. Повышение технической готовности горнотранспортного оборудования, улучшение параметров рабочей зоны карьеров, обеспечивающее сокращение парка горно-транспортной техники. Улучшение логистики технологических процессов при снижении себестоимости, и росте производительности и энергоэффективности. Перевод транспорта на потребление более дешевых и доступных видов энергоносителей (газ, электрическая тяга). Внедрение ресурсо- и энергосберегающих, а также ресурсовосстанавливающих технологий.
Совершенствование средств и методов лабораторных исследований	Внедрение современных средств и методов лабораторных исследований с целью обеспечения повышения оперативности и достоверности исследований, контроля необходимых параметров технологических процессов и оборудования, а также средств неразрушающего контроля.

«Геотехнология», (г. Москва), СП ЗАО «ИВС» (Санкт-Петербург), ОАО «Иргиредмет» (г. Иркутск) и т.д. Также данная служба координирует реализацию инновационных проектов, осуществляемых подразделениями комбината.

Без поддержки новатора и рационализаторства инновационная деятельность невозможна. С этой

целью непрерывно совершенствуются нормативные документы, регулирующие данную деятельность, формируется система их поощрений, а также принимаются меры по устранению многочисленных личностных и организационных барьеров.

Охрана интеллектуальной собственности является ключевым моментом деятельности НГМК.

Патентная система охватывает все стадии разработки новых технологий, процессов, оборудования, продукта, идущие вслед за научными исследованиями, включая маркетинг и сбыт. Поэтому ее охрана входит в число стратегических целей НГМК. В целях сохранения интеллектуальной собственности в НГМК в структуре УНИИТ создана служба по охране интеллектуальной собственности и информационного обеспечения.

Основной задачей службы является оказание консультаций специалистам НГМК по вопросам промышленной собственности и авторского права, помощь в выявлении изобретений и полезных моделей, осуществление патентно-информационного поиска, оформление материалов в соответствии с действующими нормативными документами и подача заявок в Агентство по интеллектуальной собственности республики, ведение делопроизводства в этой области. Кроме того, данная служба координирует работу по публикации в прессе материалов, и обеспечивает проведение и участие специалистов НГМК в различных конференциях.

Для финансирования реализации инновационных проектов используются средства созданного Фонда модернизации и новых технологий НГМК. Кроме того, НГМК представляет ККРНТ актуальные тематики научно-технических проблем для формирования межотраслевой программы инновационных научно-технических работ, софинансируемых за счет средств государственного бюджета. Службой аналитики, планирования и отчетности УНИИТ проводится работа по анализу состояния инновационной деятельности в НГМК, разработке мероприятий по развитию инновационных технологий, составлению краткосрочных и

долгосрочных планов НИР и инновационных проектов, экономической оценке проектов, а также подготовке различных видов отчетности по функционированию Системы НИИТ как для руководства НГМК, так и для различных министерств, ведомств, и Кабинета Министров республики.

В процессе инновационной деятельности НГМК решаются задачи по развитию научно-технического потенциала, обеспечению комплексного освоения недр, увеличению сырьевого потенциала страны и решению задачи повышения эффективности использования недр с применением высокопроизводительных, ресурсо- и природосберегающих технологий.

Основной целью научно-технической стратегии НГМК является завоевание лидирующей позиции по применению высокотехнологичных разработок в области разведки, добычи, переработки золотосодержащих и урановых руд, а также производства редких металлов.

Стратегия инновационного развития НГМК предусматривает повышение экономической эффективности производства, стоимости и инвестиционной привлекательности комбината при обеспечении устойчивого социально-экономического развития и необходимого уровня промышленной и экологической безопасности. Ожидаемые результаты реализации концепции инновационного развития НГМК до 2020 г. по основным направлениям деятельности приведены в табл. 1.

Таким образом, реализация всех направлений Концепции обеспечит к 2020 г. повышение и укрепление позиции и роли НГМК не только в экономике Узбекистана, но также и в рейтинге крупнейших горно-металлургических компаний мира.

УДК 658.512

© Мадаминов Ш.А., Валиев М.В., Нормуротов Р.И. 2011 г.

## ОПЫТ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ В НГМК

**Мадаминов Ш.А.**, начальник ПТИО НГМК; **Валиев М.В.**, начальник ЦИТ НГМК, канд. техн. наук; **Нормуротов Р.И.**, инженер-технолог ЦИТ НГМК, канд. техн. наук

С выходом Постановления Президента Республики Узбекистан от 15 июля 2008 г. «О дополнительных мерах по стимулированию внедрения инновационных проектов и технологий в производство» инновационная деятельность в республике получила мощный импульс. Формируется национальная инновационная система Узбекистана, целью которой является повышение конкурентоспособности отраслей базовой промышленности страны при одновременном развитии новых производств в сфере высоких технологий. Система направлена на обеспечение поддержки инновационного и делового развития на всех его стадиях, начиная с инкуба-

ции научных идей, выполнения научных исследований и разработок до стадии производства и налаживания интеграционных связей на мировом уровне.

В 2009 г. в структуре НГМК организован Центр инновационных технологий (ЦИТ) и сформированы службы инновационных технологий во всех подразделениях комбината. В соответствии с Положением ЦИТ осуществляет методическое руководство службами инновационных технологий и координирует усилия технических служб подразделений комбината в направлении внедрения инновационных разработок.

Производственно-технический и инновационный отдел (ПТИО) совместно с ЦИТ проводят мониторинг состояния инновационной деятельности с выездом во все подразделения комбината, результаты которого анализируются совместно с руководством комбината для принятия необходимых решений. Целью мониторинга является оказание методической помощи службам инновационных технологий, ознакомление и оценка результатов выполнения научно-исследовательских работ (НИР), инновационных проектов, рационализаторской и изобретательской деятельности в подразделениях комбината и изучение хода исполнения мероприятий по повышению эффективности инновационной деятельности в НГМК, принятых протокольными решениями научно-технического совета (НТС).

Результаты мониторинга по итогам деятельности за 2010 г. показали, что по комбинату по 40 договорам на НИР выполнено работ на сумму 1470,4 млн. сумов. Экономический эффект от внедрения НИР за 2010 г. составил – 3 046,3 млн. сумов (рис. 1). За 2010 г. по 41 инновационному проекту выполнено работ на сумму 7 510 млн. сумов с экономическим эффектом - 16 055 млн. сумов. Принято рацпредложений в 2010 г. - 106 (в 2009 г. - 79), из которых внедрены 94 (в 2009 г. - 42) с годовым экономическим эффектом - 848,7 млн. сумов (в 2009 г. - 152,4 млн. сумов) и выплатой вознаграждений - 41,8 млн. сумов (в 2009 г. - 9,4 млн. сумов). Средняя сумма вознаграждений на одно внедренное рацпредложение составила 444,7 тыс. сумов.

Выявленные в ходе мониторинга недостатки рассматриваются и обсуждаются на НТС с принятием мер по их устранению и дальнейшему повышению эффективности НИР, инновационной деятельности и рационализаторства в подразделениях НГМК. Уместно отметить положительный опыт и результаты по организации и управлению инновационной деятельностью в Центральном и Южном рудоуправлениях, производственном объединении «НМЗ», Рудоуправлении № 5 и ГМЗ-1. в каждом из указанных подразделений имеются новые формы организационных инноваций.

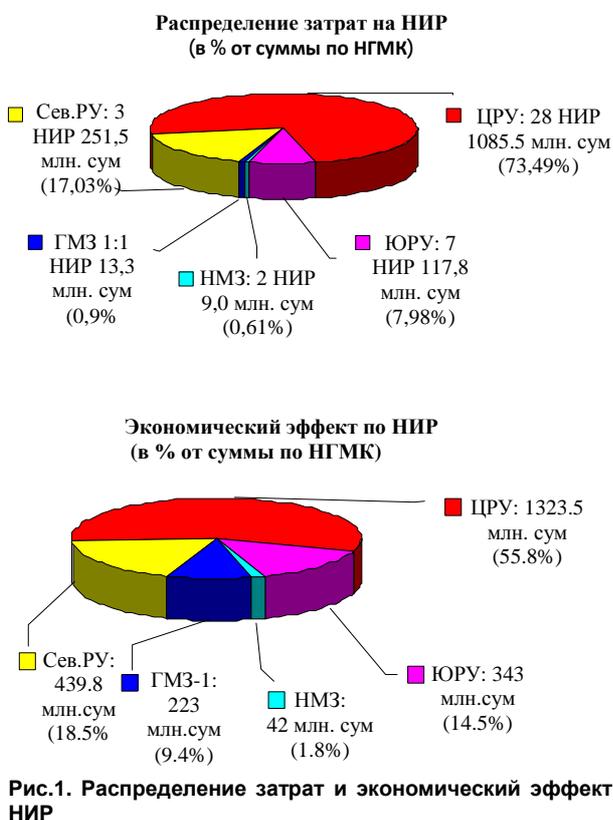
В преддверии IV-Республиканской ярмарки инновационных идей, технологий и проектов 06.04.2011 г. в НГМК была проведена презентация научных разработок научно-исследовательских институтов и ВУЗов Республики Узбекистан. Организаторами семинаров-презентаций стали: Комитет по координации развития науки и технологий при Кабинете Министров РУз; Академия наук РУз; Навоийский горно-металлургический комбинат. Целью презентаций является ознакомление специалистов НГМК с результатами новейших научных разработок НИИ и ВУЗов Республики Узбекистан для их дальнейшего внедрения в производственную деятельность комбината. По результатам обсужденных презентаций разработчикам предлагается предста-

вить коммерческие предложения и оформить договора на НИР с НГМК.

На III и IV-Республиканской ярмарках инновационных идей, технологий и проектов, проведенных в г. Ташкенте, НГМК представил отдельный стенд, на котором размещались проблемные вопросы комбината и результаты внедренных инновационных проектов, демонстрировался видеоролик инновационных достижений комбината, выставлялись проспекты и буклеты. Стенд обслуживали квалифицированные специалисты, компетентные в инновационной деятельности. В работе ярмарки принимали участие десятки ведущих специалистов НГМК в области машиностроения, гидрометаллургии, горного дела, геологии и др. В ходе ярмарки проводятся переговоры и обсуждаются инновационные проекты ВУЗов, научных организаций и отраслевых инновационных центров.

Итогом участия НГМК в IV ярмарке явилось подписание 8 договоров и 2 протоколов о намерениях: с институтом микробиологии АН РУз - 1 проект; ИЯФ АН РУз – 1 проект; НГГИ - 2 проекта; O'zGEORANGMETLITI - 4 проекта; ТашГТУ – 2 проекта всего на общую сумму 313, 81 млн. сумов. За активное участие в ярмарке комбинату был присужден диплом.

5 мая 2011 г. состоялось очередное заседание научно-технического Совета комбината, на котором были заслушаны презентации научных и инновационных проектов, финансирование которых планиру-



ется осуществить в 2011 г. из Фонда модернизации и новых технологий комбината.

Критериями оценки инновационных проектов служат: актуальность, сумма затрат, валютосбережение, экономический эффект, срок окупаемости и другие показатели.

На первом этапе отобрано и рекомендовано

для финансирования из фонда модернизации и новых технологий комбината пять проектов:

- «Применение эжектора для дифференцированной подачи серной кислоты на технологические блоки»;
- «Разработка и внедрение технологии упрочнения инструментов хромовым нанокремнеземным покрытием»;
- «Внедрение в лаборатории физико-химического, дозиметрического контроля и водозащиты ЮРУ новых прогрессивных физико-химических методов и приборов контроля условий труда, измерения вредных и опасных производственных факторов»;
- «Разработка и внедрение системы автоматизированного управления научно-инновационной деятельностью НГМК»;
- «Внедрение методов исследования усталости металла в металлоконструкциях и оборудовании с истекшим сроком службы на базе сканера-дефектоскопа «Stress Visions».

Во исполнение Постановления Президента РУз «О дополнительных мерах по стимулированию внедрения инновационных проектов и технологий в производство» ЦИТ совместно с ПТИО комбината разработали пакет нормативно-правовых документов по инновационной деятельности:

- Положение о Центре инновационных технологий;
- Положение о Системе инновационных технологий НГМК;
- Порядок планирования, оформления и оплаты договоров на НИР;
- Порядок рассмотрения, приемки и финансирования инновационных проектов;
- Порядок формирования и расходования средств фонда модернизации и новых технологий;
- Положение о рационализаторской деятельности;
- Положение о вознаграждении работников за создание объектов интеллектуальной собственности в НГМК.

Разработанный пакет нормативно-правовых документов позволяет эффективнее организовать и управлять инновационной деятельностью в НГМК.

25.05.2011 г. состоялось расширенное заседание НТС НГМК по вопросу улучшения инновационной деятельности в подразделениях комбината с участием всех руководителей подразделений. На заседании были заслушаны доклады генерального директора НГМК Санакулова К.С. «Об основных задачах, вытекающих из программ развития комбината на период 2011-2020 гг.» и советника генерального директора НГМК Шеметова П.А. «Программа инновационного

Таблица 1

**Инновационный процесс**

Этапы процесса	Участники процесса
Создание инновационных рабочих групп в подразделениях и крупных производствах	Служба инновационных технологий, главные специалисты, руководство предприятий и производств
Проведение технического аудита технологического оборудования и технологий на крупных предприятиях и производствах (во исполнение Постановления Кабинета Министров РУз 15.03.2011 г., № 72)	Аудиторские рабочие группы
Составление тематики проблемных вопросов и определение концепции и стратегии развития	Инновационные рабочие группы
Составление годовых, среднесрочных и перспективных планов НИР и инновационных проектов	Службы инновационных технологий
Сбор научно-технической информации (НТИ) по утвержденной тематике работ	Службы инновационных технологий, НТИ и информационных технологий, специалисты подразделений
Выполнение НИР, составление инвестиционных проектов по модернизации, техническому и технологическому обновлению производств	Специалисты подразделений, сторонние организации - исполнители проектов
Разработка опытно-промышленных образцов установок, оборудования, приборов, технологического регламента, проведение производственных испытаний	Разработчики, службы инновационных технологий, специалисты подразделений
Корректировка параметров и испытания опытно-промышленного образца установки, оборудования, прибора и т.п., или отработка новой технологии	Разработчик, служба инновационных технологий, специалисты подразделений
Подача и оформление рационализаторских предложений, заявка на изобретения, полезные модели или промышленные образцы	Разработчик, служба инновационных технологий, специалисты подразделений, патентовед комбината
Приобретение образцов нового оборудования по программе реконструкции, технической и/или технологической модернизации, а также в соответствии с инновационным проектом на средства Фонда модернизации и новых технологий	Предприятие, производство
Проведение производственных испытаний образцов новой техники, материалов, технологий с выдачей заключения об их техническом уровне, соответствии требованиям стандартов	Разработчик, поставщик, служба инновационных технологий, специалисты подразделений
Приобретение или изготовление собственными силами опытной партии комплекта нового оборудования и проведение производственных испытаний	Специалисты предприятия, специалисты подразделений, службы инновационных технологий
Начало производственного (бизнес) процесса	Производственные службы, ОМТС, главные специалисты

развития и технологической модернизации в НГМК». Отмечено, что за 3 года объемы выполнения НИР и инновационных проектов в комбинате выросли в 7 раз. Так, по итогам 2010 г. реализовано работ на сумму 9,07 млрд. сумов с экономическим эффектом 16,06 млрд. сумов, тогда как эти показатели в 2008 г. составляли 1,27 млрд. сумов и 2,34 млрд. сумов соответственно.

Для повышения рентабельности производства ведется непрерывный поиск и внедрение новых технологий и технических решений, направленных на повышение эффективности разведочных, горных работ и гидрометаллургической переработки руд, что позволяет сохранить себестоимость золота и урана на экономически приемлемом уровне.

Концепция инновационного развития НГМК заключается в тесном взаимоотношении научных организаций и учреждений страны и зарубежья со службами комбината, планировании научно-исследовательских работ по проблемным вопросам и приоритетным направлениям, активации внедрения полученных научных результатов в производство, а также повышении квалификации специалистов для внедрения научных разработок и достижений.

Инновационный процесс предусматривает эффективное взаимодействие НГМК с государственными органами, учреждениями, научными организациями и высшими учебными заведениями, изобретателями и инжиниринговыми компаниями. В общем случае инновационный процесс можно представить как последовательность этапов работ, представленных в табл. 1. В конкретном проекте последовательность работ и количество этапов могут несколько меняться, но общая схема процесса сохраняется.

Научно-техническая стратегия НГМК предусматривает снижение себестоимости продукции и повышение экономической эффективности производства, инвестиционной привлекательности комбината, обеспечение устойчивого социально-экономического развития и необходимого уровня экологической безопасности.

Увеличение производственных показателей без снижения качества выпускаемой продукции сегодня и в ближайшей перспективе возможно лишь при условии внедрения новых высокоэффективных технологий и процессов в производство. Для реализации внутренних резервов производства в подразделениях комбината формируются инновационные рабочие группы для оценки собственного технологического уровня, выделения прорывных направлений, реализации мероприятий по повышению производительности оборудования и эффективности технологических процессов, разработки, опробования и внедрения инновационных проектов.

Основными направлениями работы инновационных групп, в частности, в горных работах являются: разработка и реализация системных решений, обеспечивающих повышение технической готовности горнотранспортного оборудования на 20% при снижении себестоимости на 10%, улучшение параметров рабочей зоны карьеров, обеспечивающее сокращение парка горнотранспортной техники на 10%, а также улучшение логистики технологических процессов. При этом ожидаемый результат - снижение себестоимости более чем на 10%, рост производительности и энергоэффективности более чем на 5% в год. В целях развития и популяризации рационализаторства и изобретательства, поддержки и стимулирования инновационной деятельности в НГМК, направленной на решение научно-технических проблем развития комбината, совершенствование техники и технологических процессов, повышение качества и снижение себестоимости выпускаемой продукции, экономию топливно-энергетических ресурсов, улучшение условий и безопасности труда, охрану окружающей среды издан приказ и утверждено Положение о конкурсе «Лучший рационализатор и изобретатель НГМК», посвященное 20-летию независимости Республики Узбекистан. Приказом предусматривается проведение конкурса в номинациях «Лучший рационализатор и изобретатель НГМК», «Лучший молодой рационализатор и изобретатель НГМК» и «Лучшее подразделение НГМК по организации инновационной деятельности». Победители конкурса награждаются ценными призами и памятными дипломами 1, 2 и 3 степени.

Актуальным стал вопрос трансформирования и реорганизации структуры управления инновационной деятельностью комбината. Однако данная тема является предметом отдельной статьи и в данной работе не излагается.

С целью повышения квалификации специалистов подразделений и управления комбината в сфере организации инновационной деятельности экономической оценки инновационных проектов и трансфера технологий НГМК заключает договора с компетентными организациями в области инноваций на проведение семинаров-тренингов по повышению квалификации своих специалистов. Проведение одного из которых планируется на октябрь месяц текущего года по программе «Основы инновационной деятельности предприятия».

Таким образом, накопленный опыт организации и управления инновационными проектами позволил комбинату сформировать концепцию, проблемные вопросы и перспективную программу инновационного развития на 2011-2020 гг., которые позволяют повысить эффективность инновационной деятельности.

## ИННОВАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ «НАВОЙСКИЙ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЙ ЗАВОД»

Дадабаев К.К., главный механик НГМК; Фадеева А.К., инженер-исследователь Службы инновационных технологий ПО «НМЗ» НГМК; Рахматов У.Н., главный инженер ПО «НМЗ» НГМК

Инновационный процесс - сложное, многоуровневое и многогранное явление, представляющее собой главную движущую силу экономики. Для этого необходимо формирование условий, способствующих непрерывному совершенствованию технологий путем инноваций, основанных на новейших научных знаниях.

Научно-технические достижения внедряются в производство в форме нововведений (инноваций). Лишь небольшая доля изобретений реализуется в нововведения, но именно они служат началом новых направлений, поколений и моделей техники. Нововведения - качественные изменения в производстве - могут относиться как к технике и технологии, так и к формам организации производства и управления. Те и другие тесно взаимосвязаны и являются качественными ступенями в развитии производительных сил, повышении эффективности производства.

Инновацией являются создаваемые, осваиваемые новые или усовершенствованные технологии, виды продукции или услуги, а также организационно-технические решения производственного, административного, коммерческого или иного характера. Под воздействием инноваций перестраивается технический базис производства, начиная с использования новых видов сырья, материалов, энергии, новых систем машин и кончая модернизацией форм организации производства и управления, приводя ее в соответствие с требованиями современной среды. При этом организация труда и производства определяет изменение финансовых, материальных и трудовых ресурсов в пространстве и во времени, необходимое для каждой инновации. Инновации призваны обеспечить выпуск продукции, наиболее полно удовлетворяющей общественные потребности, рост научно-технического уровня производства, решение задач экономического и социального развития, экологической безопасности.

В условиях рыночной экономики частная собственность распространяется на продукт интеллектуальной деятельности. Инновационная деятельность предполагает целый комплекс научных, технологических, организационных, финансовых и коммерческих мероприятий, которые в своей совокупности приводят к инновациям. Но все они взаимосвязаны и обеспечивают эффективность инновационного процесса. На стадии про-

ведения НИР исследуются возможности реализации возникшей идеи, разрабатываются методические подходы к оценке возможности создания нового продукта (технологии). Если получены положительные результаты, то на их основе разрабатывается конструкторская документация и создается опытный образец, который проходит опытные испытания. Если испытания прошли успешно, начинается производство новой продукции. Особое значение имеет этап освоения, когда необходимо адаптировать производственный процесс к новым требованиям (освоить новое оборудование, овладеть новой технологией и т.д.) Эффективность производства новой продукции во многом определяется эффективностью процесса освоения.

Во исполнение Постановления Президента Республики Узбекистан № ПП-916 «О дополнительных мерах по стимулированию внедрения инновационных проектов и технологий в производство» в ПО «НМЗ» создана Служба инновационных технологий (СИТ), которая работает в тесном контакте с Центром инновационных технологий НГМК.

Основными задачами СИТ являются выполнение комплекса работ по: разработке и внедрению планов научно-исследовательских работ, новой техники и технологии; управлению рационализаторской работой; обработке международных и отечественных прикладных научных разработок и оформлению материалов, предназначенных для открытого опубликования; сокращению ресурсоемкости производства, повышению эффективности труда; подготовке и участию ПО «НМЗ» в ежегодных Республиканских ярмарках инновационных идей, технологий и проектов. Так, на III Республиканской ярмарке инновационных идей, технологий и проектов в 2010 г. ПО «НМЗ» выставлял проспекты, буклеты, макеты 3-х металлорежущих станков собственного производства.

СИТ разрабатывает комплексы мероприятий по развитию инновационных продуктов и технологий на перспективу развития ПО «НМЗ», производит формирование планов по отбору инновационных продуктов и технологий на каждый календарный год. СИТ осуществляет: разработку планов модернизации и внедрения новой техники и технологии; координацию работ всех служб объединения по выполнению научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Таблица 1

Внедренные инновационные разработки

Наименование инновационной разработки	Эффект, тыс. сум
<b>2009 г.</b>	
Внедрение модернизированного вала спирали классификатора 2КСП-24 с экономией трубы в количестве 1,2 т.	37710,40
Внедрение новой марки износостойкого чугуна 340X18НЛ вместо марки 300X32М2Н2ТЛ.	21715,34
Внедрение технологии плазменно-механической обработки футеровок конусных дробилок из стали 110Г13Л.	3282,00
Разработка и изготовление спец. станка для расточки пластин питателя НС-2М с ЧПУ.	99993,00
Разработка и изготовление спец. станка для расточки труб и центровки осей роликоопор ЦПТ.	3015,00
Внедрение модернизированного станка НФ-630МФ4 с магазином инструментов.	20469,00
Разработка и изготовление спец. станка для обработки бандажей и опор печи обжига ОАО «Кызылкумцемент».	250000,00
<b>2010 г.</b>	
Внедрение установки для наплавки коленчатых валов двигателей ЯМЗ-238; 236; 240.	245 115,00
Разработка конструкции, изготовление и внедрение дисковых модульных фрез m-16 для обработки зубчатых колес с внутренним зацеплением.	3098,00
Разработка и организация производства жестких секций для ремонта электродвигателей различной мощности.	13430,00
Внедрение новой технологии изготовления крышки и днища бочек V-120 л с применением просечного пресса «Finn Power X5».	108898,044
Разработка конструкции и изготовление лемеха плуга ПНЯ <sup>-3+1-45</sup> , ПНЯ <sup>-4+1-45</sup> .	30000,00
Установка счетчиков горячего водоснабжения «Summator-3» на 3-х объектах объединения для усовершенствования системы учета расхода тепла.	7562
Разработка и изготовление спец. станка для расточки труб роликоопор с диапазоном длин 400-2200мм.	4000,00

Инновационная деятельность ПО «НМЗ» направлена на использование результатов научных исследований и разработок для расширения и обновления номенклатуры и улучшения качества выпускаемой продукции, совершенствования технологии изготовления с последующим внедрением и реализацией на внутреннем и внешнем рынках. Так, например, в 2009 г. в ПО «НМЗ» было внедрено 7 инновационных разработок с суммарным экономическим эффектом 370724,44 тыс. сумов и 4 валютосберегающих технологий с суммарным экономическим эффектом 629299,8 \$ США, в 2010 г., - также 7 инновационных проекта с суммарным экономическим эффектом 412103,044 тыс. сумов и 3 валютосберегающих технологий с экономией более 230000 \$ США (табл. 1, 2).

В условиях мирового финансового кризиса актуальным стал вопрос приобретения за рубежом запасных частей и элементов технологического оборудования для агрегатов по обогащению урановых руд. В ПО «НМЗ» освоена совершенно новая тех-

нология получения литой трубы прокаточной печи ВГТП-8 на базе технологии Литейного производства, внедрение которой позволило в 4 раза сэкономить валютные средства объединения. Применявшийся ранее сплав 6X15H35 для отливки такой трубы содержал дорогостоящий и дефицитный никель. Однако в настоящее время труба отливается из сплава марки 35X23H7СЛ, что позволило удешевить производство труб.

Ранее при формовке и сборке форм использовались материалы, которые при заливке формы металлом интенсивно и в больших количествах выделяли газ, вследствие чего отливку браковали по газовым раковинам. В настоящее время форма изготавливается из жидко-стекольной формовочной смеси с бентонитом, которая обладает высокой газопроницаемостью и прочностью на разрыв по сравнению с ранее используемой смесью. Также изменён технологический процесс изготовления стержней.

Стадия тепловой сушки стержней ликвидирована. Стержни для отливки выполнены по технологии ХТС с применением связующего порошка Фоскон-350, которая дает ряд преимуществ: при отливке сохраняется высокая точность; после остывания металла в форме стержень легко удаляется; при заливке выход газа минимален, что увеличивает процент выхода годных отливок.

Для выполнения программы локализации Литейному производству необходимо было освоить производство новой продукции, что позволит сэкономить огромные валютные средства.

Одним из видов такой продукции является «Половина венца зубчатого», вес жидкого металла которого составляет 22,5 т, для мельниц Алмалыкского горно-металлургического комбината - АГМК. Сложность этой задачи заключалась в том, что в Литейном производстве имеются электродуговые

Таблица 2

Внедренные валютосберегающие технологии

Наименование инновационной разработки	Эффект, \$ США
<b>2009 г.</b>	
Изготовление фрезы червячной М-20 для нарезания зубьев венцов мельниц.	75640
Разработка и внедрение программного продукта для ПК с целью создания базы данных на полимерные изделия.	4660
Освоение производства рессор автобусов.	21788,8
Освоение производства трубы реторты печи ВГТП-8.	527211
<b>2010 г.</b>	
Разработка, изготовление и внедрение печи обжига пульпы-продукта ГМЗ-3.	Увеличение извлечения золота.
Разработка и изготовление червячных фрез М-25.	220 000
Разработка программного продукта по учету материалов для годовых заявок.	10 000

печи с массой выплавляемого металла - 6 т. Соответственно для получения такого количества металла необходимо производить плавку сразу в 4 печах с одинаковым режимом плавки и химическим составом расплава. Совместными усилиями инженерно-технического персонала и рабочих было успешно освоено производство данной отливки, что позволило снизить себестоимость венцов в несколько раз. В связи с переходом предприятия «Узбек-Ньюмонт» в подчинение НГМК перед Литейным производством была поставлена задача по освоению литья для цеха кучного выщелачивания золота (ЦКВЗ). Раньше литые заготовки поставлялись из-за рубежа. В короткие сроки литейщики освоили выпуск отливок для всей номенклатуры ЦКВЗ: II, III и IV стадии дробления; детали турбодробилки «SEMCO KEV 96» и т.д. Одной из основных задач локализации является успешное освоение Литейным производством изготовления отливок запорной арматуры (Dy 150, Dy 200, Dy 250, Dy 300), потребность в которой испытывают все подразделения НГМК. Наблюдается также и рост количества инновационных проектов, внедряемых в ПО «НМЗ». Так, в 2010 г. в ПО «НМЗ» разрабатывалось 23 инновационных проекта, а в 2011 г. - уже 27. Все разрабатываемые проекты направлены на повышение стойкости инструмента, восстановление и уве-

личение ресурса оборудования, повышение производительности механической обработки, экономию энергоресурсов, снижение трудоемкости и увеличение экономического эффекта, экономию валютных средств, расширение функциональных возможностей и повышение технического уровня выпускаемых станков. По каждому инновационному проекту составляется календарный план выполнения этапов работ, рассчитывается ожидаемый экономический эффект и ежеквартально проводятся заседания технического Совета объединения, на которых заслушиваются отчеты лиц, ответственных за инновационные проекты и принимаются конкретные решения, направленные на безусловное выполнение этапов работ в соответствии с календарным планом. В ПО «НМЗ» разработан электронный план инновационных проектов, предназначенный для эффективного контроля выполнения проектов в объединении.

Современная концепция развития инновационных технологий основана на непрерывном внедрении новой техники и технологии на базе новых научных знаний.

Таким образом, в ПО «НМЗ» имеется производство, отвечающее всем современным требованиям, а также большой интеллектуальный потенциал. Все это способствует неуклонному росту инновационных процессов в объединении.

УДК 621.9.06

© Ан В.Ф., Девликамов Р.Ш. 2011 г.

## СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИЕ СТАНКИ - ОДНО ИЗ ВАЖНЕЙШИХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ СТАНКОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА УЗБЕКИСТАНА

Ан В.Ф., заместитель директора по станкостроению ПО «НМЗ» НГМК; Девликамов Р.Ш., начальник технологического отдела станкостроения ПО «НМЗ» НГМК

В среднеазиатском регионе в разные годы создавался ряд машиностроительных предприятий по производству различного металлорежущего оборудования, в их числе:

- **НПО «Технолог», г. Ташкент.** Объединение специализировалось на производстве специального оборудования для сельскохозяйственного производства.

- **Станкостроительный завод, г. Бишкек,** основанный в ноябре 1941 г. в результате эвакуации Станкостроительного завода для патронной промышленности из г. Луганска. Сегодня АО «Бишкекский машиностроительный завод» ограничил производство продукции выпуском электроталей и



Рис. 1. Токарно-винторезный станок мод. НТ-250 с электронной системой управления и его модификации



Рис. 2. Вертикально-фрезерно-расточной станок с ЧПУ мод. НФ630МФ4

токарных патронов  $\varnothing$  125-160 mm.

- Алматинский станкостроительный завод прекратил своё существование.

- ПО «Навоийский машиностроительный завод» НГМК. Станкостроительное производство ПО «НМЗ», созданное в 1989 г., является одним из направлений многопрофильной производственной деятельности объединения. В эту программу были вовлечены десятки заводов, институтов и организаций. В настоящее время ПО «НМЗ» освоило и производит малыми сериями широкую номенклатуру универсальных и управляемых СЧПУ станков (рис. 1-9). Одним из значимых направлений дальнейшего развития станкостроения ПО «НМЗ» является создание **специального оборудования** для обеспечения высокой производительности и качества производства периодически повторяющихся серий изделий. При этом обеспечивается выполнение технических требований



Рис. 3. Универсальный токарно-винторезный станок мод. 16К40 с РМЦ -1500 (по кооперации с ООО «РСЗ» Россия)

на обрабатываемые изделия, снижается влияние человеческого фактора на качество конечного продукта. Специалистами ПО НМЗ разработаны и изготовлены приспособления и специальное оборудование, рассчитанные на мелкосерийное производство.

**Приспособление для проката шестигранника (ППШ)** (рис. 10) разработано для удовлетворения потребностей металлообрабатывающих производств республики шестигранным прокатом в небольших объемах по номенклатуре от  $S=10, 12, 14, 17, 19, 22, 24$ , получаемой путем горячего проката круглого прутка через пару профильных роликов. ППШ позволяет решить такую задачу практически на любом предприятии, любой формы собственности. Сравнительный анализ трудоемкости двух вариантов обработки, к примеру - болта  $M10 \times 60$ , с фрезерованием шестигранника или прокатыванием на ППШ показывает снижение затрат времени на обработку до 32 %.

**Специальные двухшпиндельные станки с ЧПУ мод. 19Н100 (рис. 11) и мод. 19Н2300** разработаны для обработки труб под установку корпусов подшипника и центровки с подрезкой торцов осей роликоопор конвейеров. Станки позволяют обеспечить:

1. Обработку детали «Труба» за одну установку, расточку двух посадочных мест под корпуса подшип-

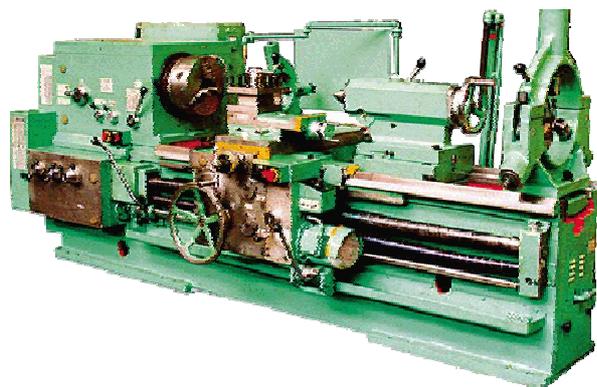


Рис. 4. Универсальный токарно-винторезный станок мод. 1М63Н (по кооперации с ООО РСЗ Россия)

ников, обеспечивая гарантированную соосность. С помощью многолезцовых наладок на обоих шпиндельных узлах достигается максимальная концентрация обработки всех поверхностей за один проход.

2. Обработку базовых поверхностей под последующую токарную обработку детали «Ось». За одну установку производится подрезка торцов оси в размер, сверление двух центровочных отверстий, обеспечивая гарантированную их соосность и проточку шейки оси под зажим кулачками на первой токарной операции. Станок снабжен электроприводом и системой числового программного управления, обеспечивающих управление станком в ручном и автоматическом режимах. Последняя особенность очень важна при однообразной работе и изготовлении значительных партий.



Рис. 5. Обдирочно-шлифовальный станок мод. ЗН340

Благодаря наличию двух шпиндельных бабок, установленных соосно, обеспечивается технологическая надежность в обеспечении соосности обрабатываемых поверхностей различной длины - от 400 мм до 2300 мм. Технологическое преимущество данных станков перед обработкой на традиционно универсальных станках очевидно, как и очевидно их преимущество в производительности при обработке серии деталей в периодически повторяющихся партиях. Сравнительный анализ вариантов технологий обработки изделий «Труба» и «Ось» с другими применяемыми технологиями показывает снижение трудоемкости по изделиям по обоим вариантам на 67% и 71,4% соответственно.



Рис. 7. Универсальный деревообрабатывающий станок СДУ-1 и СДУ-1П



Рис. 8. Ремонт с модернизацией станка токарного с ЧПУ мод. 16А20Ф3 (производство завода «Красный пролетарий»)

Специальный двухшпиндельный станок с ЧПУ мод. НС-2М (рис. 12) разработан для обработки деталей мелкой серии, таких как «пластина питателя» 3х видов и гусеничных трактов, предназначен для обработки отверстий шарнирных узлов за одну установку с обеих сторон (без переустановки). К разработке и созданию данного станка натолкнуло на-



Рис. 6. Специальный настольно-сверлильный станок мод. 21Н16



Рис. 9. Ремонт с модернизацией станка токарного с ЧПУ мод. 16М30Ф3 (производство Рязанского станкозавода)



Рис. 10. Приспособление для профилирования шестигранника (ППШ)



Рис. 11. Специальный двухшпindelный станок с ЧПУ мод. 19Н100

личие постоянно повторяющейся серии однотипных изделий, периодически повторяющихся партий общим количеством 40÷80 единиц в месяц и нерациональное использование расточного станка мод. 2Н630. Создание станка позволило значительно сократить время на установку, выверку и крепление детали за счет специальной наладки. Достигнуто повышение производительности обработки за счет одновременной расточки отверстий с двух сторон детали и применение специальных трехрезцовых расточных головок со сменными 4-х гарными пластинами компании «Pramet» Чехия, предназначенными для силового резания в условиях обработки по литейной корке и песку. Достигнута гарантированная соосность в обрабатываемых отверстиях шарнирного механизма изготавливаемых изделий за счет конструктивных особенностей станка, что позволило снизить зазоры в шарнирных соединениях питателя, ограничивая попадания породы, тем самым снижая интенсивность износа. Трудоемкость традиционной обработки «Пластины питателя» ПС-2-24 на расточном станке мод. 2А636 составляет - 8,4 h, на станке мод. НС - 2М до 1,1 h, увеличе-

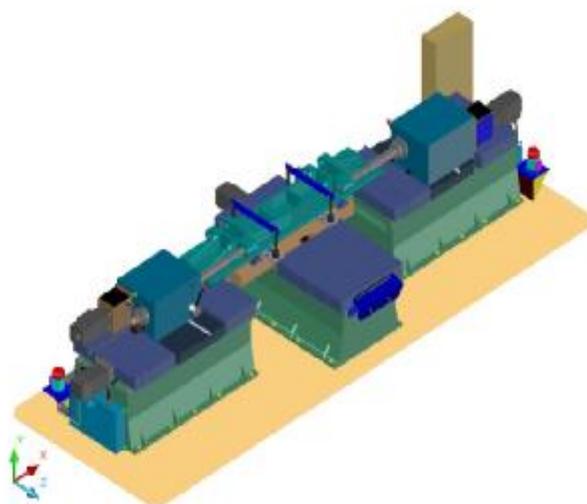


Рис. 12. Специальный двухшпindelный станок с ЧПУ мод. НС-2М

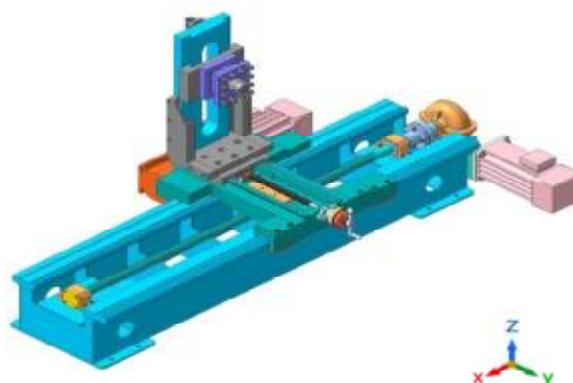


Рис. 13. Специальный станок с ЧПУ мод. НС-1Ф3

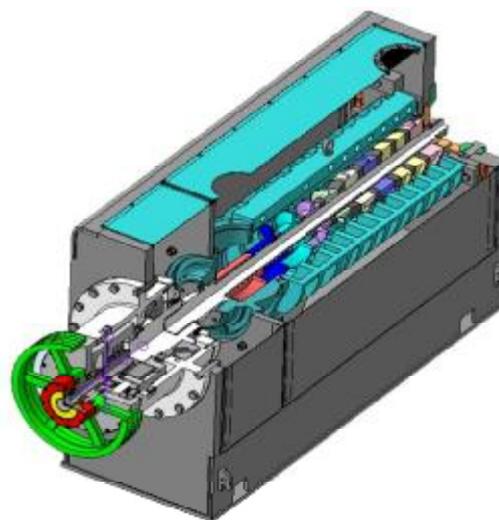


Рис. 14. Маслопресс - шнековый

ние производительности достигается до 8 раз.

**Специальный станок с ЧПУ мод. НС-1Ф3** (рис. 13) создан для ремонта опорных роликов и бандажей печи обжига цемента по заказу ОАО «Кызылкумцемент» с целью сокращения и по возможности, исключения времени простоя «Печи обжига цемента» при мелком и среднем ремонтах опорных роликов и бандажей.

Проведение ремонта в условиях работающей печи обжига, сопровождаемой высокой температурой у печи, которая достигает в летнее время до 115°C, участие ремонтного персонала возможно только кратковременно и при этом необходимо создавать определенную защиту оборудования.

Разработанная конструкция станка позволила вести необходимые работы без останковки печи, при этом имеется явный экономический эффект, т.к. простой печи в сутки для «Кызылкумцемента» составляет снижение производства «Клинкера» на сумму 120 млн. сумов.

Система ЧПУ, электрошкаф с преобразователями и автоматикой выведены из зоны повышенных температур за счет удлинения кабелей связи до 20 м, установки защитных экранов с водяным охлаждением на эл. двигатели подачи и переносного пульта управления для работ в режиме наладки станка.

Система ЧПУ обеспечивает управление станком в режиме наладки и автоматическом цикле, осуществляя автоматический ускоренный подвод инструмента, переход на выбранный режим подачи резания на заданную длину и ускоренный возврат в начальную точку. Электроприводы подачи установлены на координате «X» и «Z». Главное движение резания обеспечивает вращательное движение печи.

**Маслопресс - шнековый МПШ-1** (рис. 14) производительностью до 90 т в сутки разработан и изготовлен на основе лучших образцов масложировой промышленности с целью освоения импортозамещающего оборудования в рамках программы локализации. Потребность по республике данного оборудования по информации Ассоциа-

ции масложировой промышленности до 260 прессов.

Стоимость пресса, произведенного в Германии, составляет 200 000 Евро, а стоимость опытного образца, произведенного на ПО НМЗ - до 47 000 Евро.



Рис. 15. Специальный станок для проточки и продорожки коллекторов ротора эл. двигателя

При запуске партии изделий стоимость может быть еще ниже. При этом предприятие получает дозагрузку производственных мощностей и возможность организации до 40 дополнительных рабочих мест.

**Специальный станок для проточки и продорожки коллекторов ротора эл. двигателя мощностью до 600 kw** (рис. 15) спроектирован по заказу совместного Узбекско- Российского предприятия «ПРОМЭЛЕКТРО» для осуществления ремонта коллекторов ротора эл. двигателей большой мощности проточкой и продорожкой токосъемного устройства за одну установку. Для этого использована механическая структура токарно-винторезного станка мод.

1М63Н-2 с РМЦ-3000 оптимально подходящая по длине устанавливаемых роторов эл. двигателей, с достаточной несущей способностью механической структуры станка.

Установка необходимых компенсаторов под шпиндельную бабку, заднюю бабку и суппорт обеспечила свободное перемещение суппортной группы станка при установке ротора с максимальным диаметром. На корпусе задней бабки станка установлено устройство для продорожки, фрезерованием пазов коллектора дисковыми фрезами. Устройство имеет шпиндельный узел с электродвигателем и ременной передачей и механизм подачи инструмента вдоль обрабатываемых пазов.

Данный станок значительно дешевле и с меньшим энергопотреблением ( $\sum N_{эл.} \leq 16 \text{ kw}$ ), чем универсальный станок мод. 1А64, обеспечивающий обработку изделия с аналогичными габаритами.

Как видно из краткого обзора, создание специальных станков обеспечивает значительный рост производительности труда, снижение себестоимости продукции и экономию валютных средств.

# ПОЛУПРОВОДНИКОВЫЙ СЕНСОР ДЛЯ СЕЛЕКТИВНОГО ЭКОАНАЛИТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА

**Абдурахманов Э.**, профессор кафедры аналитической химии СамГУ, докт. хим. наук; **Муминова Н.И.**, соискатель Джизакского государственного педагогического института; **Нормурадов З.Н.**, доцент кафедры неорганической химии СамГУ, канд. хим. наук; **Геворгян А.М.**, профессор кафедры неорганической и аналитической химии Национального университета Узбекистана, докт. хим. наук

Показатель селективности является одним из важнейших характеристик газоаналитических средств измерения. Проблема перевода полупроводниковых сенсоров от функции индикации на функции измерения с соблюдением селективности является актуальной [1, 2].

Газообразные выбросы производства минеральных удобрений, алюминия, урана и др. являются сложной многокомпонентной смесью, содержащей фтористый водород.

В данной работе предложен и обоснован способ обеспечения селективности полупроводниковых методов определения фтористого водорода, основанный на измерении разности процесса адсорбции определяемого газа, получаемого с двух идентичных элементов, работающих при разных температурах.

Согласно способу разность значений процесса адсорбции на поверхности адсорбента двух идентичных по составу и строению чувствительных элементов достигается подбором соответствующего значения их тока питания.

Селективность определения искомого газа в газовой смеси с использованием разработанного сенсора основана на следующем принципе. С двух чувствительных элементов (измерительного- $R_1$  и компенсационного- $R_2$ ), имеющих разные температуры, снимаются два сигнала (рис. 1).

Выходной сигнал первого элемента пропорционален суммарной концентрации  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ , а выходной сигнал второго элемента пропорционален точной концентрации всех компонентов, кроме определяемого

компонента  $X_3$ , т.е. на выходе моста величина тока будет пропорциональна разности величин:  $(X_1 + X_2 + X_3) - (X_1 + X_2) = X_3$ .

Таким образом, из газовой смеси, устанавливая на измерительном и компенсационном чувствительном элементе соответствующие составы адсорбентов и токи питания, можно выделить и измерить содержание отдельных компонентов смеси газов.

Разработанный полупроводниковый сенсор при значении напряжения питания первого и второго чувствительных элементов, соответственно равных 1,7 и 2,4 В, обеспечивает селективность определения фтористого водорода в присутствии водорода, оксида углерода и углеводородов.

При этом на первом чувствительном элементе адсорбируются  $H_2$  и  $CO$ , а на втором  $H_2$ ,  $CO$  и  $HF$ . В подобранных условиях на обоих чувствительных элементах углеводороды практически не адсорбируются.

Следовательно, разница сигнала первого и второго элемента соответствует концентрации фтористого водорода в смеси.

Результаты, полученные при определении селективности разработанных сенсоров, представлены в табл. 1.

Как следует из данных, разработанный сенсор позволяет селективно определять фтористый водород в присутствии водорода, оксида углерода и метана. Погрешность сенсора за счет неизмеряемых компонентов не превышает 1,5%.

Таким образом, в результате проведенных экспериментов разработан способ обеспечения селективности полупроводникового определения отдельных компонентов газов. При этом обеспе-

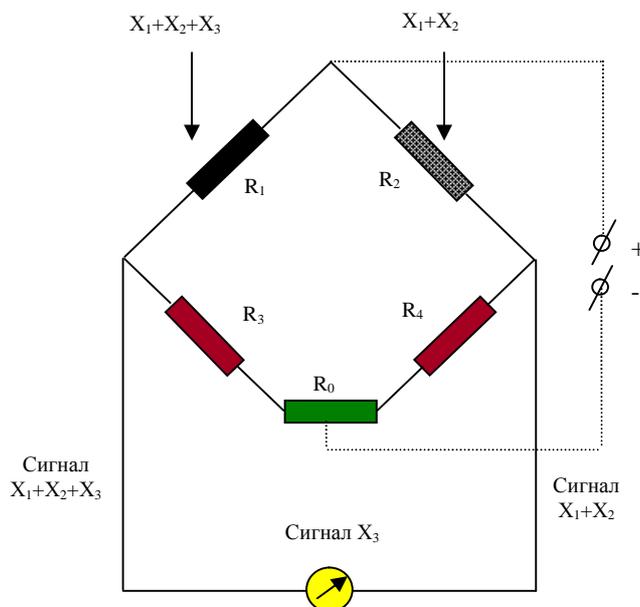


Рис.1. Схема полупроводникового сенсора фтористого водорода

Таблица 1

Результаты установления селективности ППС - HF при определении фтористого водорода (n = 5, P = 0,95)

Введено газовой смеси, mg/m <sup>3</sup>	Найдено фтористого водорода, мг/м <sup>3</sup>					
	ППС - HF №1		ППС - HF № 2		ППС - HF № 3	
	x±Dx	Sr* 10 <sup>2</sup>	x±Dx	Sr* 10 <sup>2</sup>	x±Dx	Sr* 10 <sup>2</sup>
HF 46,5+ CO 97+воздух	45,8±1,1	1,6	46,0±1,4	1,5	45,3±1,3	1,8
HF 46,5+ CO 155+воздух	45,1±1,2	1,6	46,5±1,2	1,2	45,9±1,5	1,3
HF 46,5+ CO 97+воздух	45,9±1,2	3,0	45,6±1,4	3,1	45,9±1,3	2,8
HF 46,5+CH <sub>4</sub> 21+воздух	44,9±1,0	1,5	46,3±1,1	2,5	46,9±0,6	1,8
HF 46,5+CH <sub>4</sub> 112+воздух	46,9±1,2	3,0	45,8±1,2	2,0	46,5±0,9	1,0
HF 46,5+CH <sub>4</sub> 154+воздух	45,6±1,0	1,6	45,2±1,2	1,4	45,5±1,2	1,7
HF 46,5+ H <sub>2</sub> 54+воздух	46,5±1,1	1,5	45,9±1,3	1,0	46,6±1,3	1,4
HF 46,5+ H <sub>2</sub> 54+воздух	46,8±1,0	1,5	46,1±1,2	1,2	46,2±1,3	1,6
HF 46,5+ H <sub>2</sub> 54+воздух	46,9±1,2	3,0	46,6±1,4	1,1	46,1±1,4	2,0
HF 93,0+ CO 97+воздух	92,3±1,6	1,5	92,7±1,4	1,0	95,5±2,5	0,9
HF 93,0+ CO 155+воздух	92,6±1,2	1,1	96,0±2,5	1,2	95,1±1,1	1,4
HF 93,0+ CO 97+воздух	92,4±1,5	0,7	93,9±1,7	0,9	91,8±0,9	0,6
HF 93,0CH <sub>4</sub> 21+воздух	94,9±1,4	2,1	92,9±2,0	1,3	94,0±2,4	2,3
HF 93,0+CH <sub>4</sub> 112+воздух	94,6±1,8	1,5	92,9±2,1	1,4	94,6±1,1	0,5
HF 93,0+CH <sub>4</sub> 154+воздух	92,9±1,4	1,9	92,7±2,2	2,1	96,7±1,3	0,9
HF 93,0+ H <sub>2</sub> 54+воздух	97,0±1,6	1,1	96,1±1,5	0,5	93,4±0,5	1,3
HF 93,0+ H <sub>2</sub> 54+воздух	92,8±0,8	1,5	93,8±2,2	1,0	96,0±0,7	1,5
HF 93,0+ H <sub>2</sub> 54+воздух	94,6±0,9	2,0	94,7±2,1	2,1	94,0±1,3	2,3

чение селективности полупроводникового определения достигается измерением разности процесса адсорбции газовой смеси, получаемой с

двух идентичных чувствительных элементов, содержащих различные по составу адсорбенты и работающих при разных температурах.

**Список литературы:**

1.Карпов Е.В., Басовский Е.М. *Расширение функциональных возможностей и улучшение характеристик датчиков метана.*//Сов. методы и средства автом. контроля атмос. воздуха и перспективы их развития./Тез. докл. Всесоюз. конференции. Киев: 1987.С.71.  
2.Абдурахманов Э. *Разработка термokatалитических методов для создания высокоселективных автоматических анализаторов токсичных и взрывоопасных газовых смесей.*//Авт. дис. на соис. уч. ст. докт. хим. наук. Ташкент. 2004, 42 с.

УДК 543.27.226

Абдурахманов Э., Муродова З.Б., Тиллайев С.У. 2011 г.

## МАЛОГАБАРИТНЫЙ АВТОМАТИЧЕСКИЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР ЭТИЛОВОГО СПИРТА «АТК-Алк»

Абдурахманов Э., профессор кафедры аналитической химии СамГУ, докт. хим. наук; Муродова З.Б., ст. научный сотрудник кафедры аналитической химии СамГУ; Тиллайев С.У., аспирант СамГУ

Область применения автоматических анализаторов этилового спирта охватывает экологический, медицинский, химический мониторинг атмосферного воздуха замкнутых систем и технологических газов различных отраслей народного хозяйства [1-3].

В работе рассматриваются результаты разработки переносного термokatалитического газоанализатора для контроля этилового спирта и изучения его метрологических, аналитических и технических по-

казателей.

В результате проведенных исследований нами разработан селективный термokatалитический газоанализатор этанола «АТК-Алк», предназначенный для автоматического мониторинга концентрации этилового спирта в газовых пробах.

Газоанализатор выполнен как переносной прибор в едином блоке. Электропитание газоанализатора осуществляется как от сети переменного тока напряжением 220 V, так и от встроенного блока пи-

Таблица 1

Некоторые технические характеристики газоанализаторов этанола

Наименование параметра	Показатели прибора	
	«АТК-Алк 1М»	«АТК-Алк 2М»
Диапазон измерений, мг/м <sup>3</sup> (% об.)	2500 мг/м <sup>3</sup>	2,50% об.
Точность, мг/м <sup>3</sup> (% об)	10,0 мг/м <sup>3</sup>	0,01% об.
Погрешность	5%	5%
Предел допускаемого времени установления показаний, с	10	12
Время прогрева не более, мин.	10	10
Источ.питания, В	220/12	220/12
Максимально потребляемая мощность не более	30 Вт	30 Вт
Габаритные размеры, мм	250x140x10	250x140x10
Масса не более, kg	2,0	2,0
Информация о содержании этанола представлена в цифровом виде на встроенном в прибор индикаторе		

тания с напряжением 12 V (табл. 1-5, рис. 1).

В состав разработанного газоанализатора этанола «АТК-Алк» входят: ПП - первичный преобразователь (селективный термокаталитический сенсор), ВП - вторичный преобразователь (электронный усилитель сигнала) и регистрирующее устройство.

Работа прибора заключается в том, что сигнал с ТКСС<sub>2</sub>H<sub>5</sub>ОН поступает на дифференциальный преобразователь, собранный на трех усилителях, который регулирует и усиливает сигнал в 20-30 раз. За-

тем сигнал поступает на аналоговоцифровой преобразователь-3, работающий по принципу двойного интегрирования. Дешифратор АЦП выдает семи-сегментный код, поступающий на светодиодные индикаторы, шкала созданного прибора - трёхзрядная. Некоторые технические характеристики созданных газоанализаторов этанола «АТК-Алк 1М» и «АТК-Алк 2М» приведены в табл. 1.

Условия эксплуатации газоанализатора: режим работы простой; средний коэффициент эксплуатации-0,25. Параметры окружающей среды: температура -25 +50 °С; атмосферное давление 84,0-106,7 кПа (630-800) мм рт. ст.; производственные вибрации с частотой 5-25 Гц и амплитудой не более 0,1 мм; отклонение напряжения питания переменного тока 220 В±10%. Оценка метрологических характеристик разработанного «АТК-Алк 2М» проводилась согласно ГОСТу 52033-2003.

Схема экспериментальной установки для изучения характеристик «АТК-Алк 1М» представлена на рис. 1. В ходе проведения эксперимента были определены:

- диапазоны измерения концентрации этанола;
- основная, абсолютная, относительная и приведенная погрешности;
- дополнительная погрешность при изменении параметров окружающей среды (температуры, давления, влажности, угла наклона, транспортных трясок, механических ударов и др.).

Газоанализаторы подвергались испытаниям в диапазонах концентраций этанола 0-2500 мг/м<sup>3</sup> и 0-2,50 % об. в лабораторных условиях и эксплуатационных режимах работ.

Проверка диапазона измерений газоанализаторов этанола проводилась подачей на его вход смеси

Таблица 2

Результаты зависимости сигнала газоанализаторов «АТК-Алк 1М» и «АТК-Алк 2М» от концентрации этанола в смеси (n-5, P-0,95)

Введено спирта, мг/м <sup>3</sup>	Найдено спирта, мг/м <sup>3</sup>		
	x±Dx	S	Sr*10 <sup>2</sup>
«АТК-Алк 1М», диапазон измерений 0-2500 мг/м <sup>3</sup>			
50	51±2	1,61	3,15
250	254±2	1,68	0,63
500	495±3	2,41	0,49
1000	1011±11	8,84	0,87
1500	1510±14	11,26	0,75
2000	1990±15	12,06	0,61
2500	2492±21	16,88	0,68
«АТК-Алк 2М», диапазон измерений 0-2,50 % об			
0,05	0,05±0,002	0,002	3,22
0,25	0,24±0,003	0,002	1,01
0,50	0,49±0,006	0,005	0,98
1,00	1,02±0,022	0,018	1,73
1,50	1,52±0,021	0,017	1,11
2,00	2,02±0,25	0,201	9,95
2,50	2,48±0,27	0,002	3,22

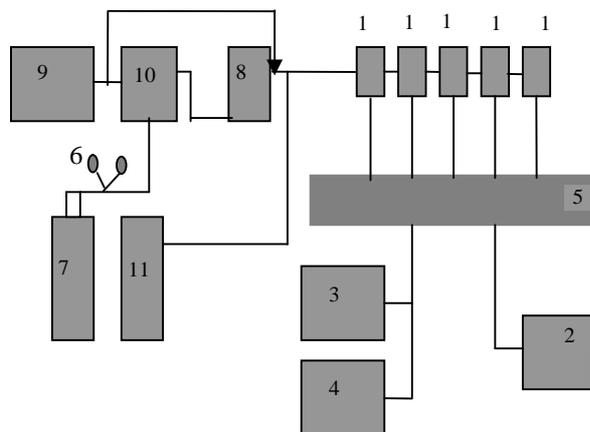


Рис. 1. Схема установки для испытания термокаталитического сенсора: 1 - термокаталитический сенсор; 2 - милливольтметр; 3 и 4 - источник постоянного тока; 5 - пульт управления; 6 - редуктор; 7 - баллон со стандартным газом; 8 - трехходовой кран; 9 - генератор чистого воздуха; 10 - генератор-разбавитель; 11 - компрессор

Таблица 3

Результаты погрешности газоанализатора «АТК-Алк 1М» в диапазоне измеряемых концентраций 0-2500 mg/m<sup>3</sup> (содержание спирта в ПГС, mg/m<sup>3</sup>: №1 - 250, №3 - 1250, №5 - 2250, n = 5, P = 0,95)

Номер опыта	Показания прибора, mg/m <sup>3</sup>					
	Номер ПГС					
	1	3	5	3	1	5
1	249	1246	2241	256	1264	2255
2	249	1246	2240	256	1259	2253
3	250	1247	2242	255	1261	2254
4	248	1247	2241	257	1265	2255
5	249	1249	2241	256	1261	2253
Средн.	249	1247	2241	256	1262	2252
Средн.	252,5	1254	2246	-	-	-
Основ. абс. погр. Δ	2,5	4	4	-	-	-
Основ. прив. погр. γ, %	0,10	0,16	0,16	-	-	-

C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH с воздухом в определенной последовательности. Эксперименты повторялись не менее 5 раз, результаты представлены в табл. 2.

Как следует из данных, приведенных в табл. 2, разработанные газоанализаторы «АТК-Алк 1М» и «АТК-Алк 2М» в изученном интервале концентраций имеют прямолинейную зависимость сигнала от количества спирта. При определении основной погрешности анализаторов в качестве ПГС использовали смесь с аттестованной концентрацией паров спирта в воздухе, которая подавалась к прибору со скоростью 20±2 л/ч. Все опыты повторялись не менее 5 раз.

Основную абсолютную погрешность (Δ) анализатора «АТК-alk 1М» «АТК-alk 2М» из данных, приведенных в табл. 2, находят в точках проверки по формуле (1):

$$\Delta = A_i - A_0, \quad (1)$$

где A<sub>i</sub>- концентрация измеряемого компонента в проверяемой точке измерений, индуцируемая на индикаторе;

A<sub>0</sub>- истинная концентрация измеряемого компонента в проверяемой точке измерения.

Основная погрешность определялась разностью между показаниями газоанализатора и истинными значениями концентрации, отнесенными к диапазону измерения по формуле (2):

$$\gamma_{пр} = A_i - A_0 / C_k - C_n \quad (2)$$

где C<sub>k</sub>-C<sub>n</sub> начальный и конечный пределы измерения концентрации определяемых компонентов газовых сред, mg/m<sup>3</sup> (%).

Значение γ<sub>пр</sub> находим на ПГС из трех значений показания газоанализатора при подходе к точке проверки, начиная от меньших и больших значений: среднее арифметическое значение 249 и 256 mg/m<sup>3</sup>. Далее из двух средних арифметических значений

Таблица 4

Результаты зависимости сигнала «АТК-Алк 1М» и «АТК-Алк 2М» от содержания влаги анализируемой парогазовой смеси (содержание спирта в смеси- 1250 mg/m<sup>3</sup> и 1,75 % об, n=5, P=0,95)

Показания прибора (x±Dx), mg/m <sup>3</sup> , % об.		
Сухая газовая смесь	Увлажненная газовая смесь	Изменение выходного сигнала(D)
«АТК-Алк 1М». C <sub>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH</sub> =1250 mg/m <sup>3</sup>		
1237	1241	4
1244	1236	8
1239	1244	5
«АТК-Алк 2М» C <sub>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH</sub> =1,75% об.		
1,77	1,73	0,02
1,75	1,76	0,01
1,72	1,76	0,04

находим суммарное среднее арифметическое значение 252,5 и подставим в формулу: γ<sub>пр</sub> = (252,5-250)\*100/ 2500 =0,10, где разность значений в числителе (5) - значение абсолютной погрешности.

Как следует из данных, приведенных в табл. 3, найденные значения погрешности разработанных анализаторов намного меньше, чем их допустимые значения по ГОСТу.

Следовательно, разработанные анализаторы могут быть использованы для мониторинга содержания этанола в различных объектах. Результаты проведенных экспериментов по определению дополнительной погрешности газоанализатора за счет изменения температуры и давления позволили установить, что в диапазоне температур - 20 - +50<sup>0</sup>С и давления от 600 до 900 мм. рт. ст. максимальная дополнительная погрешность разработанных анализаторов не превышает допустимого значения основной погрешности. Эксперименты по изучению влияния влажности проводили в следующей последовательности: прибор помещали в камеру влажности, в которой устанавливали нормальные условия испытаний. После начальной стабилизации определяли основную погрешность прибора для

Таблица 5

Зависимость сигнала анализатора от изменения напряжения питания прибора (n=5, P=0,95)

Напряжение питания, V	Найдено этанола, % об.					
	C <sub>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH</sub> -750 mg/m <sup>3</sup>			C <sub>C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH</sub> - 1,75 % об.		
	x ±Dx	S	Sr * 10 <sup>2</sup>	x±Dx	S	Sr* 10 <sup>2</sup>
Питание от переменного тока						
187	25,2±0,4	0,322	1,28	125,5±1,8	1,447	1,15
220	24,6±0,3	0,241	0,98	125,5±1,1	0,884	0,7
242	25,4±0,5	0,402	1,58	125,5±0,8	0,643	0,51
Питание от постоянного тока						
10,5	24,6±0,6	0,482	1,96	125,5±0,9	0,724	0,58
12,0	25,2±0,4	0,322	1,28	125,5±0,8	0,643	0,51
13,5	25,3±0,3	0,241	0,95	125,5±1,0	0,804	0,64

ПГС с содержанием этанола  $1250 \text{ mg/m}^3$  и 1,75% об. Через час устанавливали погрешность прибора, подавая ГС на вход газоанализатора через три склянки Тищенко, соединенных между собой последовательно и заполненных дистиллированной водой, обеспечивающих увлажнение ГС до 95% (табл. 4). Выключив газоанализатор, устанавливали нормальные условия работы прибора и стабилизировали его в течение 2 h, после чего включали прибор и определяли основную погрешность при нормальных условиях испытаний. Результаты опытов показывают, что дополнительная погрешность газоанализатора в исследованном интервале влажности составляет 0,35%, т.е. удовлетворяет требованиям ГОСТа 13320-81. Зависимость сигнала «АТК-Алк 1М» от изменения напряжения питания прибора изучали в значениях напряжения питания от

переменного тока: 187, 220, 242 V и напряжения питания от постоянного тока 10,5, 12,0 13,5 V. Полученные при этом результаты приведены в табл. 5. Как следует из данных, приведенных в табл. 5, в изученном интервале изменение напряжения питания не оказывает существенного влияния на сигнал анализатора. Изменение значения Sг в изученном интервале напряжения не превышает 0,02.

Таким образом, в результате проведенных исследований разработан малогабаритный селективный анализатор для автоматического мониторинга паров этилового спирта в атмосферном воздухе, технологических газах и выдыхаемом воздухе. Анализатор по диапазону измерений, основной и дополнительной погрешности, экспрессности, и другим метрологическим параметрам отвечает требованиям ГОСТу 13320-81

#### Список литературы:

1. Арутюнов О.С. Приборы для контроля загрязнений окружающей среды. // Заводск. лаборатория. 1983. № 9. С. 3-11.
2. Терещенко А.К. Современные инструментальные методы и средства газового анализа. -Киев: 1985. С. 9-16.
3. Тхоржевский В.П. Автоматический анализ газов и жидкостей на химических предприятиях. -М.: Химия. 1976. С. 64-66.
4. Алексейчиков В. Л. Термохимический газоанализатор. //А. с. 1257493 Б.и. 1986. № 34. С. 76.

УДК 543.27.546.171.

©Муминова Н.И., Нормурадов З.Н., Абдурахманов Э. 2011 г.

## РАЗРАБОТКА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ МЕТОДОВ И СОЗДАНИЕ АВТОМАТИЧЕСКИХ АНАЛИЗАТОРОВ ДЛЯ МОНИТОРИНГА ФТОРИСТОГО ВОДОРОДА

Муминова Н.И., преподаватель Джизакского государственного педагогического института, Нормурадов З.Н., доцент кафедры неорганической химии СамГУ, канд. хим. наук; Абдурахманов Э., профессор кафедры органической химии СамГУ, докт. хим. наук

Существует целый ряд «химических» опасностей, с которыми мы можем столкнуться каждый день. Среди них: утечки горючих и токсичных газов, пожары, разливы жидкостей и т.д. В последнее время к этим неизбежным опасностям прибавились, к сожалению, возможные последствия действий террористов.

В настоящее время полупроводниковые металлоксидные газовые сенсоры широко используются для анализа газов [1]. Принцип их действия основан на изменении проводимости полупроводникового газочувствительного слоя при химической сорбции на поверхности полупроводника газов-доноров (метан, пары бензина, оксид углерода, аммиака, сероводорода и др.) или акцепторов (оксидов азота, хлора, фтора) [2]. Порог детектирования полупроводниковых сенсоров зависит от детектируемого газа и равен примерно 1 ppm для CO, 10 ppm для метана и пропана, менее 1 ppm для оксидов азота и

несколько ppm для аммиака. Верхний порог, при котором целесообразно использовать полупроводниковые сенсоры, составляет примерно 0,5 НКПР. Для обеспечения времени отклика сенсора на уровне нескольких секунд сенсор нагревают до температуры от 250 до 500°C.

В качестве чувствительных полупроводниковых слоев обычно используются мелкодисперсные полупроводниковые оксиды металлов. Эти полупроводниковые материалы имеют достаточно высокую стабильность в воздухе при рабочей температуре сенсора.

На поверхность полупроводниковых материалов наносят нанодисперсные катализаторы, обеспечивающие селективность процессов окисления, и тем самым, улучшающие селективность полупроводниковых сенсоров [3].

При кажущейся простоте газового сенсора их конструкция сконцентрировала в себе все достиже-

Таблица 1

Динамические характеристики сенсора фтористого водорода

Содержание фтористого водорода в смеси, % об.	Динамические характеристики	Время, s		
		ТКС HF-1	ТКС HF-2	ТКС HF-3
0,25	To,1	1	1	1
	To,63	2	2	1
	To,9	3	4	3
	Tn	5	7	5
0,52	To,1	1	1	1
	To,63	2	2	2
	To,9	3	4	4
	Tn	5	5	6
1,04	To,1	1	1	1
	To,63	2	2	2
	To,9	3	4	4
	Tn	7	5	6

ния современной физической химии гетерогенных процессов, физико-химического материаловедения и микроэлектронной технологии [4]. Это связано с тем, что сенсор должен работать в течение нескольких лет при рабочей температуре до 500°C, иметь высокую чувствительность, селективность и потребовать для нагревания до 500°C не более нескольких десятков милливольт.

Целью настоящей работы являлось создание нового поколения полупроводниковых газовых сенсоров на основе оксидов и фторидов металлов, предназначенных для использования в приборах, селективно определяющих концентрации фтористого водорода в атмосферном воздухе и технологических газах. Для достижения этой цели необходимо было решить следующие задачи.

Оптимизация конструкции и технологии сенсоров с минимальной потребляемой мощностью и минимальной теплоемкостью. Исследование кинетики процессов сорбции и десорбции фтористого водорода на поверхности тонких пленок оксидов и фторидов металлов. Получение на основе этих результатов высокочувствительных и селективных сенсоров HF, работающих в режиме импульсного нагрева.

В результате экспериментов были впервые созданы сенсоры на основе LaF3 с предельно низким энергопотреблением при непрерывном нагреве до 450°C. На основе результатов исследования физико-химических процессов, ограничивающих быстрое действие газовых сенсоров, изготовлены датчики концентрации фтористого водорода с предельно коротким временем отклика. Предложен состав газочувствительного материала, предназначенного для селективного определения концентрации HF.

На основе выполненной работы были изготовлены селективные сенсоры фтористого водорода и изучены их характеристики.

Динамические характеристики разработанных сенсоров проверялись при скачкообразном измене-

нии концентраций фтористого водорода на входе сенсора. Опыты проводили пятикратно при нормальных условиях как при увеличении, так и при уменьшении концентрации HF. Проверка динамических характеристик сенсора сопровождалась непрерывной записью переходного процесса диаграммной лентой самопишущего прибора, скорость движения которой была выбрана такой, при которой график переходного процесса (ГОСТ 13320-81) укладывался на отрезке диаграммной ленты длиной 15 см.

Момент изменения концентрации на входе ППС отмечался на диаграммной ленте и был взят как начало отсчета времени.

Из результатов экспериментов (табл. 1) следует, что у разработанного сенсора время начала реагирования (T 0,1) составляет 1 с постоянное время (T 0,63) не более 2 s, время установления показаний (T0,9) 4 s и полное время (Tn) составляет 7 s.

Проверку диапазона измерений малогабаритного автоматического анализатора ГА-HF (рис. 2) проводили при концентрации фтористого водорода 0 -

Таблица 2

Результаты установления диапазона измерений газоанализатора ГА-HF в интервале концентраций фтористого водорода 0-300 mg/m, to.c. 20±5°C, Po.c.=730±30 mm рт. ст., n=5, P=0,95)

Введено фтористого водорода, mg/m <sup>3</sup>	Найдено фтористого водорода, mg/m <sup>3</sup>		
	x±Δx	S	Sr*10 <sup>2</sup>
2,0	1,9±0,1	0,057	3,0
16,5	16,1±0,5	0,370	2,3
22,5	22,0±0,6	0,572	2,6
30,0	31,0±0,2	0,620	2,0
35,8	34,9±0,5	0,593	1,7
37,5	36,5±0,9	0,401	1,1
45,0	46,0±0,2	0,276	0,6
52,5	51,5±0,5	0,206	0,4
60,0	62,0±0,4	0,310	0,5
67,5	65,5±0,6	0,655	1,0
75,0	76,0±0,4	0,684	0,9
82,5	80,5±0,8	0,724	0,9
85,9	87,0±0,8	0,696	0,8
90,0	91,0±0,7	0,819	0,9
97,5	96,5±0,6	0,958	1,2
100,0	98,3±0,4	0,4915	0,5
105,0	106,0±0,4	0,966	1,1
120,0	122,2±1,4	0,977	0,8
135,0	134,0±0,5	0,934	1,0
140,0	142,6±1,6	0,855	0,6
150,0	152,0±0,6	0,906	0,7
165,0	161,5±1,4	0,807	0,5
180,0	183,0±1,8	0,328	0,6
195,0	193,5±0,5	0,741	0,9
200,0	197,0±1,7	0,561	0,7
210,0	214,1±1,0	0,633	0,3
225,0	223,0±0,9	0,961	0,4
240,0	244,0±1,3	0,922	0,5
255,0	253,0±1,9	0,759	0,3
270,0	273,0±0,8	0,992	0,4
285,0	286,0±1,7	0,858	0,3
300,0	295,7±2,4	0,828	0,4

300 mg/m<sup>3</sup> подачи на вход газоанализатора стандартных поверочных смесей определяемого компонента в воздухе. Как следует из приведенных данных, зависимость сигнала, разработанного ГА-НФ,

от концентрации определяемого компонента имеет прямолинейный характер.

В изученном интервале концентраций значение Sr не превышает 0,03.

**Список литературы:**

1. Завереч Е.М. Электрохимический сенсор для определения галогеноводородов в воздушной среды//Автореферат диссертации кандидата техн.наук. Киев 2000, 23 с.
2. Васильев А.А., Писляков А.В. Толстопленочный газовый сенсор. Патент РФ №2098806 от 12.10.1997.
3. Медведева Л.В.; Сорокин Н.И.; Федоров П.П.; Соболев Б.П. Твердый фторпроводящий электролит//Патент РФ. № 2022415.1994
4. МДП сенсоры для определения концентрации фтора и фтористого водорода в воздухе. А.А.Васильев, В.Моритц и др. 10-ый симпозиум по химии неорганических фторидов. Тезисы докладов. М.: 1998. с. 28-29.

УДК 666.9.002.8

© Рузиев Н.Р. 2011 г.

## СОСТАВ И СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ ВЯЖУЩИХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЗАКЛАДОЧНЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА, МОДИФИЦИРОВАННОГО НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫМ СУЛЬФОАЛЮМОЖЕЛЕЗИСТЫМ КЛИНКЕРОМ

Рузиев Н.Р., начальник Управления инвестиционных проектов НГМК, канд. техн. наук

Металлургическая промышленность, особенно цветная металлургия, относится к числу отраслей экономики, отличающейся большой материалоемкостью. С увеличением добычи полезных ископаемых количество отходов также быстро растет, особенно это имеет место, когда уменьшается содержание полезных компонентов в рудах и усложняются горногеологические условия разработки месторождений. Вместе с тем одновременно большое количество отходов переработки промышленных руд складываются в отвалах. Представляет определенный научный и практический интерес вопрос создания композиционного материала для закладочных смесей, сочетающих в себе все положительные свойства портландцемента с невысокой себестоимостью при производстве, хорошей адгезионной способностью и высокой водонепроницаемостью. Решение этой проблемы, как подчеркивают многие авторы [1-2], возможно путём модифицирования рядового портландцемента расширяющими компонентами, к числу которых, в первую очередь, относятся сульфатоалюминатные и сульфодеритные клинкеры, которые на начальной стадии твердения изменяют физико-химическую структуру формирующегося искусственного конгломерата.

По данным автора и др. [3-4], при обжиге сырьевой смеси, включающей известняк, фосфогипс и же-

лезистую руду, рассчитанной на образование сульфодерита, сульфатоалюмината и сульфосиликата кальция, образуются и автономно сосуществуют все указанные минералы. Обжиг при 1200<sup>0</sup>С действительно приводит к частичному разложению C<sub>4</sub>F<sub>3</sub>S с выделением C<sub>2</sub>F и CS, а C<sub>5</sub>S<sub>2</sub>S - с выделением C<sub>2</sub>S и CS. Повышение температуры до 1250<sup>0</sup>С ускоряет разложение сульфодерита и сульфосиликата кальция и в сульфатоалюможелезистой системе преобладает содержание двухкальциевого силиката, двухкальциевого дерита и ангидрита. Несмотря на низкую температуру синтеза, цемент на основе сульфатоалюможелезистого клинкера обладает высокой гидравлической активностью, обеспечивающей марку «400» с большим запасом прочности. Отличительной его особенностью является то, что из-за высокой скорости твердения, образцы нового цемента после 4-х часов воздушно-влажного твердения обладают распалубочной прочностью, достаточной для погружения их в воду для дальнейшего твердения. При этом к суточному возрасту образцы характеризуются определенной величиной расширения, что предопределяет достаточно высокую тампонирующую способность сульфодеритных цементов. В связи с этим были проведены исследования по получению сульфатоалюможелезистых клинкеров и композиционных вяжущих материалов на их основе с комплекс-

ным использованием сульфодерритных клинкеров, карбонат-, сульфат-, кремнезем- и железосодержащих отходов промышленных предприятий Узбекистана, как в качестве компонентов сырьевой смеси САЖ клинкера [5].

Следующий этап проводимых в этом направлении исследований состоял в разработке эффективных составов композиционных вяжущих материалов для закладочных смесей на рядовой портландцементной матрице путем ее модифицирования сульфодерритом. Исследования проводились с использованием сульфодерритного клинкера, синтезированного путем обжига при 1200°C сырьевой смеси, включающей отсев дробленого известняка, фосфогипса, шлаков переработки медеплавильного производства, и различных механоактивированных наполнителей, в качестве которых использовали флюоритовые пески и переработанные сталеплавильные шлаки.

Установлено, что в зависимости от значений коэффициента насыщения КН и сульфосиликатного модуля  $p_s$  содержание минералов в синтезированных сульфодерритных клинкерах составляет:  $C_4A_3\hat{S}$  4,0÷8,17%;  $C_4F_3\hat{S}$  11,67-20,23%;  $C_5S_2\hat{S}$  72,72-78,4%. Указанное содержание  $C_4A_3\hat{S}$  в клинкерах предопределяет достаточно высокий темп набора прочности САЖ цементов в начальные сроки твердения, а  $C_4F_3\hat{S}$  и  $C_5S_2\hat{S}$  – обеспечивают высокую прочность сульфодерритного цементного камня в более поздние сроки твердения. Микрофотография реплики с поверхности скола сульфодерритного клинкера с КН=0,667 и  $p_s = 1,0$ , представлена высокопористым искусственным конгломератом, в котором основная масса зерен с оплавленной поверхностью не имеют определенную геометрическую форму и они по всей вероятности относятся к  $C_4F_3\hat{S}$ ,  $C_2F$  и  $C_5S_2\hat{S}$ . В порах между этими зернами расположены зерна круглой формы, относящиеся к  $C_2S$  и  $C_4A_3\hat{S}$  (рис. 1). Поры образуются вследствие выделения  $SO_3$  за счет диссоциации сульфата кальция, образующегося в результате разложения сульфодерритной и сульфосиликатной составляющей клинкера при 1200°C, что указывает на возможность снижения температуры обжига сульфодерритной сырьевой смеси порядка на 50°C.

Известно, что добавка сульфодерритных клинкеров способствует переводу рядового портландцемента в категорию безусадочных, расширяющихся и напрягающих цементов, уменьшает высолобразование и обеспечивает формирование плотной структуры и синтез высокопрочного сульфодерритного цементного композита, что обеспечивается благодаря кристаллизации этtringита, составляющего скелетную структуру гидратирующей системы

«сульфодерритный цемент-вода» [6]. При твердении сульфодерритных цементов, кроме трехсульфатного гидросульфодеррита кальция, кристаллизуется также и железистый аналог этtringита - ферриэтtringит, играющий важную структурообразующую роль при твердении сульфодерритных цементных дисперсий. В связи с этим исследовалось влияние сульфодерритного цемента на процессы твердения и набора прочности рядового портландцемента в целях связывания извести, выделяющейся при гидролизе и гидратации  $C_3S$  при его твердении.

Установлено, что совместный помол 95-75% рядового портландцементного клинкера и 5-25% САЖ клинкера с КН = 0,667 и  $p_s = 1,5$  позволяет

получить вяжущую композицию сульфодерритно-сульфодерритного механизма твердения, которая отличается ускоренным протеканием процесса твердения и набора прочности: ее показатели прочности в ранние сроки в 1-2 раза выше, чем у матричного портландцемента, что, видимо, объясняется присутствием в их составе значительного количества избытка сульфата кальция (3,88-19,69%), который, реагируя с сульфодерритом кальция и интенсивно связывая выделяющийся в процессе твердения портландцементного гидроксида кальция, образует этtringит, обеспечивающий каркас формирующегося композита, способствует повышению его прочности. Самые высокие показатели прочности модифицированных портландцементных вяжущих композиций отмечены при использовании САЖ клинкеров с КН = 0,8 и  $p_s = 1,5$  и 2,0: они уже через 1 d твердения в 2,2 - 2,6 раза выше, чем у матричного портландцементного, что объясняется более высоким содержанием

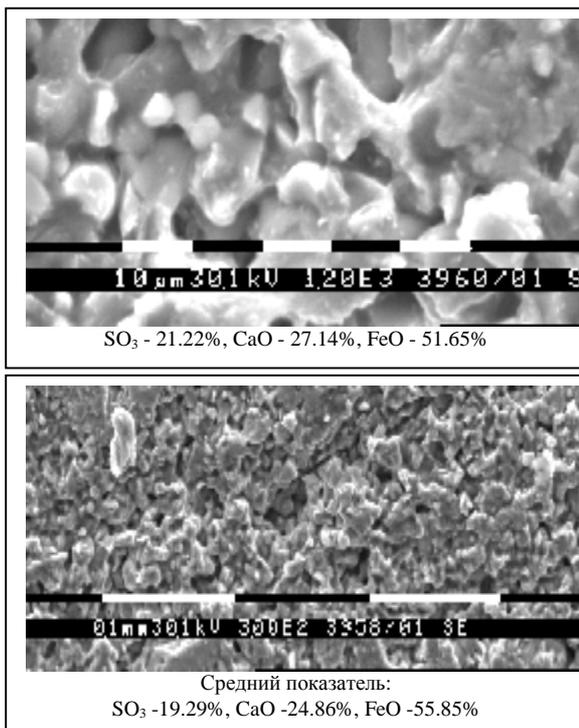


Рис. 1. Микрофотографии реплик с поверхности скола сульфодерритного клинкера, синтезированного при 1200°C

в них сульфоалюмината кальция и несвязанного сульфата кальция.

При продолжительном твердении скорость набора прочности сульфатированного цементного композита зависит от дозы вводимого САЖ клинкера: при его дозе 5-15% показатели его прочности при изгибе значительно выше, чем у матрицы, а при повышенной дозировке (15-25%) - они равны с показателями матричного портландцемента (табл. 1).

Образцы сульфатированной железосодержащей портландцементной композиции, даже при высоком содержании САЖ клинкера (30-50%), показывают более высокую прочность при сжатии, чем у образцов матрицы, причем в 1-7 d с повышением дозы САЖ клинкера ускоряется твердение композиции и образцы из модифицированных САЖ клинкером портландцементных композиций проявляют почти в 1,5-2,0 раза высокую прочность, чем образцы из матрицы (рис. 2).

Это связано, как показывают результаты определения CaO, ускоренным связыванием Ca(OH)<sub>2</sub>, выделяемого из портландцемента при его твердении в результате гидролиза и гидратации C<sub>3</sub>S с образованием водонерастворимых соединений типа гидросульфоалюминаты и гидросульфферриты кальция.

Содержание CaO в жидкой фазе, где хранились образцы смешанной цементной композиции, содержащей 50% сульфоалюможелезистого клинкера, в начальные сроки (до 6 h) от 3-х до 9 раз меньше, чем в жидкой фазе, в которой хранились образцы бездобавочного портландцемента.

Начиная с 1 d до 28 d содержание CaO, выщелачиваемого из образцов ПЦ в 1,2-1,5 раза больше, чем из образцов из смешанного цемента, что свидетельствует о его связывании в водоустойчивые гидратные соединения. С увеличением возраста твердения не отмечено снижение прочностных показателей образцов, которые на 10-18% выше, чем у матричного портландцемента.

По данным А.И. Панченко [7, 8], величина расширения цементов сульфоалюминатного типа зависит не только от количества кристаллизующегося в процессе твердения этtringита, но и от его морфологии и характера кристаллизации. Он утверждает, что при твердении сульфоалюминатсодержащих систем образуются две формы ГСАК-3: активный - мелкокристаллический и пассивный - крупнокристаллический - иглевидной формы.

Соотношение активных и пассивных форм этtringита во многом определяется концентрацией извести в жидкой фазе твердеющего цемента: при повышенных ее концентрациях преимущественно образуется активный этtringит, а при пониженных концентрациях - пассивный этtringит. По его мнению, активный этtringит располагается в основном

Таблица 1

Зависимость прочности модифицированных портландцементов от дозы САЖ клинкера с КН = 0,8 и п<sub>с</sub> = 1,5

Состав композиции, %		Предел прочности в МПа, при:							
ПЦ клинкер	САЖ клинкер	изгибе, через (d):				сжатии, через (d):			
		1	7	28	90	1	7	28	90
100	0	3,2	6,3	7,4	7,6	10,0	29,4	42,6	48,8
95	5	3,8	6,7	7,9	7,9	16,2	36,6	48,5	58,0
90	10	4,0	6,8	8,2	7,6	18,8	38,9	52,1	57,2
85	15	3,4	6,2	7,5	7,2	19,3	38,1	53,2	58,0
80	20	3,6	6,0	7,4	7,6	20,3	37,8	54,3	55,3
75	25	3,6	5,8	7,6	7,4	21,4	38,3	42,4	53,8
70	30	3,8	5,8	7,9	7,9	18,9	44,5	50,5	52,2
50	50	4,0	5,7	7,6	7,8	15,8	38,7	48,6	50,0

в непосредственной близости от поверхности частиц алюминатной составляющей клинкера, образуя оболочки, непроницаемые для воды, а пассивный этtringит - в межзерновом пространстве и порах твердеющего цемента.

Активная форма мелкокристаллического этtringита является основной причиной расширения твердеющей системы. Пассивный этtringит, располагаясь в межзерновом пространстве, способствует образованию более мелкопористой структуры и может быть причиной расширения в том случае, если он не способен разместиться в межзерновом (поровом) пространстве.

В связи с тем, что в составе САЖ клинкеров содержится порядка 4-8% сульфоалюмината кальция, 11-20% сульфферрита кальция и до 11-19% избытка сульфата кальция в составе портландцемента они выступают в качестве крентов - ускорителей твердения и инициаторов процесса кристаллизации этtringита и ферриэтtringита, которые оказывают благоприятное влияние на процесс набора прочности це-

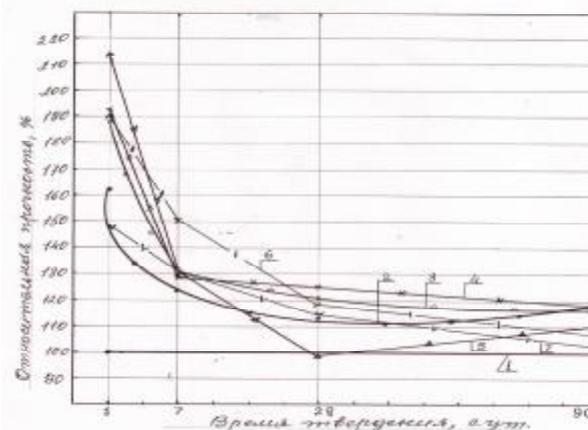


Рис. 2. Изменение относительной прочности модифицированных САЖ клинкером портландцементных вяжущих композиций: содержание САЖ клинкера: 1 - 5%; 2 - 10%; 3 - 15%; 4 - 25%; 5 - 30%; 6 - 50%

Таблица 2

Линейное расширение цементного композита на основе модифицированного САЖ клинкером портландцемента

Состав цемента	Величина линейного расширения, %			
	3d	14d	28d	90d
Портландцемент 100%	0,03	0,02	0,06	0,08
90% ПЦ +10% САЖ	0,19	0,21	0,21	0,21
70% ПЦ +30% САЖ	0,27	0,29	0,30	0,30
50% ПЦ + 50% САЖ	0,35	0,39	0,40	0,40

ментного композита.

Но вместе с тем они в определенных количествах могут вызвать его линейное расширение. Для изучения этого вопроса проводились исследования по определению влияния САЖ клинкера на деформационные характеристики композиционного вяжущего материала на основе портландцемента. В качестве объектов исследования выбраны 3 состава смешанного цемента с содержанием 10, 30, 50% САЖ клинкера с  $KH=0,8$ ;  $p_s = 1,5$ .

Исследования проводились на образцах-призмах 4x4x16 см состава 1:0. В соответствии с данными табл. 2., введение 10% САЖ клинкера придает обычному портландцементу расширяющиеся свойства: уже через 3 d. твердения величина линейного расширения образцов смешанной композиции, содержащей 10% САЖ клинкера, составляет 0,19%, которая к 14 d увеличивается лишь на 0,02%. С возрастом твердения эта величина остается неизменной до 3 мес.

Увеличение содержания САЖ клинкера в составе смешанной композиции до 30% приводит к увеличению степени линейного расширения цементного композита: величина линейного расширения к 3 d составляет 0,27%, которая к 28 d стабилизируется и достигнутое при этом соотношении портландцемен-

та и САЖ клинкера 1:1 достигнута достаточно высокая степень расширения цементного композита, которая через 3 d составила 0,35%, а через 28 d - 0,40% и она стабильно сохранилась до 3 мес.

Добавка 10-30% механоактивированных наполнителей (флюоритового песка и переработанных сталеплавильных шлаков) снижает степень напряжения цементного композита на основе портландцемента и САЖ клинкера, уменьшая при этом величину линейного расширения и снижая гидравлическую активность композиционных вяжущих материалов к 28 d твердения до 28-34 МПа.

Однако эти показатели достаточны для их использования для закладки выработанных горных пространств или создания защитного экрана.

Таким образом, установлена реальная возможность получения композиционных вяжущих материалов на основе рядового портландцемента и сульфатомоножелезистых клинкеров низкотемпературного обжига, обладающих достаточно высокой прочностью как в ранние сроки, так и при более продолжительном твердении, за счет улучшения условий формирования и развития дисперсной структуры искусственного конгломерата, что способствует также повышению сульфатостойкости и других технико-эксплуатационных свойств.

При соответствующем подходе к вопросу подбора оптимального состава модифицированного САЖ клинкером портландцемента возможно получение специальных цементов (расширяющихся и напрягающих) с высокими показателями прочности и водонепроницаемости, характеризующихся определенной степенью расширения, самоупрочения, высокой водонепроницаемостью, атмосферо-, морозо-, сульфатостойкостью и адгезионной прочностью.

Наполненные различными механоактивированными минеральными добавками техногенного происхождения смешанные цементные композиции рекомендуются как закладочные смеси для создания искусственных массивов или как строительный материал для создания противодиффузионного экрана.

#### Список литературы:

1. Осокин А.П., Кривобородов Ю.Р., Потапова Е.Н. Модифицированный портландцемент. -М., 1993. -С.328
2. Осокин А. П., Кривобородов Ю.Р. Сульфожелезистые цементы и их свойства // Труды Московского химико-технологического института им. Д. И. Менделеева. Вып. 137. 1985. — С. 23–29.
3. Рузиев Н.Р. Научные основы технологии получения малозерноёмких сульфатомоножелезистых цементов // Журнал Композиционные материалы. №4 . 2008 г. — с. 85-86.
4. Рузиев Н.Р., Искандарова М., Негматов С.С., Рахманов М.И., Хайдаров Р. Технологические основы получения низкотемпературных сульфатомоножелезистых цементов // Журнал Композиционные материалы. №4 . 2008 г. — с. 47-50.
5. Негматов С.С., Искандарова М., Рузиев Н.Р., Фарманов А.К, Хайдаров Р. Комплексная переработка отходов медеплавильного производства ОАО «Алмалыкский ГМК» //Горный журнал. Специальный выпуск. № 8. 2009. —С. 80-84.
6. Искандарова М.И. Повышение качества портландцемента путем модификации сульфатомоножелезистыми добавками //Ж.Цемент. № 1-2. 1991. —С.44-48.
7. Протыко Н.С., Мечай А.А. Расширяющийся сульфатомоножелезистый модификатор для компенсации усадочных деформаций бетонов и растворов //Сухие стр. смеси. 2008. № 3. —С. 22-24, 78.
8. Фалитов Л., Царёв А. Геоцемент получает добро //Стр-во: Новые технологии и новые оборудования. 2008. № 6. —С. 18-22.

# СИНТЕЗ УГЛОМЕРНОГО СЛЕДЯЩЕГО УСТРОЙСТВА

Юсупбеков А.Н., докторант кафедры «Автоматизация и управление» ТашГТУ, канд. техн. наук; Атауллаев А.О., ст. преподаватель НГГИ

Синтезировано угломерное следящее устройство, позволяющее построить следящую систему с нулевой установившейся ошибкой слежения при реализации пропорционально-интегрального закона управления.

Рассмотрим сначала упрощенную задачу синтеза системы азимутального слежения за объектом. Задачи слежения с возмущениями сводятся к стохастическим задачам регулирования путем расширения пространства состояния. Заданная часть состоит из антенны и двигателя. На антенну воздействует момент ветровой нагрузки - возмущение. Задача управления заключается в таком воздействии на двигатель, при котором:

$$Q(t)Q^d(t), t \geq t_0, \quad (1)$$

где  $Q(t)$  - угловое положение антенны;

$Q^d(t)$  - угловое положение объекта.

Предположим, что угол  $Q^d(t)$  доступен для измерения с помощью пеленгационного устройства. Заданная часть системы описывается при помощи дифференциального уравнения:

$$J\ddot{Q}(t) + r\dot{Q}(t) = m(t) + m_b(t), \quad (2)$$

где  $J$  - момент инерции всех вращающихся элементов конструкции, включая антенну;

$r$  - коэффициент вязкого трения;

$m(t)$  - момент, развиваемый двигателем;

$m_b(t)$  - момент возмущения, вызываемый ветром.

Предполагается, что момент, развиваемый двигателем, пропорционален входному напряжению  $U(t)$ , т. е.:

$$m(t) = kU(t). \quad (3)$$

Вводя переменные состояния  $x_{11}(t) = Q(t)$  и  $x_{12}(t) = \dot{Q}(t)$ , запишем дифференциальное уравнение (2) в виде:

$$\dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -a_{22} \end{bmatrix} x_1(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ b_{22} \end{bmatrix} u(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ C_{22} \end{bmatrix} J(t), \quad (4)$$

где  $x_1(t) = [x_{11}(t) \ x_{12}(t)]^T$ ;

$a_{22} = r/J = 4,6 \text{ c}^{-1}$ ;

$b_{22} = k/J = 0,787 \text{ рад/Вс}^2$ ;

$C_{22} = 1/J = 0,1 \text{ к}^{-1} \text{ м}^2$ ;

$J = 10 \text{ кг м}^2$ ;  $m_b(t) - J(t)$ .

Возмущение  $J(t)$  аппроксимируется белым шумом с постоянной скалярной интенсивностью  $J$ . Наблюдаемой переменной является выходной сигнал потенциометра на валу антенны:

$$y_1(t) = x_{11}(t) + W_1(t), \quad (5)$$

где  $W_1$  - белый шум с постоянной скалярной интенсивностью,  $J$ ;

$x_{11}(t) = Q(t)$  - угловое положение антенны.

Модель отслеживания цели представлена в виде экспоненциально коррелированного шума:

$$\dot{x}_3(t) = -\frac{1}{\tau} x_3(t) + n(t), t \geq t_0, \quad (6)$$

где  $\tau$  - среднее время маневра;

$n(t)$  - скалярный белый шум с постоянной интенсивностью  $N$ .

Предполагается, что эталонная переменная - цель - наблюдается с аддитивным шумом:

$$y_3(t) = x_3(t) + W_3(t), \quad (7)$$

где шум имеет постоянную интенсивность  $W_3$  и не коррелирован с шумом  $n(t)$ . Интенсивности  $J(t)$  и  $W_1(t)$  равны:

$$J_1 = 10 \text{ h}^2 \text{ м}^2 \text{с}; W_1 = 10^{-7} \text{ рад}^2 \text{с}.$$

Оптимальный наблюдатель (оценитель) описывается уравнениями:

$$\dot{\hat{x}}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & a_{22} \end{bmatrix} \hat{x}_1(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ b_{22} \end{bmatrix} U(t) + \begin{bmatrix} K_1^1 \\ K_2^1 \end{bmatrix} [y_1(t) - [1 \ 0] \hat{x}_1(t)] \quad (8)$$

$$\dot{\hat{x}}_3(t) = -\frac{1}{\tau} \hat{x}_3(t) + K_3 [y_3(t) - \hat{x}_3(t)] \quad (9)$$

Матрица коэффициентов наблюдателя  $K$  вычисляется следующим образом. Уравнение Риккати для дисперсии заданной части имеет вид:

$$\Delta \dot{x}(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -a_{22} \end{bmatrix} \Delta x_1(t) + \Delta x^1(t) \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & -a_{22} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & C_{22}^2 V_1 \end{bmatrix} - \Delta x^1(t) \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix} \frac{1}{W_1} [1 \ 0] \Delta x_1(t), \quad (10)$$

где  $\Delta x^1 = \begin{bmatrix} \Delta x_{11}^1 & \Delta x_{12}^1 \\ \Delta x_{21}^1 & \Delta x_{22}^1 \end{bmatrix}$ .

Используя тот факт, что  $\Delta x_{12}^1(t) = \Delta x_{21}^1(t)$ , получим следующую скалярную систему дифференциальных уравнений, записанную через члены  $\Delta x_{ij}^1$ ;  $i, j = 1, 2$  матрицы  $\Delta x^1(t)$ :

$$\Delta \dot{x}_{11}^1(t) = 2\Delta x_{12}^1(t) + \frac{1}{W_1} \Delta x_{11}^1(t),$$

$$\Delta \dot{x}_{12}^1(t) = \Delta x_{12}^1(t) - a_{22} \Delta x_{12}^1(t) - \frac{1}{W} \Delta x_{11}^1(t) \Delta x_{12}^1(t), \quad (11)$$

$$\Delta \dot{x}_{22}^1(t) = -2a_{22} \Delta x_{22}^1(t) + C_{22} J_1 - \frac{1}{W_1} \Delta x_{12}^1(t).$$

Установившееся решение этих уравнений при  $t \rightarrow \infty$  определяется выражением:

$$\Delta x^1 = W_1 = \begin{bmatrix} -a_{22} + a_{22} \sqrt{a_{22}^2 + 2b} \\ a_{22}^2 + b - a_{22} \sqrt{a_{22}^2 + 2b} \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$\begin{bmatrix} a_{22}^2 + b - a_{22} \sqrt{a_{22}^2 + 2b} \\ -a_{22}^2 - 2a_{22}b + (a^2 + b) \sqrt{a_{22}^2 + 2b} \end{bmatrix}$$

где  $b = C_{22} \sqrt{\frac{J_1}{W_1}}$ .

Тогда из  $\dot{x}_2 = Ex_2 + Fn$  следует, что установившаяся оптимальная матрица коэффициентов имеет вид:

$$K = \begin{bmatrix} K_1^1 \\ K_2^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -a_{22} + \sqrt{a_{22}^2 + 2b} \\ a_{22} + b - a_{22} \sqrt{a_{22}^2 + 2b} \end{bmatrix}. \quad (13)$$

При используемых численных величинах установившиеся значения матриц дисперсий и коэффициентов усиления равны соответственно:

$$\Delta X = \begin{bmatrix} 0,04036 \cdot 10^{-4} & 0,8143 \cdot 10^{-4} \\ 0,8143 \cdot 10^{-4} & 36,61 \cdot 10^{-4} \end{bmatrix}; \quad (14)$$

$$K = \begin{bmatrix} K_1^1 \\ K_2^1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 40,36 \\ 814,3 \end{bmatrix}. \quad (15)$$

Аналогичным образом находится коэффициент усиления оценителя поведения цели:

$$K_1^3 = -\frac{1}{t} + \sqrt{\left(\frac{1}{t^2} + \frac{N}{W_3}\right)}. \quad (16)$$

Индекс «3» у  $K$  обозначает принадлежность коэффициента к наблюдателю объекта в отличие от индекса «1», обозначающего принадлежность « $K$ » к наблюдателю заданной части системы. Перейдем к рассмотрению закона управления положением. Целевой функционал или критерий качества выражается в виде:

$$J = E \left[ \int_{t_0}^{t_f} \{x_1(t) - x_3(t)\}^2 + pU^2(t) dt \right]. \quad (17)$$

Результирующий установившийся закон управления описывается выражением  $y = \bar{D}x + w$ ,

$$u^*(t) = -\bar{G}_1 x_1(t) + \bar{G}_3 x_3(t). \quad (18)$$

В установившемся режиме коэффициенты усиления закона управления равны:

$$\bar{G}_1 = [G_1^1 G_2^1] = \left[ \frac{1}{\sqrt{p}} \cdot \frac{1}{b_{22}} \left( -a + a_{22} + \frac{2b_{22}}{\sqrt{p}} \right) \right];$$

$$\bar{G}_3 = \frac{\frac{b_{22}}{p}}{\frac{b_{22}}{\sqrt{p}} + \frac{1}{t^2} + \frac{1}{t} \left( a_{22}^2 + \frac{2b_{22}}{\sqrt{p}} \right)^{\frac{1}{2}}}. \quad (19)$$

На рис. 1 приведена структура система управления, полученная в предложении, что  $y_3(t)$  измеряется. Поэтому контур обратной связи не зависит от свойств эталонной переменной – цели. Синтезированная система обладает значительной ошибкой в установившемся режиме. Это обусловлено тем, что экспоненциально коррелированный шум имеет относительно большую мощность на высоких частотах, а также потому, что взвешивающий коэффициент  $p$  стремится ограничить управляющее воздействие  $U(t)$  небольшой величиной за счет точности слежения.

Чтобы построить следящую систему с нулевой установившейся ошибкой слежения, необходимо воспользоваться пропорционально-интегральным управлением. В этом случае на вход системы, кроме возмущающего момента  $J(t)$ , поступает постоянное

возмущение в форме постоянного момента  $J_0$ . Уравнение заданной части в этом случае запишется так:

$$\dot{x}_1(t) = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -a_{22} \end{bmatrix} x_1(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ b_{22} \end{bmatrix} U(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ C_{22} \end{bmatrix} J_0. \quad (20)$$

Как и ранее,  $J(t)$  – белый шум с интенсивностью  $J_1$ .

Оптимальный закон управления с нулевой установившейся ошибкой описывается выражением:

$$U^*(t) = -GX(t) - \frac{G_{22}}{b_{22}} J_0, \quad (21)$$

где  $J_0$  – оценка  $J_0$ .

Постоянную часть возмущения можно представить в виде:

$$\mathfrak{J}_0(t) = n_0(t), \quad (22)$$

где белый шум  $n(t)$  имеет интенсивность  $J_0$ .

Наблюдаемая переменная описывается выражением (5). Установившийся оптимальный наблюдатель описывается соотношениями:

$$\begin{aligned} \dot{\hat{x}}_1(t) &= \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & -a_{22} \end{bmatrix} \hat{x}_1(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ b_{22} \end{bmatrix} U(t) + \begin{bmatrix} 0 \\ C_{22} \end{bmatrix} J_0 + \\ &+ \begin{bmatrix} 0 \\ C_{22} \end{bmatrix} J_0 + \begin{bmatrix} \bar{K}_1 \\ \bar{K}_2 \end{bmatrix} [y(t) - [10] \hat{x}_1(t)], \quad (23) \\ \hat{J}_0(t) &= \bar{K}_0 [y(t) - [10] \hat{x}_1(t)], \end{aligned}$$

где скалярные коэффициенты  $K_0, K_1, K_2$  определяются в результате решения уравнения Риккати для наблюдателя (оценителя). Для численных значений,

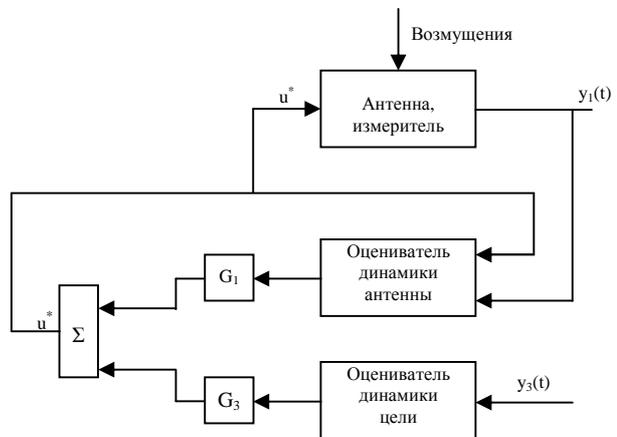


Рис. 1. Структура угломерного устройства.

принятых выше, и

$$J_0 = 60 \text{ Н}^2 \text{ м}^2 \text{ с}^{-1} \quad (24)$$

эти коэффициенты равны:

$$K_1 = 42,74, K_2 = 913,2, K_0 = 24495.$$

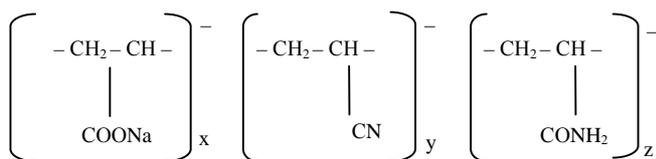
Предполагается, что среднеквадратичная величина приращения  $J_0$  за период 1 с составляет  $\sqrt{60} \approx 7,75 \text{ Н} \cdot \text{м}$ . Этот момент эквивалентен входному напряжению порядка 1 В. В результате подстановки закона управления в уравнение оценителя можно видеть, что система имеет нулевой полюс, т. е. оказывает интегрирующее действие.

# ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БУТИЛОВОГО КСАНТОГЕНАТА КАЛИЯ И СД-1 С МИНЕРАЛАМИ ПРИ ФЛОТАЦИИ

Попов Е.Л., зав. отделом технологии переработки минерального сырья ГП ИМП, канд. техн. наук.; Якубжанова М.Е., аспирантка ТГТУ

Одним из методов изучения механизма взаимодействия флотореагентов с поверхностью минералов является метод ИК-спектроскопии, который позволяет определять механизм адсорбции реагентов и классифицировать механизм их закрепления [1-15].

С этой целью нами использовался спектрометр «Magna 560» фирмы Micoled (США). В табл. 1 приведены волновые числа ИК-спектров бутилового (БКК) и изопропилового (ИПКК) ксантогенатов и нового местного (синтезированного проф. Ёдгоровым М. с сотрудниками) реагента СД-1, структурная химическая формула которого:



$$x=5-10\%; y=20-25\%; z=70-65\%$$

В табл. 1 приведены значения волновых чисел обоих ксантогенатов и СД-1. Для ксантогенатов наиболее характерна группа полос в области 1300-1000  $\text{cm}^{-1}$  [1] – в колебаниях сульфгидрильной группы и группы - С - О - С- можно выделить три достаточно сильные полосы, имеющие свою структуру в области 1060-1070, 1152-1106 и 1175  $\text{cm}^{-1}$ .

Полосу 1075  $\text{cm}^{-1}$  возможно отнести к колебаниям С=S, а полосы 1152-1106  $\text{cm}^{-1}$  и 1174  $\text{cm}^{-1}$  к колебаниям С - О - С. Положение и интенсивность полос в спектрах различных ксантогенатов зависят от свойств металла в их составе и углеводородного радикала. Зависимость частоты от типа металла в ксантогенате может быть связана с электроотрицательностью металла и увеличением доли ковалентной связи при переходе от ксантогенатов щелочных металлов к ксантогенатам Cu, Zn, Pb и Fe [1]. Различия в ИК-спектрах ксантогенатов с различной длиной радикала очень небольшие и в основном касаются участков спектров 4000-1300  $\text{cm}^{-1}$ .

Спектр диксантогена существенно отличается от спектра ксантогената: наиболее интенсивные полосы бутилового диксантогена имеют частоты 1020-1040  $\text{cm}^{-1}$  и 1240-1270  $\text{cm}^{-1}$ .

В нашем случае это полосы 1020, 1046 и 1260 и 1275  $\text{cm}^{-1}$ .

На рис. 1 приведены участки спектров бутилового ксантогената калия, изопропилового ксантогената калия, синтезированных нами ксантогенатов меди и железа, бутилового диксантогена (диксантогенида). Реагент СД-1 по своему химическому составу являет-

ся полимером. Указанные частоты колебаний отдельных групп реагента СД-1 идентифицированы в соответствии с работами [2-4]. Как и следовало ожидать, ИК-спектр СД-1 содержит полосы пропускания карбоксильной группы - COO -. Так, отмечается полоса вблизи 1700  $\text{cm}^{-1}$  (1697  $\text{cm}^{-1}$ ), что соответствует характеристической частоте колебаний группы С=О. Полоса 1453  $\text{cm}^{-1}$  приписывается деформационным колебаниям групп - CH<sub>2</sub> -. К частоте колебаний групп - CH<sub>2</sub> - могут быть отнесены также полосы 1504 и 1417  $\text{cm}^{-1}$ . Когда происходит диссоциация с образованием групп - С - О - С-, становится возможным резонанс между двумя связями - С - О -.

Поэтому полоса карбоксильного поглощения исчезает и вместо нее появляются две полосы в области 1610-1550  $\text{cm}^{-1}$  и 1420-1300  $\text{cm}^{-1}$ . В нашем спектре это полосы 1554 и 1361  $\text{cm}^{-1}$ . Группы - С ≡ N дают полосы в области частот колебаний тройных связей 2300-2000  $\text{cm}^{-1}$ . В нашем спектре это полосы 2358-2337 и 2317  $\text{cm}^{-1}$ . Частота валентных колебаний групп - NH<sub>2</sub> характеризуется полосой 3436  $\text{cm}^{-1}$ , деформационных - полосами 1651 и 1631  $\text{cm}^{-1}$ . Как известно [5], при адсорбции из растворов, находящихся в контакте с атмосферой, сорбционный слой ксантогената представлен на поверхности двумя, а чаще тремя формами закрепления: ксантогенат металла, диксантоген и переходной формой, обусловленной связью: сера минерала - металл - ксантогенат (так называемый, сульфоксантогенат) [5, 6]. Для бутилового ксантогената калия характерны полосы (рис. 1):  $\nu_1=1151 \text{ cm}^{-1}$ ;

Таблица 1

ИК-спектры флотореагентов

Вещество	Волновые числа, $\text{cm}^{-1}$ в диапазоне		
	4000-2000	2000-1300	1300-400
БКК C <sub>4</sub> H <sub>9</sub> OCSSK	3908, 3826, 3681, 3416, 2959, 2889, 2204	1630, 1461, 1445, 1374, 1303	1261, 1174, 1151, 1105, 1075, 923, 747, 670, 503, 436
ИПКК C <sub>3</sub> H <sub>7</sub> OCSSK	3704, 3421, 2959, 2889	1658, 1631, 1461, 1444, 1375, 1304	1261, 1174, 1152, 1102, 1075, 1002, 960, 923, 747, 669, 503, 435
СД-1	3898, 3852, 3797, 3736, 3675, 3436, 2358, 2337, 2327, 2317	1697, 1651, 1631, 1554, 1504, 1453, 1417, 1361	664

$\nu_2=1106 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu_3=1075 \text{ cm}^{-1}$ ; диксантогена:  $\nu_1=1275 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu_2=1260 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu_3=1046 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu_4=1020 \text{ cm}^{-1}$ . Синтезированные нами ксантогенаты меди и железа имеют следующие полосы: ксантогенат меди:  $\nu_1=1165 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu_2=1133 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu_3=1054 \text{ cm}^{-1}$ ; ксантогенат железа:  $\nu_1=1200 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu_2=1140 \text{ cm}^{-1}$ ;  $\nu_3=1075 - 1092 \text{ cm}^{-1}$ . По А.А. Абрамову [7-9] первый монослой ксантогената на сульфидной поверхности является хемосорбционным и представлен сульфидо – ксантогенатом.

По данным И.В. Кагарлицкой [11, 12], количество ксантогената, закрепившееся на поверхности порошка галенита и сфалерита, составляет при расходе БКК 50-100g/t от 1,8 до 5,28 монослоя на поверхности галенита и 1,1-2,16 монослоя на поверхности сфалерита. Очевидно, что на поверхности халькопирита, пирита и

арсенопирита также следует ожидать закрепление ксантогената в количестве, превышающем один монослой.

Количество ксантогената, соответствующее примерно одному монослою, удерживается весьма прочно, ИК-спектр этого монослоя, связанного, как можно предположить, непосредственно с поверхностью кристаллов сульфида, довольно слабый и размытый.

Вышележащие слои адсорбированного ксантогената имеют уже координацию, характерную для нормального ксантогената меди или железа. Третья форма, характеризующаяся полосами 1020 и 1080  $\text{cm}^{-1}$ , представлена продуктом окисления ксантогената – диксантогеном.

Во флотационной пульпе при наличии растворенного кислорода, анионов собирателей и сульфидных минералов на поверхности последних протекают активные окислительно-восстановительные процессы, в результате которых наряду с основным актом ионного закрепления ксантогената, также происходит окисление анионов ксантогената в диксантоген.

Скорость и направление этих реакций зависит от концентраций участвующих в реакциях веществ, величины нормального окислительно-восстановительного потенциала ксантогената, от природы сульфидов и pH среды [15].

На сульфидной поверхности существует определенное равновесие между  $\text{KX}^1$  и  $[\text{KX}]_2$ , закрепление ксантогената в этих условиях обусловлено не только способностью полярной группы ксантогената образовывать прочную химическую связь с ионами тяжелых металлов и катионами кристаллической решетки сульфидов, но и способностью аполярной цепи собирателя к дисперсионному взаимодействию. В присутствии полимеров дисперсионное взаимодействие на поверхности минералов должно усиливаться. Роль катализатора этого процесса выполняет поверхность минералов и кислород, адсорбированный на ней [10, 11].

Для образования прочной адсорбционной связи необходимо, чтобы электрон аниона ксантогената перешел в кристаллическую решетку сульфидного минерала. Переход аниона наиболее вероятен в области катионного узла поверхности кристаллической решетки вследствие наибольшей концентрации свободных электронных вакансий в данном участке решетки [6].

Эта особенность позволяет выделить зону электронных переходов, которая ограничена, с одной стороны, поверхностью кристаллической решетки, а с другой - слоем ориентированных ионов и молекул жидкой фазы флотационной пульпы.

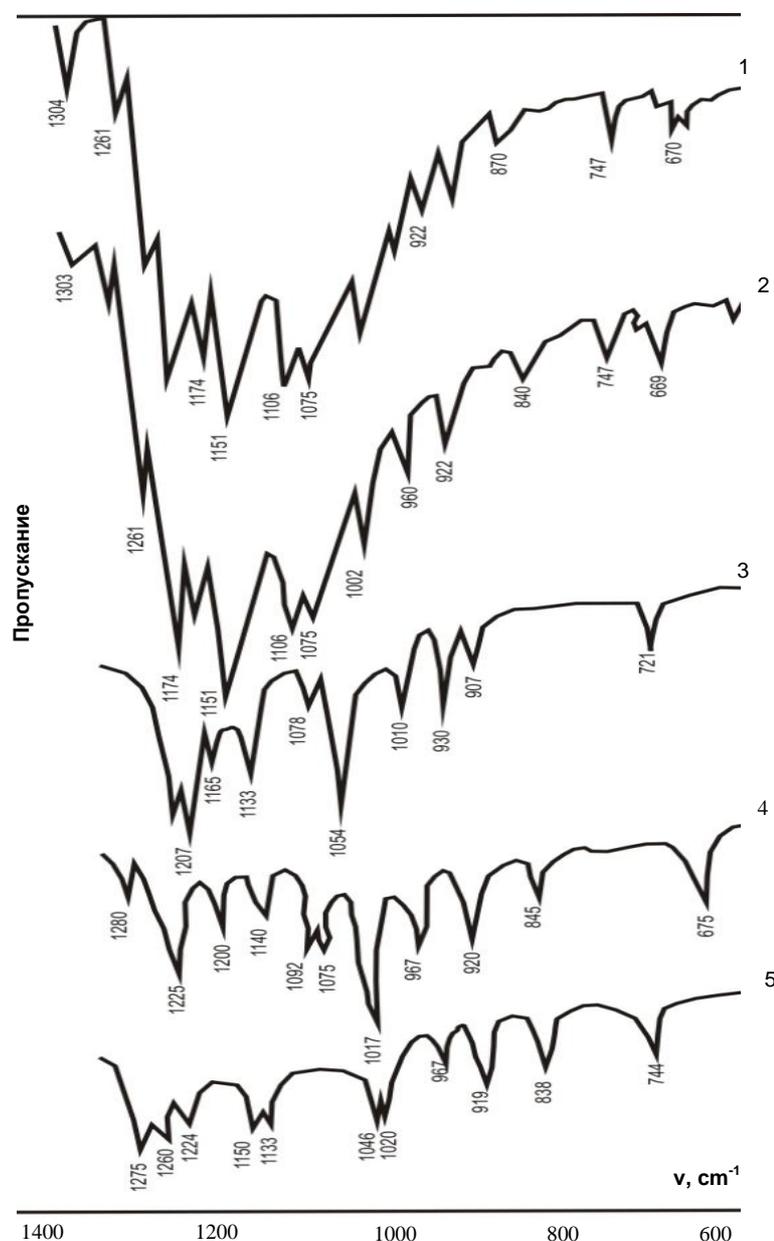
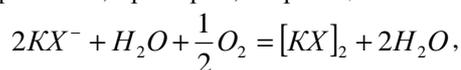


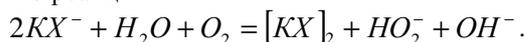
Рис. 1. Участки спектров бутилового ксантогената калия (1), изопропилового ксантогената калия (2), бутилового ксантогената меди (3), железного (4), бутилового диксантогена (5)

Ионы и молекулы жидкой фазы пульпы, соприкасающейся с поверхностью кристаллической решетки, активно взаимодействуют с электрическим полем решетки, что позволяет рассматривать эти ионы и молекулы жидкой фазы, с одной стороны, и поверхностный слой кристалла с другой, как единую энергетическую систему.

Окисление ксантогената до диксантогена может протекать, примерно, по реакции:



или по реакции:



Нейтральные молекулы диксантогена могут восстанавливаться с образованием ксантогената соответствующих металлов, возможно, что молекула диксантогена вначале образует слабую связь с поверхностью дисперсионными силами, которая потом переходит в прочную связь, сопровождающуюся разрывом связи S – S в ксантогенате [5, 7]. На рис. 2 приведены участки спектров реагентов, сорбированных из растворов бутилового ксантогената калия на халькопирите, пирите и арсенопирите, а также из растворов бутилового ксантогената калия и СД-1, взятых в соотноше-

нии 10:1. Кроме того, для сравнения приведены участки ИК-спектров СД-1, бутиловых ксантогенатов меди и железа.

Остановимся подробнее на вопросе адсорбции ксантогената из смеси с реагентом СД-1. Следует отметить, что хемосорбционно СД-1 не закрепляется на поверхности изучаемых сульфидных минералов. Благодаря этому, легче фиксировать сорбцию ксантогената из смеси с этим реагентом.

Как видно из рис. 2, положение полос ксантогената, адсорбированного из смеси реагентов, практически не изменилось. Для халькопирита, пирита и арсенопирита в интервалах изученных концентраций реагентов характерно образование на поверхности соответственно ксантогенатов меди и железа, а также промежуточных форм закрепления собирателя (сдвиг полос). Обращает внимание появление в спектрах минералов полос 1020 и 1280  $cm^{-1}$ , характерных для диксантогена. Можно сделать допущение, что СД-1 соосаждается совместно с собирателем на поверхности минералов и способствует образованию димеров за счет дегидратации ионов ксантогената. Можно заметить, что более интенсивно идет адсорбция ксантогената из смеси реагентов при соотношении в ней КХ:СД-1=10:1.

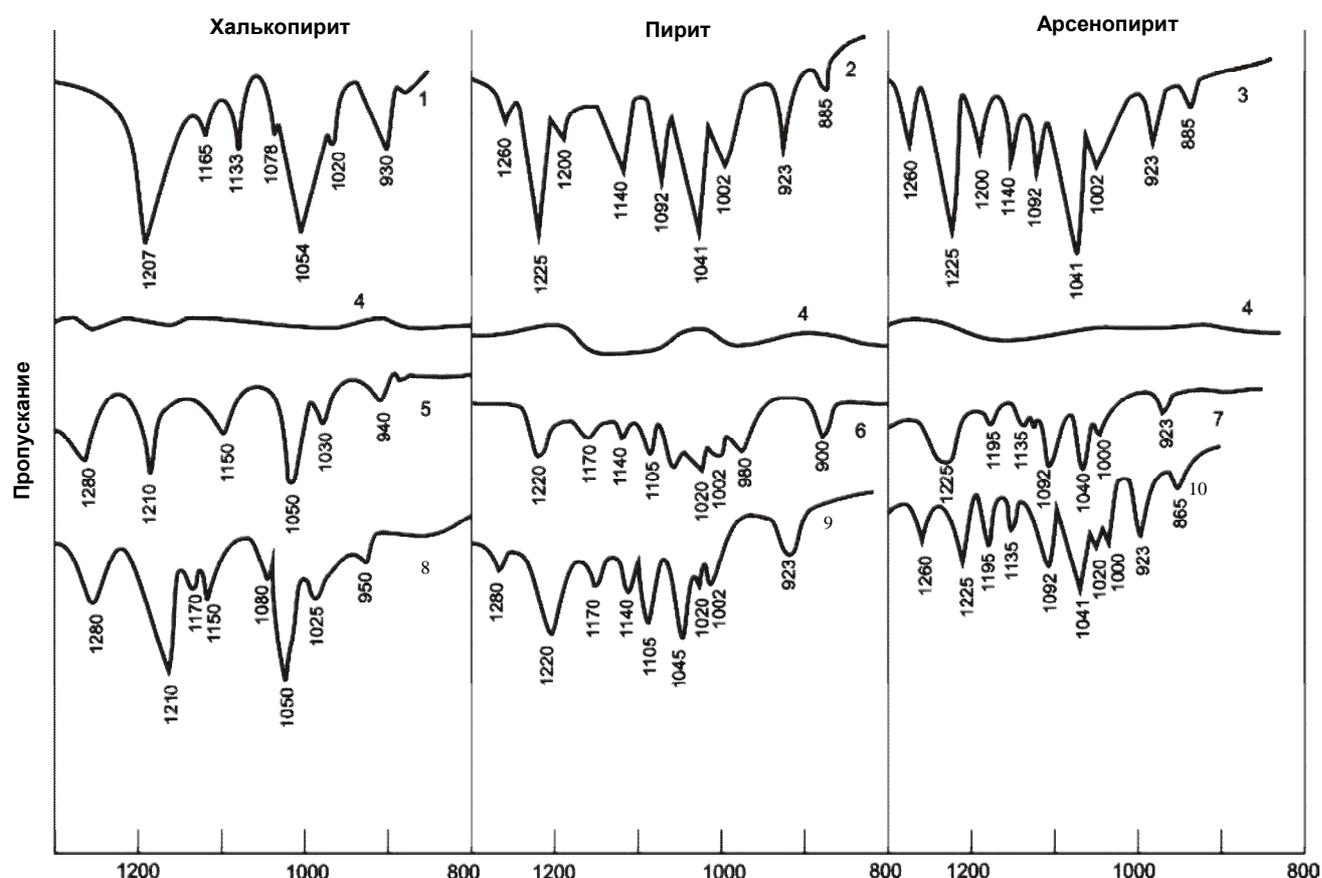


Рис. 2. Участки ИК- спектров бутилового ксантогената меди (1), железа (2, 3); реагента, сорбированного из раствора СД-1 (4) и из раствора бутилового ксантогената калия на халькопирите (5), пирите (6) и арсенопирите (7), а также из раствора бутилового ксантогената калия в смеси с раствором СД-1, взятых в соотношении 10:1 на халькопирите (8), пирите (9) и арсенопирите (10)

Интенсивность характеристических полос ксантогената на минералах больше в том случае, когда он сорбируется из смеси. Скорее всего это связано с увеличением количества собирателя, закрепляющегося на халькопирите, пирите и арсенопирите. Следует отметить, что интенсивность полос собирателя при сорбции на арсенопирите выше, чем на пирите. Соответственно флотуемость арсенопирита выше, чем пирита.

Сравнивая полученные спектры между собой, можно констатировать, что на поверхности халькопирита отмечаются полосы  $1020$  и  $1280 \text{ cm}^{-1}$ , характерные для диксантогена, в то время, как на пирите и арсенопирите таких полос не обнаружено.

При сорбции реагентов из раствора, содержащего как ксантогенат, так и СД-1, в спектрах пирита и арсенопирита появляются полосы  $1020$  и  $1280 \text{ cm}^{-1}$  диксантогена, которые без СД-1 на поверхности минерала отсутствуют. Эти полосы интенсивнее для арсенопирита.

Изучение процессов взаимодействия полимеров с минералами усложняется полидисперсностью полимеров, наличием в каждой из молекул значительного числа функциональных групп, влиянием многих факторов на форму находящихся в растворе молекул полимера и т.д. [10]. Поэтому выполненные исследования являются лишь одной из попыток изучения указанного вопроса.

Все полимеры обладают растворимостью в воде, что обусловлено наличием в их молекулах большого количества способных к гидратации полярных групп. Характер действия полимеров в значительной степени определяется свойствами их полярных групп. Изучаемый нами реагент СД-1 относится к амфотерным полимерам и содержит как катионные полярные группы -  $\text{NH}_2$ , так и анионные -  $\text{COONa}$ . Можно ожидать, что закрепление СД-1 на минералах будет обуславливаться в основном водородной связью и дисперсионным взаимодействием. На примере карбоксиметилцеллюлозы установлено [10], что величина сорбции полимера в нейтральной и слабощелочной области рН (до 10) на пирротине и халькопирите уменьшается.

Это объясняется возрастанием степени диссоциации карбоксильных групп, увеличением заряда молекул и ассоциатов молекул и соответствующим увеличением сил электростатического отталкивания, ограничивающих величину сорбции реагента. Закрепление на поверхности минералов катионной группы полимера -  $\text{NH}_2$  может быть обусловлено электростатическими силами, водородной связью.

Полимеры, закрепившиеся на поверхности минералов практически не снижают сорбцию ксантогената. Как анионные, так и катионные полимеры не вытесняют сорбированные ранее на

поверхности минералов низкомолекулярные анионные собиратели.

Водорастворимые полимеры могут образовывать прочные соединения с некоторыми ионами, находящимися как в водной фазе пульпы, так и на поверхности минералов.

При этом наблюдается не депрессирующее, а активирующее действие полимеров [10].

Полимеры могут связывать катионы в объеме раствора и таким образом снижать непроизводительный расход ксантогената. При этом повышается извлечение сульфидов в концентрат, как это наблюдается в случае применения СД-1 при флотации. На поверхности сульфидов могут крепиться не только молекулы, но и в значительной степени ассоциаты молекул высокомолекулярного реагента. С ростом концентрации гидроксильных ионов сорбция полимера увеличивается и достигает максимума в области  $\text{pH}=8-10$ , снижается при  $\text{pH}>11$  [10]. Эффективность действия полимера определяется рядом параметров, которые связаны с двумя основными факторами: природой активных групп полимеров и степенью их ионизации. Наличие в составе СД-1 значительного количества функциональных групп, нитевидное строение частиц, значительный заряд и хорошая растворимость в воде дают основание предположить, что СД-1 будет способствовать флокуляции сульфидов перед флотацией. При обработке минералов ксантогенатом совместно с СД-1 последний не препятствует закреплению на сульфидах ксантогената.

Как показали ИК-спектры рис. 2, даже возможно увеличение сорбции собирателя. Поэтому наблюдается улучшение флотуемости халькопирита, пирита и арсенопирита.

Флокулянты уже давно применяются при обогащении руд. Однако в большинстве случаев их роль ограничивалась использованием в качестве ускорителей процесса осаждения и фильтрации шламистых пульп, а также в качестве осветлителей оборотной воды. Л. Узони, Р.В. Слейтер и др. [12, 13] полагают, что действие длинноцепочных органических флокулянтов связано:

- с образованием мостиков между минеральными частицами (сульфидов) за счет водородных связей между ними и молекулой полимера;
- с электростатическим взаимодействием между зарядом ионизированного полимера и зарядом поверхности минеральной частицы; такое взаимодействие приводит к уменьшению дзета - потенциала частиц и флокуляции по мере приближения его к изоэлектрическому уровню;
- в некоторых случаях с реакцией между функциональными группами полимеров и ионами металлов на поверхности минерала.

Реагент СД-1, благодаря мостиковому механизму закрепления, выполняет роль связующего

между минеральными зернами. Естественно, что при флотации аэрофлокул требуется меньше собирателя, чем при флотации отдельных зерен. Образующиеся ассоциаты типа «собиратель - молекулы воды - регулятор» являются носителями значительного количества ионов гетерополярного поверхностноактивного вещества.

Вероятно, в момент адсорбции ассоциат частично разрушается, так как энергия взаимодействия молекул собирателя с катионами минеральной поверхности больше энергии водородной связи их в ассоциате.

Не исключена возможность, что СД-1 удерживается на поверхности минералов не только за счет взаимодействия с поверхностью (водородная связь функциональных групп), но и за счет сил ван-дер-ваальсового взаимодействия между аполярными концами частиц собирателя.

Выводы:

1. При адсорбции из раствора, находящегося в контакте с атмосферой, на поверхности сульфидов ксантогенат представлен, по крайней мере, двумя, а чаще, тремя формами закрепления: ксантогенат металла, диксантогенид и переходная форма, обусловленная связью сера минерала - металл - ксантогенат.

2. При адсорбции ксантогената из смеси с СД-1 на поверхности пирита и арсенопирита образуется диксантоген.

3. При взаимодействии реагента - СД-1 с по-

верхностью сульфидов имеет место в основном физическая сорбция реагента на минералах. На характер адсорбции ксантогената из смеси с СД-1 определенное влияние оказывает физически сорбируемый СД-1.

4. Сделано предположение, что увеличение количества закрепившегося ксантогената в случае использования его в смеси с СД-1 может быть вызвано двумя причинами: -полимер способствует образованию димеров за счет дегидратации ионов ксантогената;

-полимер связывает катионы в объеме раствора и тем самым снижает непроизводительный расход ксантогената.

5. В спектрах обработанного реагентами пирита полоса  $1280 \text{ cm}^{-1}$ , характерная для диксантогенида, имеет меньшую интенсивность, чем при адсорбции на арсенопирите.

6. Предложенный реагент является эффективным флокулянт сульфидов, действие которого связано с образованием мостиков между частицами сульфидов за счет водородных связей между ними и молекулами полимера, а также с электростатическим взаимодействием между зарядом ионизированного полимера и зарядом поверхности минеральной частицы.

7. На основании приведенных данных можно сделать вывод о целесообразности и эффективности применения полимеров при флотации различных руд.

#### Список литературы:

1. Вайншенкер И.А., Хайнман В.Я. Применение инфракрасной спектроскопии для определения характера взаимодействия флотационных реагентов с минералами. В сб. «Исследование действия флотационных реагентов». Л., Труды Механобр, вып. 135., 1965, с. 182-203.
2. Беллами Л. Инфракрасные спектры сложных молекул. М., ИЛ., 1963, 590с.
3. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М., «Мир», 1965.
4. Плаксин И.Н., Солнышкин В.М. Инфракрасная спектроскопия поверхностных слоев реагентов на минералах. М., «Наука», 1966, 199с.
5. Глембоцкий В.А. Физико-химия флотационных процессов. М., «Недра», 1972, 392с.
6. Плаксин И.Н., Шафеев Р.Ш. О влиянии поверхностных свойств сульфидных минералов на адсорбцию флотационных реагентов. В сб. «Обогащение руд и углей», М., изд. АН СССР, 1963.
7. Абрамов А.А. Влияние сорбции бутилового ксантогената и бутилового диксантогенида на флотуемость галенита. Сб. «Труды V научно-технической сессии института «Механобр», Л., т.1., 1966.
8. Абрамов А.А. О механизме действия ксантогената и диксантогенида при флотации пирита. Цветные металлы, 1966, №10, с.10.
9. Абрамов А.А. Характер закрепления ксантогената и диксантогенида и флотуемость халькопирита. Обогащение руд, 1966, №4, с.6.
10. Горловский С.И. Основные особенности высокомолекулярных органических депрессоров. Л., Труды Механобр, вып. 135., 1965, с. 157-181
11. Кагарлицкая И.В., Орел М.А. и др. Изучение гидратации ксантогената в присутствии некоторых органических веществ методом ИК-спектроскопии. Узбекский химический журнал, 1974, №3.
12. Орел М.А., Кагарлицкая И.В. Об адсорбции ксантогената в присутствии жидкого стекла на поверхности сульфидных минералов. В сб. «Вопросы обогащения и химико-технической переработки полезных ископаемых Средней Азии». Ташкент, САИГИМС, 1973.
13. Л. Узони, Г. Ринелли и др. «Селективные свойства флокулянтов и возможности их применения при флотации тонкоизмельченных руд». VШ Международный конгресс по обогащению полезных ископаемых. Л., Механобр, 1968.
14. Р.В. Слейтер, Дж.П. Кларк, Дж.А. Китченер «Химические факторы, влияющие на флокуляцию минеральных шламов под действием полимеров» Международный конгресс по обогащению полезных ископаемых. Л., Механобр, т.1, С-5, 1968.
15. Плаксин И.Н., Джакипов Т.Н., Шафеев Р.Ш. К вопросу окисления ксантогената в диксантогенид на поверхности галенита и сфалерита. В сб. Новые процессы и флотореагенты при обогащении руд. Алма-Ата, «Наука», АН КазССР, 1968, с.18-23.

# ТЕХНОЛОГИЯ ОБРАБОТКИ ОСНОВНЫХ ЗАСОЛЕННЫХ ПЯТЕН ПОЧВЫ И ПУТИ ИХ ЛИКВИДАЦИИ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Жураев Ф.У., директор Гиждуванского сельскохозяйственного профессионального колледжа, канд. техн. наук

В настоящее время общая орошаемая площадь Бухарской области составляет 274,9 тыс. га. Вся орошаемая площадь области нуждается в искусственном дренаже.

На сегодняшний день построен дренаж на площади 221,2 тыс. га, что составляет 80% от общей орошаемой площади. Общая протяженность построенных коллекторно-дренажных сетей по области составляет 7645,7 км, из которых 747 км - магистральные и отводящие, межхозяйственные, 4759 км - внутрихозяйственные коллекторы, в том числе 1001 км - закрытый горизонтальный дренаж, принимающий дренажные воды с площади 15,5 тыс. га.

Общая засоленная площадь в орошаемых землях Бухарской области составляет 3321,5 га [1]. В настоящее время на новоосвоенных землях тоже имеются засоленные почвы.

Поэтому целью поставленной задачи является разработка, обоснование, техника и технология применения для засоленных земель дренажно-котовых орудий и улучшение мелиоративного состояния почвы при минимальных затратах энергии.

Пятнистое засоление почв на орошаемых землях встречается во многих районах республики, особенно засоленные почвы охватывают Каракалпакстан, Центральную Фергану, Хорезмскую, Бухарскую, Джизакскую, Кашкадарьинскую, Сырдарьинскую и другие области.

В хозяйствах с плохим мелиоративным состоянием земель на отдельных участках площадь засоленных пятен доходит иногда до 20-25% общей площади посева [2].

Степень засоления пятна в полевых условиях встречается: средняя, сильная или очень сильная. По рельефу пятна различаются: забугрения, блюдца и ровные места, рис. 1 [3].

Для устранения пятна - забугрения на относительно легких, рыхлых по слоению почвах обычно проводится планировка, котовый дренаж, внесение требуемого органического удобрения и выборочная промывка мест пятен.

Таблица 1

**Агротехнические и энергетические показатели рабочих органов**

Варианты	Глубина обработки, м	Тяговое сопротивление, кN		Содержание фракции почвы (%) размером, м			Коеф. филт. почвы, м/d
		Без др. устр.	С др. устр.	>100	100-50	<50	
Стойка без долота	0,50	7,0	7,4	76	13	11	0,40
Стойка с S-образным долотом, вл=0,55 м	0,50	5,8	6,2	39	36	25	0,50
Стойка с конусоцилиндрообразным долотом, вл=0,55 м	0,50	6,2	6,6	64	25	11	0,45

Для обработки пятна почвы выбрано орудие котового дренажа с обоснованными параметрами при минимальных затратах энергии.

Проектирование, разработку и испытание экспериментального орудия котового дренажа проводили в полевых условиях рис. 2.

Полевое экспериментальное исследование

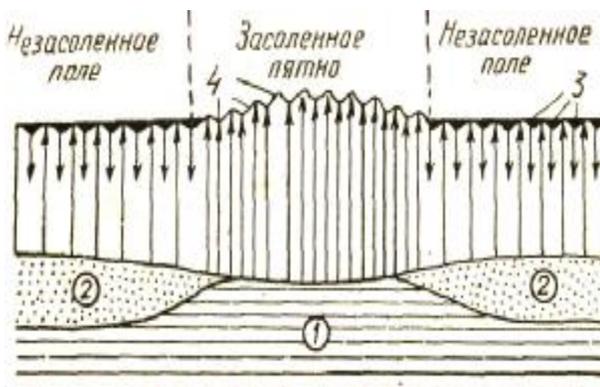
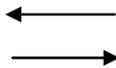
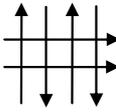


Рис. 1. Схема образования засоленного пятна в орошаемом земледелии (по А.Г. Владимирову): 1-соленые собственно грунтовые воды; 2-несолёные ирригационно-грунтовые воды; 3-борозды, заполненные водой при поливе; 4-борозды, остающиеся сухими при поливе

Таблица 2

Технология применения дренажно-котовых орудий			
Вид технологии	Название технологии	Область применения	Срок применения
	Полосная обработка	Применяется, где имеется озеро по перпендикулярному направлению	2-3 г.
	Полосно-перекрестная обработка	Применяется, где не имеется озеро по перпендикулярному направлению	1-2 г..

проводили для изучения типов рабочих органов с учетом агротехнических и энергетических показателей рабочих органов дренажно-котовых орудий. Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Из табл. 1 видно, что стойка, снабженная S-образным долотом шириной  $b_l=0,55$  м, имеет минимальное тяговое сопротивление (6,2 kN), качество рыхления почвы и содержание фракций существенно отличаются от остальных вариантов в хорошую сторону.

Следовательно, с точки зрения снижения тягового сопротивления котового дренажа оптимальным будет выбор рабочего органа стойки с S-образным долотом шириной захвата  $b_l=0,55$  м. Кротовины обычно прокладываются различными орудиями на различные глубины с различными расстояниями от 1,8 до 2,7 м на бесструктурных глинистых почвах. Кротовины хорошо держатся на валунных глинах с большим содержанием кальция. Для устойчивости необходимо

содержание в почве до 35% глины. Оптимальная длина кротовин до 120-130 м. Максимально допустимый уклон - 1:3. Лучшее время для прокладки кротового дренажа - поздняя весна и раннее лето [3]. Степень разрыхления почвы зависит в основном от ее влажности и содержания глины. Результаты эксперимента технологии применения дренажно-котовых орудий приведены в табл. 2. Там, где имеются пятна почвы, прокладку кротовин рекомендуется проводить перпендикулярно трубчатым дренам или озерам. Оптимальный срок работоспособности кротовин составляет 3 года. Из табл. 2 видно, что обработка почвы в орошаемых хлопкосеющих районах, где встречаются засоленные пятна почвы, предложенным способом с помощью дренажно-котового орудия дает свой заметный эффект в уменьшении засоленности почвы. При применении дренажно-котовых орудий можно рекомендовать также следующее: там, где не имеется вертикальных и горизонтальных дренажей, применять дренажно-котовые орудия необходимо полосно-перекрестным способом, применяемым обычно при отсутствии дренажа или озера.

Этот способ обработки почвы временно уменьшает засоленность почвы на несколько лет. На основании исследований установлено, что на засоленных почвах, где расположен уровень грунтовых вод и где имеются пятна засоленной почвы, необходимо использовать дренажно-котовое орудие. Это орудие в поливных условиях нужно применять в перпендикулярном направлении к озеру. Также данное орудие можно использовать там, где не имеется озера или участок обрабатываемой почвы находится далеко от используемой земли, при этом необходимо использовать полосно-перекрестный способ откывания дренажа.

Для улучшения плодородия гипсосо-державных и засоленных почв необходимо проведение кротового дренажа и промывного полива, а также внесение требуемого количества органических удобрений.

Этим способом улучшаются водно-воздушные свойства почвы, тем самым, увеличивается ее плодородие.



Рис. 2. Испытание экспериментального орудия кротового дренажа: а) - экспериментальное орудие; б) - образование кротового-дренажа

Список литературы:

1. У.Тожиев, Х.Намозов, Ш.Нафетдинов, К.Умаров Ўзбекистон тупроқлари. (Генезиси, географияси, эрозияси ва мелиорацияси) Маърузалар матни. Бухоро-2002. 137-151 б.
2. Н.М.Муродов, Ф.Ў.Жўраев. Дренаж-туйнук очувчи мосламанинг дала тажрибаси натижалари «Қишлоқ хўжалигида техника ва технологиялар сервисини ривожлантириш истикболлари» Республика илмий-техник конференцияси, Қарши. 2010. 176-178 с.
3. А.Е. Нерозин. Сельскохозяйственные мелиорации. (Зона средней Азии). Т. 1980. с. 139-198.

## НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ МЕДНО-ОБОГАТИТЕЛЬНОЙ ФАБРИКИ АГМК В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ КОМБИНАТА

Колтунова Л.Н., инженер-исследователь НИЛ МОФ ОАО АГМК

Двигателем прогресса в любой отрасли промышленности и развития общества является наука, её научные открытия и разработки, внедряемые во все сферы деятельности человека. Проектированию и строительству промышленных обогатительных фабрик АГМК предшествовали длительные и детальные научные изучения и исследования комплексных руд месторождений Алмалыкского промышленного региона на обогатимость, с разработкой технологических процессов и показателей обогащения - исходных данных для проектирования обогатительных фабрик.

Научно-исследовательские работы выполняли центральные научно-исследовательские институты бывшего Союза, в основном «Гинцветмет» и «Механобр», последний выполнял все проекты обогатительных фабрик АГМК и многочисленные проекты реконструкций.

Большой вклад во внедрение научных разработок в производство внесли научно-исследовательские лаборатории АГМК, сформированные на каждом предприятии, а с 1967 г. объединённые в одну центральную лабораторию, именуемую в разное время - ЦЛК, ЦНИЛ (центральная научно-исследовательская лаборатория) (1987 г.), ЦХТЛ (центральная химико-технологическая лаборатория) (1998 г.), ЦЛВНТ (внедрения новых технологий) (2007 г.). Организатором объединения разрозненных исследовательских лабораторий предприятий АГМК в единый научно-исследовательский центр ЦЛК был Купряков Ю.П., первый её руководитель и идейный вдохновитель. Позже его сменили - Чахотин В.С., Родзиевский В. - (ЦЛК), Шахматов А.С., Шахматова Н.П., Данилов Л.Е., Ким К.Ф. - ЦНИЛ, Солдаев Л.К., Крылова Т.С. - ЦХТЛ, Иванова Г.В., Шукина Е.А. - ЦЛВНТ.

Руководили научно-исследовательскими работами, проводимыми лабораториями: главные инженеры комбината - Цветков К.С., Иванов А.В., Аранович В.Л., начальники техотдела Пилецкий В.М., Халматов М.М., зам. начальника - Черный Л.Г., гл. обогатители - Ленковская Г.Л., Корешков Г.З., Чаплыгин А.Н., в настоящее время Хасполодов В.Ш. - зам. главного инженера по технологии, начальник технического отдела, главный обогатитель Варавин А.А.

В задачу научно-исследовательских лабораторий комбината входит: исследование и разработка новых и усовершенствованных технологических процессов, внедрение научно-исследовательских работ, новой техники, участие в работах по освоению проектных технологий и показателей, регулировка и наладка работы техники и технологического процесса, а также техническая помощь предприятиям по достижению ежегодных плановых показателей.

Для достижения надёжных и реальных показателей исследовательские работы выполняются в лабораторных, полупромышленных и промышленных условиях. Научно-исследовательские работы (НИР) исследователей АГМК заканчиваются отчётами по НИР и протоколами технических совещаний, рассматриваемых на предприятиях или специалистами АГМК, с выдачей решений по каждому изучаемому вопросу, проблеме.

Научно-исследовательской базой АГМК были: для медно-молибденовых руд Алмалыкского медно-молибденового комбината (АММК), полупромышленная обогатительная фабрика (ППОФ), предназначенная в 40-е годы XX столетия для переработки золотых руд; для свинцово-цинковых руд - опытная обогатительная фабрика (ООФ) с переработкой 50 t/d Алтын-Топканского свинцово-цинкового комбината (АТЦК), а также опытная обогатительная установка (10 t/d) на 1 секции МОФ.

В 1958 г. на основе двух комбинатов АММК и АТЦК сформировался единый комбинат, переименованный в 1967 г. в Алмалыкский горно-металлургический комбинат - АГМК, с 1998 г. - ОАО «Алмалыкский ГМК».

**Исследования медно-молибденовых руд.** К моменту строительства медной обогатительной фабрики (МОФ) на ППОФ АММК были изучены и исследованы окисленные, смешанные и сульфидные руды Кальмакырского медно-молибденового месторождения, разработаны и уточнены технологические схемы, режимы и показатели обогащения всех сортов руд, которые легли в основу проекта МОФ.

Для обогащения окисленных труднообогатимых упорных руд впервые в мире разработан новый метод обогащения, предложенный профессором Мостовичем В.Я., благодаря которому труднообогатимые руды стали вовлекаться в промышленную переработку.

Научно-исследовательскими работами на ППОФ АММК руководил главный инженер фабрики Табаков А.А. и начальник Прокопишин П.М., здесь же с 1955 г. начинали познавать азы науки и производства молодые специалисты Чаплыгин А.Н. - будущий начальник СОФ, главный инженер МОФ, главный обогатитель АГМК, Чаплыгина А.Г., откомандированная с СОФ для изучения новых процессов, Тихонова - Колтунова Л.Н., опытные рабочие Бокусаев И.С., Бондаревская К.А.

Выданные институтом «Гинцветмет» показатели и технология обогащения окисленных руд были проверены длительными промышленными испытаниями (1956-1957 гг.) на 1 секции СОФ по 2 схемам: прямой флотации для окисленных и схеме профессора Мос-

товича - для упорных труднообогатимых руд - процесс ВЦФ - выщелачивание меди из руд серной кислотой, цементация растворённой меди из пульпы железом, флотация цементной меди. Промышленные испытания проводились совместными усилиями технологов СОФ, исследователями комбината и сотрудниками института «Гинцветмет».

Особенно трудно шли испытания процесса ВЦФ, который осуществлялся впервые. Научно-исследовательскими работами на СОФ руководила инженер - начальник ООФ Ровная Т.И., главный инженер СОФ Иванов В.И., старший мастер секции Орёл М.А., флотаторы Тихонова Л.Н. Попова Н.А., Соколова З.Я.

Институт Механобр в 1958 г. закончил технический проект 1 очереди МОФ; а в 1961 г. были сданы в эксплуатацию 2 секции по обогащению окисленных руд: по флотационной схеме - для неупорных руд и схеме ВЦВ - для упорных руд.

Для освоения технологии и техники этих секций в помощь технологам фабрики были привлечены все сотрудники исследовательских организаций: ООФ АТСЦК, лаборатории МОФ, созданной в 1961 г., института «Гинцветмет» в т.ч. и его филиала «Средазгинцветмет». Промышленное освоение шло с огромными трудностями по причинам некачественного проектирования нового процесса ВЦФ с высоко агрессивной средой и отсутствием опыта, практики и знаний тонкостей процесса. Процесс ВЦФ осваивали не один год, постоянно совершенствуя и технологию, и работу оборудования. Исследователями комбината, совместно с институтом «Гинцветмет», проведён поиск наиболее эффективных реагентов для флотации цементной меди, в результате был найден и внедрён в производство новый эффективный реагент, обладающий собирательными и вспенивающими свойствами - бутиловый гидролизованый аэрофлот. Для цементации меди применено губчатое железо при мокром его измельчении и транспорте взамен сухого измельчения в порошок железного скрапа, изучена и внедрена в процесс ВЦФ операция флотации сульфидов меди (Чаплыгина А.Г.). Эти и другие внедрённые мероприятия позволили фабрике повысить показатели обогащения окисленных руд, однако они не были высокими по извлечению меди - ниже проектного уровня. В этой связи, а также с невозможностью полного разделения рудных потоков при дроблении окисленных и сульфидных руд (происходило их смешивание) при наличии одного дробильного тракта в дробильном цехе МОФ работа секции № 1 по схеме ВЦФ была прекращена в 1968 г.

Было принято решение о строительстве отдельной секции (ДОК) для переработки упорных руд. Выполнен проект по технологии ВЦФ, позже появилась конкурирующая ей флотационно-сорбционная технология, но корпус сорбции не был построен, окисленные руды заскладированы в 9 отвалах рудника Кальмакыр. До настоящего времени ведётся поиск и проводятся научные исследования альтернативных технологий: кучного, бактериального выщелачивания, сегрегационного обжига, автоклавного сульфидирования и других наиболее эффективных методов обогащения упорных руд.

Существенный вклад в освоение процесса ВЦФ внесли исследователи АГМК Рабинович М.Д., Ленковская Г.Л., Табаков А.А., Колтунова Л.Н., Гудимова Н.С. и Колтунов В.С., который продолжил изучение окисленных упорных руд по флотационно-сорбционному процессу и кучному выщелачиванию. В научных разработках и испытаниях процесса ВЦВ на всех стадиях исследований и освоения его в промышленном масштабе активное участие принимали научные сотрудники института Гинцветмет: Митрофанов С.И., Щербаков В.А., Щербакова М.С., Скепнер Е.Б., Тускова М.К., Разин Е.Е., Новин Г.Б. и Мещанинова В.И., выпустившая книгу, посвящённую технологии обогащения окисленных упорных руд.

С пуском и освоением 3-4 секции для переработки смешанных и сульфидных руд в тесном контакте с технологами фабрики работали исследователи МОФ и ООФ, изучавшие процессы измельчения и флотации. В процессе изучения и практики работы МОФ на сульфидных рудах выявились существенные недоработки технологической схемы. Уровень извлечения металлов не достигал проектного, исследования показали, что основной причиной являлась недостаточная степень раскрытия полезных минералов в процессах рудного измельчения и доизмельчения черного концентрата. На основании результатов исследований было принято решение о введении в технологическую схему дополнительной операции - доизмельчения промпродуктов, которая в последующем была внесена в проект и реализована при дальнейшем строительстве фабрики (II очередь, ДОК). С целью достижения технологических проектных показателей была изучена флотация промпродуктов (Енбаев И.А.). Флотация промпродуктов в отдельном цикле, как самостоятельная операция, была введена в проектные схемы и осуществлена на фабрике.

В проекте и его реализации на II очереди МОФ были учтены все ранее допущенные недостатки: применены более совершенные схемы измельчения, предусмотрено измельчение грубых концентратов и промпродуктов, более развитые схемы флотации с включением межциклового флотации и флотации промпродуктов в отдельном цикле, раздельная флотация песков и шламов после 2-ой стадии измельчения (6-7 секции 1965 г.) и с совмещённой их флотацией (8-9- секции 1966-1967 гг.), предусмотрен большой размер мельниц и флотомашин. Опыт работы показал преимущество развитых технологических схем флотации секции II очереди, извлечение металлов на 6-9 секций получено выше на 5,0% и более в сравнении со схемами 1 очереди; для более шламистых руд лучшими были схемы 6-7 секции, показавшие на увеличение извлечения в 1,0% в сравнении с 8-9 секциями.

Одновременно с освоением технологии флотации сульфидных руд началось (1966 г.) и освоение проектной технологии селективной коллективной медно-молибденового концентрата с получением 15%-го молибденового продукта. В качестве подавителя сульфидных минералов меди и железа был применён дорогостоящий реагент - сернистый натрий, расход его при внедрении достигал 10-15 kg/t коллективного концентрата и более, что делало процесс селективной

мало рентабельным. Исследователи комбината под руководством инженера Ленковской Г.Л. (гл. инженер ООФ, позже зам. начальника ЦЛК) разработали новую технологию, в которой применена пропарка коллективного концентрата в известковой среде с последующей флотацией молибдена в среде сернистого натрия. Процесс был внедрен в схеме селекции 1 очереди, расход сернистого натрия сокращен в 5-6 раз. Позже схема селекции была спроектирована и построена на II очереди МОФ, впоследствии технология селекции была усовершенствована, внедрена пропарка коллективного концентрата не только в чанах, но и по всему фронту флотации, что позволило существенно сократить расход реагентов и сернистого натрия. Показатели селекции возросли как по извлечению молибдена (до 60%), так и по качеству молибденового концентрата (до 40%). Активное участие во внедрении последней схемы селекции принимали исследователи МОФ ЦЛК, руководимые инженером Шевяковой В.Ф.

В 1980 г. сдан в эксплуатацию построенный по проекту института «Средазнипроцветмет» отдельный корпус селекции по существовавшей на фабрике технологии. Устранять многочисленные недоработки проекта, осваивать цех, регулировать и совершенствовать технологический процесс и работу флотомашин технологам фабрики помогали исследователи ЦНИЛ, из которых можно выделить прекрасно освоивших процесс и его регулировку инженера Черевко С. И. и флотатора Данилину Н. А., бригадира селекции фабрики Энис С.А.

В 1998-1999 гг. испытана и внедрена предложенная специалистами института «Узнипроцветмет» и АГМК (Уздебаева Л.К., Аранович В.Л., Гопонов Г.А. и др.) новая технология селекции коллективного концентрата с применением в качестве депрессора СБА (сульфата бисульфата аммония) и полным исключением из процесса сернистого натрия, а также пропарки по фронту флотации. Эта технология, применяемая на МОФ в настоящее время, существенно улучшила экономические показатели селекции, извлечение молибдена и качество молибденового концентрата.

Внедрением данной технологии занимались почти все сотрудники лаборатории на МОФ: Местковская И.В., Данилина Н.А., Филиппова Т.А. и молодые специалисты Ким Н., Сим О. под руководством начальника отделения обогащения медно-молибденовых руд ЦНИЛ - на МОФ Колтуновой Л.Н. Авторский надзор осуществляла Уздебаева Л.К.

С целью наращивания мощностей фабрики по переработке руды и увеличения выпуска меди в 1970 г. начата реконструкция секций 1 очереди, после которой в схемах измельчения на каждой из четырех секций установлено по 1 дополнительной мельнице большего типоразмера МШР 3,6 x 5,0, а также смонтирована новая секция № 5 на площадях бывших схем селекции и пиритной флотации, схемы измельчения секций II очереди были реконструированы по типу I.

В результате реконструкции в схемах измельчения изменено соотношение объемов мельниц между 1 и 2 стадиями как 1 : 1, вместо проектного 2 : 1 - с

одновременным снижением фронта классификации. Эти мероприятия привели к увеличению в 1,25 раза производительности фабрики и одновременно к загрузлению помола руды.

Ответственными за изучение, освоение и наладку рудоподготовительных процессов (дробление, измельчение) фабрики были инженеры-исследователи Камышанов В.А., а позже с 1970 г. Камышанова Л.Г., лаборанты Полушева Л.М., Дививи Л.С., Шаронова З.Н.

Изучая и анализируя ежегодные потери металлов с отвальными хвостами фабрики, исследователи МОФ (Колтунова Л.Н.) с целью повышения извлечения металлов из руд предложили операцию доизмельчения и дофлотации грубых песков отвалных хвостов.

Эта идея была заложена в новую технологическую схему, разработанную институтом «Гинцветмет», по 3<sup>й</sup> стадийной схеме измельчения с включением операции классификации отвалных хвостов и сбросом шламовой фракции в отвал, доизмельчением песков до 55% класса - 0,071 мм и дофлотацией доизмельченных песков. С целью дальнейшего наращивания мощности фабрики проектом 1977 г. по расширению МОФ принято загрузление измельчения руды в голову процесса до 58% класса - 0,071 мм.

По проекту «Механобра» (1974 г.), выполненному для 1-2 секции по новой технологической схеме была предусмотрена установка на каждую секцию одной мельницы МШЦ 3,6 x 5,0 в третью стадию для доизмельчения песков. При реализации этой схемы на МОФ получены высокие технологические показатели, среднее извлечение металлов по двум секциям за IV кв. 1976 г. и 9 месяцев 1977 г. составило: меди 88,5%-87,7% , золота 75,5-76,6%, серебра 61,5-65,2% соответственно. В дальнейшем обе мельницы 3<sup>ей</sup> стадии были задействованы для 4<sup>й</sup> секций I очереди, как и в следующем проекте реконструкции 1977 г. для секций II очереди по новой технологической схеме, - 2 мельницы на 4 секции.

Реконструкция секций II очереди проведена в течение 1978-1982 гг., в проект заложены высокие показатели по извлечению металлов: меди - 88%, золота-76,8%, серебра-65%, молибдена-64%; по коэффициенту движения мельниц - 0,945, по производительности мельниц МШР-3,6 x 5,0. Флотопарк укомплектован ф/машинами ФПМ-12,5 взамен Механобр-7.

Для освоения проектной технологии в 1982 г. создана комплексная бригада, включающая специалистов институтов «Механобр», «Гинцветмет», АГМК и исследователей ЦНИЛ и МОФ. Достигнутые показатели при освоении схемы 8 секций были ниже проектных: извлечение меди 84,4%, содержание класса - 0,071 мм - 54% во 2-ой и 40% - в 3 стадиях, при производительности - 90% к проекту. Загрузление помола руды до 54% в голову процесса повлияло на увеличение в 2 раза выхода песков в 3 стадию измельчения, а также использование одной мельницы 3-ей стадии на две секции не позволили достичь проектного помола песков.

Институтом «Гинцветмет» для текущих руд были определены расчётные показатели по извлечению и переработке руды в зависимости от различной степе-

ни её измельчения и содержания меди в руде, указывающие на невозможность достижения проектных показателей.

Изучением обогатимости сульфидных руд, освоением проектных технологий и оборудования, ведением научно-исследовательских работ занимались: инженеры АГМК: от МОФ Енбаев И.А., Максимова Т.Т., Колтунова Л.Н.; от НИИ «Гинцветмет» Митрофанов С.И., Глазунов Л.А., Мещанинова В.И., Сологуб Д.В., Цветков И.Т., Руднев Б.П., Десятков А.М.; от «Механобра» Бондаренко О.П., Вайсберг В.М., Бессонинова Н.В.; лаборанты МОФ Полищук Н.В., Солдатов Г.Г., Саякова З.И., Суворина Л.

После завершения реконструкции МОФ мощность главного корпуса (без ДОК) к 1986 г. достигла 96,7% от проектной, а далее при ежегодном снижении составила в 1990 г. 68,2%.

Максимальные показатели по цеху измельчения за период работы МОФ (главный корпус) были достигнуты: по коэффициенту движения мельниц в 1976 г. - 0,961, по измельчению руды в 1971-1972 гг. - 63% класса -0,071 мм, по производительности главного корпуса в 1987 г. - 97,7% к проекту.

В ходе дальнейшей эксплуатации 3-х стадийной схемы выяснилось, что проектный уровень извлечения металлов по данной схеме не достигается, показатели обогащения, как и по предшествующим технологиям, продолжали ежегодно снижаться.

Анализ причин показал, что основным фактором, способствующим снижению извлечения, является неосвоенность проектных параметров измельчения руды, что привело к загрузлению помола руды перед флотацией и завышенным потерям металлов с отвальными хвостами.

С 1991 года фабрика перешла на работу по упрощённой 2<sup>х</sup> стадийной схеме измельчения с установкой большего типоразмера флотомашин ФПМ-16,5 на I очереди - (1994-1996 гг.).

Влияние тонины помола руды в рудном цикле на показатели обогащения многократно изучалось в лаборатории МОФ и ООФ с привлечением НИИ: «Гинцветмета», «Механобра».

На протяжении ряда лет на ООФ АГМК проводились технологические испытания на обогатимость текущих руд месторождений Кальмакыр и Сары-Чеку (начальник ООФ - Могилев Н.Д.). В исследовательской лаборатории МОФ с 1967 г. ежегодно выполняли анализ измельчаемости текущих руд (Камышанова Л.Г.).

Было установлено, что характер перерабатываемых руд существенно изменился в связи с отработкой и углублением карьеров. Руды стали твёрже и с более тонкой вкрапленностью полезных минералов. Результаты технологических испытаний (АГМК, Механобр) показали, что при более тонком измельчении руды в питании флотации по содержанию классов +0,21 мм и - 0,071 мм в %: от 13 до 7 и от 60 до 70 даёт прирост извлечения металлов - 15,9% по сумме 4<sup>х</sup>, в т.ч. меди - 4,6, молибдена - 3,7%, золота - 2,5, серебра - 5,0%. Результаты этих исследований вошли в совместный отчёт по НИР, выпущенный институтом «Механобр» и АГМК. На основании отчёта - институт «Механобр»

в 1989 г. обосновал и выполнил перерасчёт мощностей медной обогатительной фабрики по снижению объёмов переработки руды на 20% с одновременным увеличением тонкости измельчения текущих руд до 70% класса -0,071 мм.

Освоение откорректированной мощности МОФ в период 1991-2008 гг. не достигло проектного уровня и составило в 1991 г. - 91,7% и значительно ниже в последующие годы.

Анализ измельчительного передела фабрики показал на весьма нестабильную работу фабрики вследствие исторических перемен и экономических реформ 90-х годов. К 2008 г. положение улучшилось, переработка руды составила 82% к установленному уровню. Снизилась тонкость измельчения руды до 50-52%, класса -0,071 мм в питании флотации. Извлечение металлов также не достигло уровня откорректированного в соответствии с изменившимся сырьём. В 2010 г. фабрика отработала более стабильно, проведена реконструкция флотопарка на эффективные большеобъемные флотомашин РИВ-45; РИВ-25. Мощность фабрики составила 96,2% к проекту, достигнутый помол руды 55,3% класса - 0,071 мм и 18,3% по кл. +0,2 мм, извлечение меди 74,5%.

На протяжении всей эксплуатации фабрики с целью повышения извлечения металлов из сульфидных руд исследователями МОФ постоянно проводился поиск наиболее эффективных флотореагентов. Исследовано огромное количество отечественных и импортных реагентов. Испытания велись в лабораторных, полупромышленных (10 т установка, ООФ) и длительных промышленных условиях в объёме одной секции, очереди, фабрики. Наиболее эффективные и экономически оправданные реагенты были внедрены на МОФ: бутиловый (изобутиловый), изопропиловый ксантогенаты в сочетании 1:1, бутиловый спиртовой аэрофлот, трансформаторное и веретённое масло с последующей эмульгацией последнего, карбамид, вспениватели ИМ-68, Т-66, Т-92, регуляторы среды-известь, гидросульфид натрия. Из многочисленных ранее проведённых промышленных испытаний флотореагентов особое внимание заслуживает стандартный импортный вспениватель МИБК, получение которого в Узбекистане возможно на основе ацетона. Проведённые сравнительные промышленные испытания МИБК на 5 секции показали, что применение его на МОФ позволит повысить извлечение меди на 0,4%, золота на 1%, серебра на 2,8%. МИБК селективен, легко десорбируется, не обладает собирательными свойствами и может улучшить процесс селекции коллективного концентрата.

С середины 90-х гг. и по настоящее время в ЦНИЛ, ЦЛВНТ проводятся научно-исследовательские работы по импортозамещению вспенивателя Т-92 новым, на основе местного сырья. Испытаны продукты многих заводов Узбекистана. Получен (Колтунова Л.Н.) и испытан в полупромышленных условиях (ООФ - Василёнок О.П.) эффективный вспениватель НП-07 (аналог ТЭБ) на основе продукта ОАО «Навоязот», который не полностью соответствует санитарным нормам, для улучшения его свойств необходимо введение в синтез НП-07 осушителя реакционной воды

(дешёвого и местного). Найденный в настоящее время эфир ортомуравьиной кислоты - импортный и дорогостоящий.

Большой объём исследовательских работ выполнен лабораторией МОФ (Колтунова Л.Н.) по изучению измельчаемости шлаков МПЗ и их флотуемости, на основании которых конвертерные шлаки и шлаки КФП перерабатывались на МОФ в смеси с рудой - 1-2% к руде в течение 1966-2004 гг. по флотационной технологии (впервые в бывшем Союзе).

Первоначальное извлечение меди из шлаков достигало уровня 80%, с ростом производительности фабрики и одновременным заглублением измельчения руды в голове процесса извлечение меди из шлаков снизилось до 60% в связи с резким различием измельчаемости шлаков и руды по физическим характеристикам: твёрдости, минерализации, измельчаемости. Промышленными испытаниями чистых шлаков на 12 секций ДОКа по отдельной технологической схеме показана эффективная флотация шлаков при тонком их измельчении.

Исследования показали, что молибден из шлаков не извлекается, он не просматривается под микроскопом, возможно, не кристаллизуется из расплава шлака или находится в субмикроскопических размерах и в окисленной форме, не извлекаемой флотацией. С 2004 г. шлаки МПЗ перерабатывают на СОФ в самостоятельном цикле флотации при тонком их измельчении с извлечением меди 70% из конверторных и 56% из отвальных.

Исследователями МОФ разработана, испытана 6-7 секционная (инженер Черевко С.И.) схема получения пиритного концентрата из хвостов промпродуктовой флотации в щелочной среде. Схема работала в течение 1992-1994 гг. Получена не одна тысяча т концентрата, содержащего 40-45 серы и 0,8 -1,2 меди, 10-12 у./ед. - золота и переработанного в печи КФП МПЗ. Ранее в 1965-1966 гг. на I очереди была испытана проектная технология получения пиритного концентрата в кислой среде, получен 45% концентрат по сере (на I очереди).

Золото занимает существенную долю в экономике АГМК. Изучением форм нахождения драгоценных металлов, поведением и распределением его во всех операциях обогащения с целью наибольшего извлечения золота из Кальмакырских руд занимались многие НИИ: «ЦНИГРИ», «Гинцветмет», «СредазНИПРОцветмет», «Механобр» и постоянно научно-исследовательская лаборатория на МОФ АГМК. Изучена флотация свободного золота в сильнощелочной среде, для извлечения которого внедрены изготовленные АГМК в 1970 г. концентраторные шлюзы в циклах доизмельчения концентрата. Испытаны процессы пенной сепарации, флотоотсадки и др.

Разработаны и внедрены реагентные режимы, повышающие извлечение флотационного золота с применением сочетания различных ксантогенатов, бутилового аэрофлота, карбамида. Разработаны специалистами фабрики (главный инженер МОФ Гапонов Г.А.) и ЦНИЛ - лаборатории МОФ две установки для доизвлечения меди и золота из отвальных хвостов 10-11 и 1-2 секциях (УДИМ) с включением в схему уста-

новки УДИМ новых колонных флотомаши и монофлотокамер (МФК), изготовленных АГМК. Извлечение металлов на установке УДИМ в 1998-1999 гг. достигало до 30-45% от операции при содержании в концентрате меди 2,5%, золота 5,5 у./ед., по минералогическому анализу в концентрате МФК отмечена концентрация свободного золота. Испытаны многие центробежные сепараторы: винтовой, конусный, Нельсона на ООФ, Фалкон SV40 в лаборатория МОФ (Гинцветмет) на различных продуктах фабрики, применение которых в технологическом процессе МОФ не представляется возможным в силу низкой их производительности и большой обводнённости процесса сепарации.

Исследованиями процессов извлечения драгоценных металлов из руд занимались от АГМК: инженеры Максимова Т.Т., Трошкова Т., Хальмирзаева М.Т., Черевко С.И., Колтунова Л.Н.; от НИИ: Китикова Л.С., Руднев Б.П., Шамин А.А., Уздебаева Л.К.

С пуска фабрики (1961 г.) активное участие в научно-исследовательских работах принимала инженер-исследователь Колтунова Л.Н., впоследствии возглавившая отделение обогащения ЦНИЛ на МОФ в течение 1981-2002 гг. Под её руководством проведены все научно-исследовательские работы по медно-молибденовым рудам, по освоению и внедрению проектных и новых технологий и новых реагентов, флотационному обогащению шлаков МПЗ, технологии селекции коллективного концентрата и других исследований. В составе лаборатории были две группы отделения, возглавляемые начальниками Камышановой Л.Г. (рудоподготовка, вспомогательные процессы) и Черевко С.И. (коллективный цикл флотации и цикл селекции).

Опытные рабочие, посвятившие себя исследованиям с начала освоения медной фабрики: Коротких З.С., Шаронова З.Н., Солдатова Г.Г., Дививи Л.С., Данилина Н.А., Самохвалова В.В., в совершенстве овладевшая всеми лабораторными процессами обогащения руд. За весь период работы МОФ исследовательскую лабораторию медной фабрики возглавляли: Рабинович М.Д., Енбаев И.А., Быков Р.А., Максимова Т.Т., Чёрная Н.Т., Колтунова Л.Н. и Соломко Н.Г., выполнены НИР под её руководством:

- освоение после проведённой реконструкции II очереди МОФ (3-4 м/с) большеобъёмных флотомаши РИВ-45 и РИВ-25, совместно с АОЗТ РИВС и МОФ;

- освоение нового участка по доизвлечению металлов из отвальных хвостов 2 м/с (УПОХ) на базе флотомашины 100 УМ с установленным в ней флотоблоком РИВ-45, а также совершенствование ранее освоенных участков I очереди (УДИМ) и на 10-12 секциях;

- проведены промышленные испытания (2 месяца) предложенной ранее ЦНИЛ схемы получения пиритного концентрата из хвостов промпродуктовой флотации. Получен концентрат, содержащий серы 40% и более для повышения серы в шихте КВП МПЗ, снизившейся из-за переработки шлакового концентрата, получаемого на СОФ;

- по результатам работы МОФ в декабре 2008 г.

установлена зависимость извлечения меди от содержания её в руде в интервалах 0,35-0,4% и 0,28-0,34%. Изменение содержания на  $\pm 0,01$  % приводит, соответственно, к изменению извлечения на  $\pm 0,71\%$  и  $\pm 1,17\%$  для руды месторождения Кальмакыр.

В составе лаборатории – начальники групп: процессы рудоподготовки – Камышанова Л.Г., опытный исследователь и Филиппова Т.А., начинающая исследования молодым специалистом и вернувшаяся к ним в 1997 г. (селекция, коллективный цикл); молодые специалисты Ким Н., Огай Е. Опытные флотаторы: Сидоренко О., Пронякова Т.В., Сулейманова М., Пыляшева Т.В.

В настоящее время коллектив исследовательской лаборатории на МОФ возглавляет начальник группы Камышанова Л.Г. В коллектив пришли молодые рабочие: Кушмурадова Дильноза, Дадабаева Севара, Джаникулова Муаззам, Алиева Кристина и др. Коллектив продолжает работать по освоению большеобъемных флотомашин РИВ-45 и РИВ-25 на вновь смонтированных моносекциях флотации № 5 на ДОКе и № 6 на I очереди фабрики; проводятся испытания экспериментального барабанного классифицирующего устройства на мельницах I стадии измельчения и др.

Достигнутые на МОФ качественные показатели обогащения медно-молибденовой руды, полученные за весь период ее работы, можно оценить по степени ее обогатимости -  $\Sigma / \alpha 100$  - отношение извлечения к содержанию металлов в руде. При максимально достигнутом извлечении металлов в 1975-77 гг., степень обогатимости составила: по меди - 1,47, по золоту - 0,96, по молибдену - 94,7, а для бедных руд в 2006-2010 гг. она достигла максимума 1,97-1,99 по меди, 1,24-1,26 – по золоту и 121,3-119,3 по молибдену. Это говорит о правильно выбранном направлении научных разработок, принятых решений, эффективной модернизации техники и высокой организации производства МОФ.

Немалая заслуга в этом принадлежит исследовательской лаборатории МОФ, которая и в дальнейшем нацелена на активное участие в научно-технической деятельности фабрики и в достижении плановых, а также максимально-возможных показателей обогащения руд.

**Исследования свинцово-цинковых руд.** Решение о строительстве ООФ АТСЦК было принято вследствие недостаточной изученности руд Курганшинканского и Алтын-Топканского месторождений и отсутствия испытаний их на обогатимость.

Институт «Механобр», совместно с технологами ООФ, изучил и исследовал вещественный состав руд. Алтын-Топканская руда оказалась значительно тверже и сложнее по вкрапленности полезных минералов в породе и взаимному их прорастанию. Исследования обогатимости руд на ООФ проводились по 2-м альтернативным технологическим схемам обогащения - коллективно-селективной и селективной. В результате испытаний по обоим технологиям были получены практически равнозначные показатели.

На основании результатов испытаний институт «Механобр» выполнил проект СОФ, в котором пре-

имущество получила селективная технология. Из руд, измельченных до 75% и 85% класса  $-0,074$  мм, флотировали свинцовые минералы с депрессией в голове процесса цинковых – цианидом с последующей активацией и флотацией цинка из хвостов свинцового цикла. Технологическая схема включала 2<sup>х</sup> стадийное измельчение руды, основную и контрольную флотации с 3<sup>м</sup> перечистными операциями грубого концентрата в свинцовом и цинковом циклах флотации.

С пуском в эксплуатацию СОФ в 1954 г. на 1-2 секциях перерабатывали окисленные и смешанные руды, с 1956 г. все 5 секций переведены на переработку сульфидных руд и на протяжении ряда лет секции фабрики работали по обоим технологиям: по селективной (1-3) и коллективно-селективной (4-5). Исследователями СОФ и ООФ, институтом Механобр постоянно изучались сложные процессы обогащения комплексных руд. Исходя из результатов исследований и практики работы СОФ, пришли к выводу, что схемы коллективно-селективной флотации экономичнее и проще в эксплуатации.

В 1958 г. институт «Механобр» выполнил проект расширения и реконструкции фабрики. В основу проекта была заложена схема коллективной флотации с последующей селекцией коллективного концентрата.

В соответствии с проектом к 1965 г. на фабрике освоены: замкнутый цикл дробления, усовершенствованная схема измельчения с перекомпановкой мельниц между стадиями измельчения, позволившие стабилизировать процессы измельчения и флотации; освоена новая технологическая схема обогащения - коллективно-селективная. Реконструкция фабрики закончилась в 1970 г. пуском в эксплуатацию нового цеха селекции коллективного концентрата. Единая на всю фабрику секция селекции позволила управлять сложным технологическим процессом высококвалифицированными кадрами, максимально автоматизировать единый узел селекции.

Освоению и внедрению всех этих процессов активно способствовали исследователи лаборатории ЦЛК СОФ, ведение сложного процесса селекции осуществлялось под постоянным контролем исследователей.

В результате выполненной работы по расширению и реконструкции фабрики производительность её возросла вдвое, технологические показатели, в сравнении с 1958 г., повысились: по извлечению свинца - на 15%, цинка - на 30%; значительно улучшилось качество концентратов.

В течение 1958-59 гг. исследователями ООФ вместе с технологами СОФ освоена проектная схема получения пиритного концентрата. Полученный 40-45% концентрат был заскладирован в отвал на территории СОФ и переработан позже в сернокислотном цехе ЦЗ на серную кислоту. По результатам исследований лаборатории ЦЛК СОФ была осуществлена частичная 50% - замена токсичного депрессора-цианида реагентом СС (сульфат - сульфитная смесь) в цикле селекции коллективного свинцово-цинкового концентрата. Технология была освоена и

внедрена на фабрике, позволила повысить технологические показатели. В 1980 г. стоял вопрос о повышении марочности свинцового концентрата. В лабораторных условиях исследователями ЦЛК проверены сульфатная, бихроматная, хромпиковая (проектная) и сульфитная технологии, показавшие идентичность результатов. В промышленных условиях исследователями СОФ проведены испытания с получением медного концентрата 2-х технологий, разработанных институтом ТашПИ (Чазов В.Н.) и ЦНИЛ (Уколова Л.И.), показано преимущество технологии ЦНИЛ.

В последующие годы проводились работы по усовершенствованию технологии селекции и коллективного цикла флотации; отработка реагентных режимов с использованием новых реагентов, замене дефицитных дорогостоящих реагентов. Экономически эффективные реагенты внедрены на фабрике: вспениватели Т-66 и Т-92, сочетание бутилового и изопропилового ксантагенатов в соотношении 1 : 1, дополнительная подача бутилового аэрофлота, что позволило повысить извлечение свинца и цинка в коллективном цикле флотации. Испытан и внедрён в производство электролит Кадамжайского завода, позволивший исключить подачу сернистого натрия в процесс. Испытаны и внедрены флотомашины ФП-3,2, ФМ-3,2 в перемешивающих операциях коллективного цикла и цикла селекции. Проведена реконструкция узла десорбции и отмывки коллективного концентрата.

К 1975 г. была полностью закончена реконструкция всех цехов СОФ. В 1975-1976 гг. фабрика перекрыла на 10% проектную мощность. Самые высокие проектные показатели достигнуты в этот период: извлечение свинца - 83-83,5%, цинка - 76,5-77%, содержание свинца в концентрате - 56-57%, цинка - 55-56%, содержание в руде свинца 1,3% и цинка 1,52%.

С 1983 г. на СОФ начали перерабатывать отвальные Кургашинканские руды и труднообогатимые окисленные и смешанные Уч-Кулачские руды. Для переработки смешанных свинцово-цинковых руд месторождения Уч-Кулач исследователями СОФ и ООФ (Могилев Н.Д.) совместно с институтом «Гинцветмет» разработана и внедрена на фабрике схема и режим обогащения с отдельной флотацией сульфидных и окисленных минералов свинца. На секции, перерабатывающей эти руды, получен прирост извлечения свинца - 12,5% и в целом по фабрике - 2,5%. Впоследствии сульфидные свинцово-цинковые руды месторождений Алтын-Топкан (с повышенной твёрдостью) и Уч-Кулач (сложные с более тонкой до эмульсионной вкрапленностью) перерабатывались совместно.

Исследователями СОФ отработан оптимальный режим совместной переработки руд. Внедрённая операция аэрации пульпы перед цинковой флотацией позволила повысить извлечение цинка на 0,6%; добавка 8-10 г/т цианида в коллективный цикл флотации повысила извлечение цинка на 1,5% и качество коллективного концентрата на 1%. Достигнутые максимальные технологические показатели на смеси руд: извлечение свинца составило 80%, цинка - 65%.

В 1994 г. значительно сократилась добыча Уч-Кулачских руд и прекращена подача Алтын-Топканских и Кургашинканских руд. В этих условиях СОФ была частично переведена на переработку медно-молибденовых руд месторождения Сары-Чеку (1-2 секции) и проработала на различных типах руд, включая 1 квартал 1996 г. Впоследствии СОФ успешно работала на медно-молибденовых рудах, плановые показатели стабильно выполнялись. Извлечение меди находилось на уровне 80,5%; качество концентрата на уровне 15%. Эти показатели были достигнуты благодаря ряду работ, выполненных фабрикой совместно с ЦХТЛ: откорректирован реагентный режим, оптимизирован фронт флотации, внедрена операция классификации и доизмельчения промежуточных. Более низкое качество медного концентрата (на МОФ 17-18% на МОФ) обусловлено отсутствием доизмельчения черного концентрата на СОФ.

В настоящее время СОФ перерабатывает отвальные балансовые руды Кальмакырского месторождения и шлаки МПЗ. Большой вклад в их освоение вносят исследователи ЦНИЛ, ЦЛВНТ. Совместно с ООФ (руководитель Василёнок О.П.) лабораторными и полупромышленными испытаниями был разработан реагентный режим и схема обогащения смеси отвальных шлаков МПЗ с медной рудой месторождения Сары-Чеку в соотношении 1:3, а затем и чистых шлаков. Обе схемы успешно прошли промышленные испытания на 6 секциях СОФ, работающей с 2004 г. на смеси шлаков с рудой, а с 2005 г. - на чистых шлаках. За 2007 г. извлечение меди из шлаков составило ~ 66%, золота ~ 63%, что говорит об эффективности флотационного обогащения шлаков. Раздельная переработка шлаков позволяет получить в хвостах флотации железосодержащий продукт для нужд Узбекистана, а также сохранить молибден, извлечённый из руд месторождения Сары-Чеку в коллективный концентрат, направляемый на МОФ в цех селекции. Фабрикой освоен узел обезвоживания шлакового концентрата, который подаётся на МОФ в медный концентрат или прямо на МПЗ.

Производительность 6 секции, перерабатывающей чистые шлаки, резко снизилась в связи с их твёрдостью, вследствие которой быстро изнашивается оборудование и существенно увеличивается расход помольных шаров.

Несмотря на переработку различных типов труднообогатимого сырья, СОФ (начальник Пан В.В.) ежегодно выполняет производственный план. В этом им активно помогали исследователи ЦНИЛ, ЦЛВНТ. Начальниками отделения обогащения свинцово-цинковых руд в разное время были Шахматова Н.П., Уколова Л.И., Сулейманова Гульнар Ягъяевна, работающая в АГМК с 1957 г. и по настоящее время. С начала организации в лаборатории работали инженер Бренькова Т.В и опытные рабочие: Халилова Э, Бурматова Н.Н., Калинович С.Н., Скоринова А.И., в настоящее время - Надточиева Н.А., Колтунова Е.Д.

Исследователи ЦЛВНТ и в дальнейшем намерены принимать активное участие в научно-технической деятельности АГМК в целях успешного развития комбината.

## МЕТОДИКА НОРМИРОВАНИЯ РАСХОДА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ РУДЫ

**Багдасарян М.К.**, зав. кафедрой электрических машин и аппаратов Государственного инженерного университета Армении, докт. техн. наук; **Алавердян С.С.**, ст. лаборант кафедры электрических машин и аппаратов Государственного инженерного университета Армении

Одним из важных условий рационального использования электроэнергии является правильное нормирование ее расхода, что особенно актуально в новых условиях хозяйствования и при растущем дефиците электроэнергии. Расчет норм удельного электропотребления базируется на решении комплекса задач, связанных с выявлением закономерностей изменения производственных и энергетических показателей, что диктует необходимость вскрытия и учета резервов экономии удельных расходов электроэнергии, основанных на совершенствовании технологии, улучшении организации производства и эксплуатации оборудования. Именно поэтому нормированию электроэнергии на горнорудных предприятиях предъявляются наиболее жесткие требования, касающиеся прогрессивности, научной обоснованности и точности. Существующие методы нормирования удельных расходов электроэнергии на горнорудных предприятиях не в полной мере учитывают специфические особенности каждого технологического процесса, оборудования, режимов электропотребления, потенциальных возможностей технологических процессов и не всегда соответствуют оптимальным режимам работы [1].

Целью работы является разработка методики нормирования удельных расходов электроэнергии наиболее энергоемкого технологического процесса с учетом особенностей переработки руды и режимных параметров. Горнорудная промышленность характеризуется нестационарностью. Это объясняется, прежде всего, тем, что предприятия указанной сферы работают в круглосуточном режиме и перерабатывают несколько типов руд при резко изменяющихся условиях производства.

Для каждого типа руды и условий производства технологическая карта предусматривает оптимальный режим, в связи с чем изменяются характер работы технологического оборудования и режим потребления мощности. Специфика нормирования удельных расходов электроэнергии на горнорудных предприятиях заключается в наличии значительного числа факторов, предопределяющих участие в процессе производства технологического оборудования определенного типа и количества.

Исходя из вышесказанного, при нормировании электроэнергии на горнорудных предприятиях необходимо учитывать следующие условия использования технологического оборудования:

- включение технологического оборудования в работу одновременно (базовое оборудование);

- включение технологического оборудования в работу отдельно в зависимости от объема и качества переработки руд (дополнительное оборудование).

Норма расхода электроэнергии на горнорудных предприятиях определяется суммированием норм расхода по отдельным технологическим операциям, и, следовательно, точность нормирования зависит от правильного нормирования более энергоемких процессов.

В статье рассматривается нормирование технологического процесса измельчения, так как он наиболее энергоемкий и, кроме того, характеризуется наибольшей потенциальной возможностью для экономии электроэнергии [2]. Режим работы оборудования на этом технологическом процессе зависит от многих факторов, таких как: содержание железа в исходной руде, влажность, твердость и крупность руды, организационные неполадки, поступление сырья в неполном объеме и др. При установлении норм удельного расхода электроэнергии для базового оборудования технологического процесса измельчения необходимо иметь в виду следующие производственные условия:

- проведение работы в соответствии с режимами, предусмотренными технологическими нормами;
- загрузка оборудования по мощности и производительности на планируемом уровне.

Потребляемая мощность базового оборудования определяется по формуле:

$$P = \sum_{i=1}^n P_i, \quad (1)$$

где  $P_i$  - потребляемая мощность  $i$ -го оборудования, kW;

$n$  - количество работающего оборудования.

Уравнение (1) справедливо для случая неизменного набора и расположения аппаратов в технологической цепи. Однако при одних и тех же типоразмерах мельницы, являющиеся наиболее энергоемкими базовыми оборудованьями, широко применяются на различных стадиях измельчения. При этом технологические условия работы мельницы меняются. Оценка расходов электроэнергии одинаковых мельниц, работающих на различных стадиях измельчения, показала, с одной стороны, существенность расхождений, а в случае различных технологических схем одной и той же стадии измельчения - их несущественность. Поэтому при нормировании необходимо учитывать места мельниц в технологической схеме (стадия измельчения), а также число работающих мельниц в соответ-

ствующих стадиях. Потребляемая мощность базового оборудования при разных возможных соотношениях объемов мельниц и известном числе (m) однотипных мельниц, находящихся в технологической схеме, определяется по формуле:

$$P = P_M + \sum_{i=1}^q P_i,$$

где  $P_M$  - суммарная потребляемая мощность мельниц первой и второй стадий измельчения, равная  $P_M = k_1 m P_1 + k_2 m P_2$  при соотношении мельниц 1:1,  $P_M = 2k_1 m P_1 + k_2 m P_2$  - при соотношении мельниц 2:1;

$P_1, P_2$  - потребляемые мощности мельницы соответственно первой и второй стадий измельчения;

m - число мельниц;

$k_1, k_2$  - коэффициенты использования мельницы, соответственно, первой и второй стадий измельчения ( $k_1=0,83, k_2=0,8$ ).

При изменении установленных технологических нормативов используется дополнительное оборудование, при использовании которого получаем материал в соответствии с требуемыми стандартами. Тогда потребляемая мощность будет:

$$\begin{cases} P_1 = P + \sum_{i=1}^k P_{ig1}, \\ P_2 = P_1 + \sum_{i=1}^k P_{ig2}, \\ \mathbf{M} \\ P_n = P_{n-1} + \sum_{i=1}^k P_{igp}, \end{cases} \quad (2)$$

где k - количество дополнительного оборудования, включаемого в работу при изменении технологических нормативов;

$P_{ig}$  - потребляемая мощность дополнительно включенного оборудования.

Система (2) лежит в основе разработки норм удельного электропотребления. Для определения годовой нормы удельного расхода электроэнергии, кроме вышеприведенной системы уравнений (2), необходимо установить расход электроэнергии процесса измельчения.

С этой целью на основе кубического сплайна были подвергнуты обработке статистические данные за предшествующий год. При этом для получения зависимости, позволяющей определить потребляемую электроэнергию в любой интервал времени, в пределах j-го интервала кубический сплайн представляется полиномом третьей степени:

$$W_j(t) = M_{j-1} \frac{(t_j - t)^2 (t - t_{j-1})}{h_j^2} - M_j \frac{(t - t_{j-1})^2 (t_j - t)}{h_j^2} + K_{j-1} \frac{(t_j - t)^2 (2(t - t_{j-1}) + h_j)}{h_j^3} + K_j \frac{(t - t_{j-1})^2 (2(t_j - t) + h_j)}{h_j^3}, \quad (3)$$

где  $h_j = t_j - t_{j-1}, t_{j-1} \leq t \leq t_j$ .

Значения коэффициентов  $M_{j-1}, M_j, K_{j-1}, K_j$  определяются исходя из минимума среднего квадратического отклонения сплайна от соответствующего значения потребляемой мощности предыдущего года, представляемого в виде:

$$\sum_{i=1}^H \sum_{j=0}^{N-1} (W_j(t) - y_{N(j-1)+(i+1)})^2 \rightarrow \min, \quad (4)$$

где j, i - соответственно номер интервала разбиения и ординаты сплайна.

Функционал (4) имеет минимум при коэффициентах  $M_{j-1}, M_j, K_{j-1}, K_j$ , удовлетворяющих следующей системе нормальных уравнений:

$$\begin{cases} a_{11} K_{j-1} + a_3 M_{j-1} + a_{12} K_j - a_{10} M_j = d_{1K,j}, \\ a_{12} K_{j-1} + a_4 M_{j-1} + a_{16} K_j - a_{14} M_j = d_{2K,j}, \\ a_3 K_{j-1} + a_1 M_{j-1} + a_4 K_j - a_2 M_j = d_{1M,j}, \\ a_{10} K_{j-1} + a_2 M_{j-1} + a_{14} K_j - a_6 M_j = d_{2M,j}. \end{cases} \quad (5)$$

Использованы следующие обозначения:

$$\begin{aligned} d_{1K,j} &= \sum_{j=0}^{H-1} y_{N(j-1)+(i+1)} \left( 1 - 3 \frac{i^2}{H^2} + 2 \frac{i^3}{H^3} \right), \\ d_{2K,j} &= \sum_{j=0}^{H-1} y_{N(j-1)+(i+1)} \left( 3 \frac{i^2}{H^2} - 2 \frac{i^3}{H^3} \right), \\ d_{1M,j} &= \sum_{j=0}^{H-1} y_{N(j-1)+(i+1)} \left( 1 - \frac{i^2}{H^2} + \frac{i^3}{H^3} \right), \\ d_{2M,j} &= \sum_{j=0}^{H-1} y_{N(j-1)+(i+1)} \left( \frac{i^2}{H^2} - \frac{i^3}{H^3} \right), \\ a_1 &= 2 - \frac{28}{H^2} + \frac{72}{H^3} + \frac{98}{H^4} - \frac{552}{H^5} + \frac{858}{H^6}, \\ a_2 = a_5 &= \frac{14}{H^2} - \frac{36}{H^3} - \frac{98}{H^4} + \frac{552}{H^5} - \frac{858}{H^6}, \\ a_3 = a_9 &= 1 - \frac{56}{H^2} + \frac{108}{H^3} + \frac{294}{H^4} - \frac{1380}{H^5} + \frac{1716}{H^6}, \\ a_4 = a_{13} &= 1 + \frac{42}{H^2} - \frac{72}{H^3} - \frac{294}{H^4} + \frac{1380}{H^5} - \frac{1716}{H^6}, \\ a_6 &= \frac{98}{H^4} - \frac{552}{H^5} + \frac{858}{H^6}, \\ a_7 = a_{10} &= \frac{14}{H^2} - \frac{36}{H^3} - \frac{294}{H^4} + \frac{1380}{H^5} - \frac{1716}{H^6}, \\ a_8 = a_{14} &= \frac{294}{H^4} - \frac{1380}{H^5} + \frac{1716}{H^6}, \\ a_{11} &= 1 - \frac{84}{H^2} + \frac{144}{H^3} + \frac{882}{H^4} - \frac{3312}{H^5} + \frac{3432}{H^6}, \\ a_{12} = a_{15} &= \frac{42}{H^2} - \frac{72}{H^3} - \frac{882}{H^4} + \frac{3312}{H^5} - \frac{3432}{H^6}, \\ a_{16} &= 1 + \frac{882}{H^4} - \frac{3312}{H^5} + \frac{1716}{H^6}. \end{aligned}$$

Учитывая краевые условия из систем уравнения (5), получим:

$$\begin{aligned} a_{11} K_k + a_3 M_k - (a_{10} + a_4) M_2 - a_{16} K_2 + a_{14} M_2 &= d_{K,1}, \\ a_3 K_k + a_1 M_k + (a_{10} + a_4) K_2 + a_{14} K_2 - a_6 M_2 &= d_{M,1}, \\ a_{11} K_{k-1} + a_3 M_{k-1} - (a_{10} + a_4) M_k - a_{16} K_1 + a_{14} M_1 &= d_{K,k}, \\ a_3 K_{k-1} + a_1 M_{k-1} + (a_{10} + a_4) K_k + a_{14} K_1 - a_6 M_1 &= d_{M,k}, \end{aligned} \quad (6)$$

где  $d_{M,j} = d_{1M,j} + d_{2M,j+1}, d_{K,j} = d_{1K,j} + d_{2K,j+1}$ .

В результате решения системы уравнений (6) определяются коэффициенты  $M_{j-1}$ ,  $M_j$ ,  $K_{j-1}$ ,  $K_j$ , что позволяет из уравнения (3) получить математическую модель, характеризующую расход электроэнергии процесса измельчения.

С учетом ожидаемых изменений в исследуемом промежутке времени  $T$  определяется средняя потребляемая мощность:

$$P_{\text{по}} = \frac{W + \Delta W}{T},$$

которая сравнивается с имеющимися расчетными значениями мощности дополнительно включаемого оборудования, полученными из системы уравнений (2). При этом выбираются мощности ( $P_B$ ), наиболее

близкие к полученной средней мощности, и определяется норма удельного расхода электроэнергии для требуемого интервала времени:

$$w = \frac{P_B}{Q_1},$$

где  $Q_1$  - плановая производительность процесса измельчения.

Предложенная методика позволяет с достаточной точностью нормировать расход электроэнергии на единицу измельченного продукта в исследуемом промежутке времени и оперативно ввести корректировку в зависимости от ожидаемых воздействий различных факторов.

#### Список литературы:

1. Барнаевский Б.П., Кудран Б.И. Проблемы оценки эффективности использования электрической энергии // Промышленная энергетика. – 1994. - N 12.
2. Багдасарян М.К. Модель формирования расходов электроэнергии в технологической линии измельчения на горно-обогатительных предприятиях // Международная конференция по физико-техническим проблемам электротехнических материалов и компонентов. - Россия, Клязьма, 2001. – С. 238-239

УДК 330.1:662.013.3

© Меликулов А.Д., Улашев И.О., Умаров С.,  
Улашев Б.И., Хасанова Ч.Ж. 2011 г.

## ОСОБЕННОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ

**Меликулов А.Д.**, доцент НГГИ, канд. тех. наук; **Улашев И.О.**, зав. кафедрой «Экономика и менеджмент» НГГИ, докт. экон. наук, профессор; **Умаров С.**, начальник БТЭП УАТ Центрального рудоуправления НГМК, **Улашев Б.И.**, соискатель ТГЭУ; **Хасанова Ч.Ж.**, студентка НГГИ

Дальнейшее повышение эффективности экономики Узбекистана во многом связано с направлением темпов развития горнодобывающей отрасли, главной составляющей которой является открытый способ добычи полезных ископаемых. Для этой цели Узбекистан располагает крупными запасами полезных ископаемых, обеспечивающими сбалансированный рост базовых отраслей национальной экономики. Например, в стране разведано 1466 месторождений, включающих 72 вида минерального сырья. Подготовленные к отработке запасы всех видов минерально-сырьевых ресурсов в стоимостном выражении оцениваются в 1,88 трлн. долл. США, а суммарный минерально-сырьевой потенциал страны превышает 10 трлн. долл. США [1].

Сравнительный анализ проектных и фактических параметров открытых горных работ показывает, что, несмотря на прогрессивную роль, которую играет этот способ разработки в горнодобывающей промышленности, технико-экономическое обоснование технологических и технических решений, закладываемых в проекты и планы развития карьеров, зачастую бывает чрезмерно упрощенным. Такое упрощение ведет к увеличению материальных,

финансовых, транспортных, энергетических и трудовых затрат, следствием которых является не только упущенная прибыль, но и снижение извлечения минерального сырья из недр.

Как известно, важнейшим технологическим процессом открытых работ является транспорт, составляющий около половины, а иногда и более всех трудовых и стоимостных затрат на добычу полезных ископаемых. Развитие открытого способа разработки, рост масштабов работ на карьерах сопровождаются нарастающими темпами технического процесса, строятся новые, более совершенные машины и механизмы, призванные заменить малопродуктивные, маломощные и морально устаревшие.

На наш взгляд, наиболее перспективным способом решения этой сложной задачи является эффективная организация логистической службы предприятия, точнее - транспортной логистики (термин «логистика» происходит от греческого слова «logistike», что означает «мышление, расчет, целесообразность») (рис. 1-4, табл. 1-3) [2].

Логистика, как наука, разрабатывает научные принципы, методы, математические модели, позво-

ляющие планировать, контролировать и управлять транспортированием, складированием и другими материальными и нематериальными операциями, совершаемыми в процессе:

- доведения сырья и материалов до производственного предприятия;
- внутривародской переработки сырья, материалов и полуфабрикатов;
- доведения готовой продукции (ГП) до потребителя в соответствии с его требованиями;
- передачи, хранения и обработки соответствующей информации.

Логистика, как хозяйственная деятельность, - это процесс управления движением и хранением сырья, материалов, полуфабрикатов и ГП в хозяй-

сов на 30-50% и сократить время движения продукции на 25-45% [3].

С точки зрения логистики особое значение имеют такие инновационные направления совершенствования производственного процесса, как роботизация, внедрение ГПС, появление ресурсосберегающих технологий, развитие современных информационных средств и систем. Специфика применения транспортной логистики предприятия отражена на рис. 1.

Логистика позволяет на научной основе решать множество разнообразных задач различной сложности и масштабов, перечислим лишь некоторые из них:

- прогнозирование спроса и определение на его основе необходимого запаса, разработка системы управления запасами (УЗ);
- определение необходимой мощности производства и транспорта;
- эффективная организация распределения готовой продукции;
- управление перегрузочными процессами и транспортно-складскими операциями в пунктах производства и у потребителей;
- моделирование функционирования логистических систем (ЛС);
- проектирование ЛС;
- планирование и реализация снабжения, производства, складирования, сбыта, транспортирования;
- согласование целей и координация деятельности отдельных предприятий в цепи поставок и различных подразделений в рамках предприятия и др.

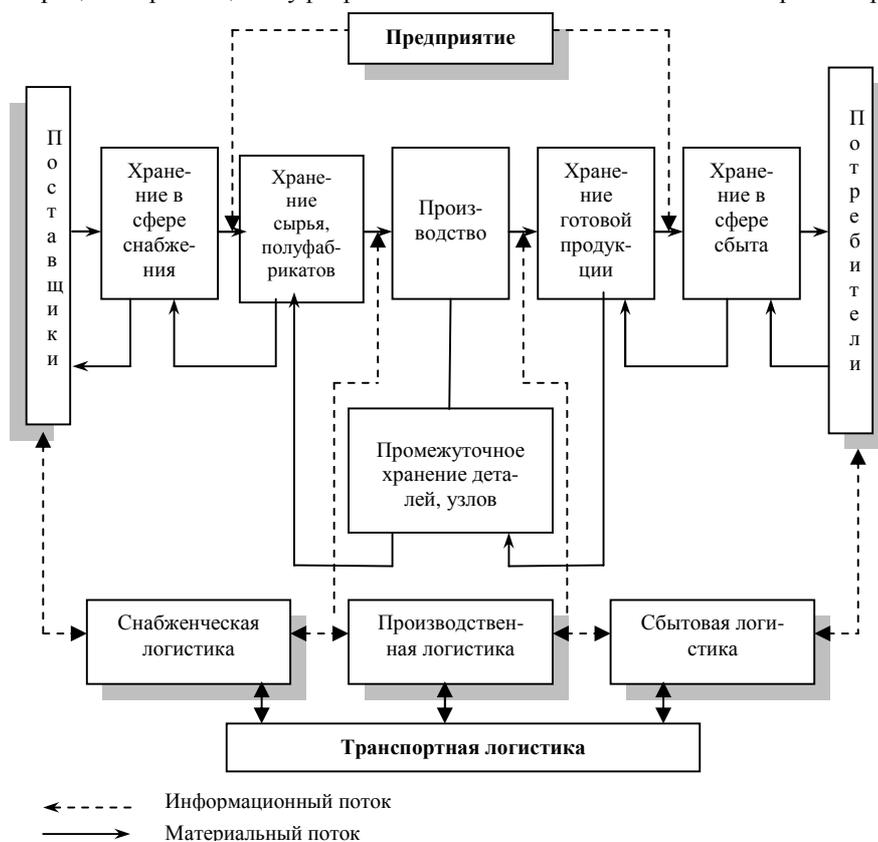


Рис. 1. Логистическая цепь предприятия

ственном обороте от первичного источника сырья до конечного потребителя ГП, а также связанной с этими операциями информацией.

Главная идея логистики заключается в том, чтобы все стадии производства (добычи сырья, получение материалов, изделий, изготовление конечной продукции), транспортировки и сбыта рассматривать как единый и непрерывный процесс трансформации и движения продукта труда и связанной с ним информации.

По оценке зарубежных специалистов-экономистов, комплексное внедрение логистики на предприятиях, может обеспечить снижение уровня запая-

Развитие каждого предприятия осуществляется, прежде всего, на основе технического прогресса, который выражается во внедрении новой техники, прогрессивных технологических процессов и передовых форм организации производства. Важным направлением технического прогресса на автомобильном транспорте является применение новых типов подвижного состава, улучшение структуры автомобильного парка, повышающих его технико-экономические показатели и тем самым обеспечивающих рост производительности труда и снижение себестоимости перевозок, а также внедрение новых технологических процессов в области эксплуатации, ремонта и технического обслуживания, улучшения условий труда работников.

Таблица 1

Коэффициент выпуска по годам эксплуатации технологических автосамосвалов УАТ

Марка а/с	Коэффициент выпуска по возрасту автосамосвалов, лет														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Юклид R-170	0,922	0,889	0,778	0,807	0,847	0,813	0,696	0,726	0,659	0,587	0,706	0,680	0,652	0,660	0,619
CAT-785B	0,935	0,856	0,630	0,694	0,675	0,550	0,650	0,531	0,563	0,538	0,628	0,749	0,725	0,655	0,615
CAT-789C	0,898	0,753	0,763	0,790	0,753	0,636									
CAT-777D					0,663	0,387	0,516	0,605	0,602	0,625					
БелАЗ-75131	0,782	0,669	0,535												
БелАЗ-7513	0,882														
В среднем	0,88	0,79	0,68	0,76	0,73	0,6	0,62	0,62	0,61	0,58	0,65	0,7	0,68	0,66	0,61

Так, например, по сведениям Управления автотранспорта Центрального рудоуправления НГМК, автосамосвалы импортного производства типа CAT-785 и R-170 эксплуатируются в условиях карьера Мурунтау с 1993 г., а модели CAT-777 - с 2000 г., CAT-789 - с 2003 г. и «БелАЗ»ы - с 2008 г. На сентябрь месяц 2009 г. на балансе УАТ находятся 102 автосамосвала. При этом средний возраст технологических автосамосвалов по маркам составляет:

Юклид R-170 - 16 лет, CAT-785B - 14 лет, CAT-789C и CAT-777D - 6 лет, БелАЗ-75131 - 2 года и БелАЗ-7513 - 1 год. Анализ показывает, чем «старше» становятся автосамосвалы, тем хуже их эксплуатационные показатели работы, а поддержание коэффициента их технической готовности в пределах 0,7 требует значительных затрат на запасные части. За 15 лет затраты на запасные части увеличились по сравнению с первым годом эксплуатации на 580%, по сравнению с восемью годами эксплуатации этот показатель увеличился на 414%. За 15 лет эксплуатации CAT-785 коэффициент выпуска этих автомобилей снизился почти на 32,9%, а у Юклид R-170 этот показатель уменьшил-

ся на 22,9%. У других моделей за 6 лет эксплуатации этот темп уменьшился следующим образом: CAT-789 - на 6,2%, CAT-777 - на 17,4%, БелАЗ - почти на 31%. Причинами падения коэффициентов выпуска с увеличением возраста автосамосвала являются долговременные простои машин в текущем ремонте и частые сходы их с линии. За период эксплуатации график изменения этих показателей иллюстрирован как рис.2.

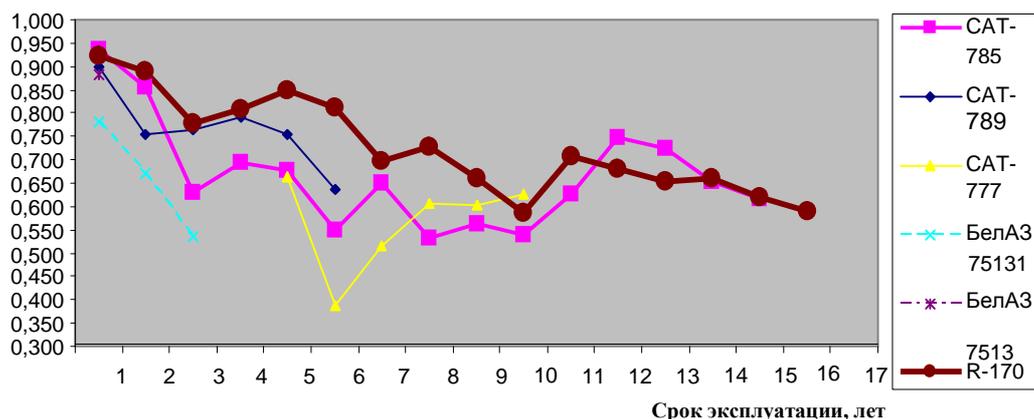


Рис. 2. Динамика коэффициента выпуска автомобилей УАТ на линию

ся на 22,9%. У других моделей за 6 лет эксплуатации этот темп уменьшился следующим образом: CAT-789 - на 6,2%, CAT-777 - на 17,4%, БелАЗ - почти на 31%. Причинами падения коэффициентов выпуска с увеличением возраста автосамосвала являются долговременные простои машин в текущем ремонте и частые сходы их с линии. За период эксплуатации график изменения этих показателей иллюстрирован как рис.2.

Резкое поднятие коэффициента технической готовности после 3 и 9 лет эксплуатации, особенно у CAT-785 и Юклид-170, дается ценой больших затрат на запасные части. Если сравнить показатели затрат на запасные части, то большей экономичностью и производительностью отличаются автосамосвалы CAT-785 и Юклид-170. Динамика изменения себестоимости и материальных затрат по маркам

Таблица 2

Изменение себестоимости запасных частей различных марок автосамосвалов УАТ по годам эксплуатации

Марка а/с	Себестоимость запасных частей 1 t-km, цент США, лет														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Юклид R-170	0,03	0,62	1,37	0,43	0,43	0,60	0,56	0,50	0,58	2,61	1,94	1,16	1,03	2,24	2,96
CAT-785B	0,40	0,49	0,46	0,58	0,43	1,73	0,86	1,18	1,36	6,36	5,29	3,85	3,83	3,06	4,16
CAT-789C	0,2	0,5	2,0	2,5	2,5	3,3									
CAT-777D					2,71	3,42	3,20	5,18	6,07	3,12					
БелАЗ-75131	0,56	0,54	2,12												
БелАЗ-7513	0,24														
В среднем	0,29	0,54	1,49	1,17	1,52	2,26	1,54	2,29	2,67	4,02	3,6	2,5	2,43	2,65	3,56

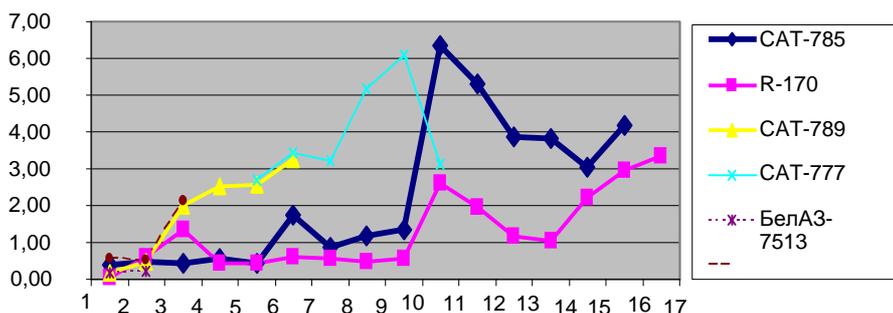


Рис. 3. Динамика материальных затрат на запасные части по технологическим автосамосвалам, \$ США / t-km

Таблица 3

Изменение выработки на 1 среднесписочный автомобиль УАТ по годам эксплуатации, тыс.t-km

Марка а/с	Выработка на 1 среднесписочный автомобиль, тыс. t-km														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Юклид R-170	717,1	626,3	636,4	641,1	666,9	685,4	616,2	655,9	554,3	531,9	577,0	435,5	546,7	561,1	498,2
CAT-785B	641,1	584,0	499,4	519,0	495,7	417,8	502,8	410,0	415,3	407,9	674,7	713,5	754,1	671,8	364,1
CAT-789C	1008,7	785,0	654,1	713,7	632,8	381,5									
CAT-777D					655,7	328,3	328,4	449,1	629,0	540,1					
БелАЗ-75131	370,6	319,7	331,4												
БелАЗ-7513	602,8														
В среднем	668,1	578,7	530,3	624,6	612,8	453,2	482,4	505,0	532,9	493,3	625,8	574,5	650,4	616,5	431,1

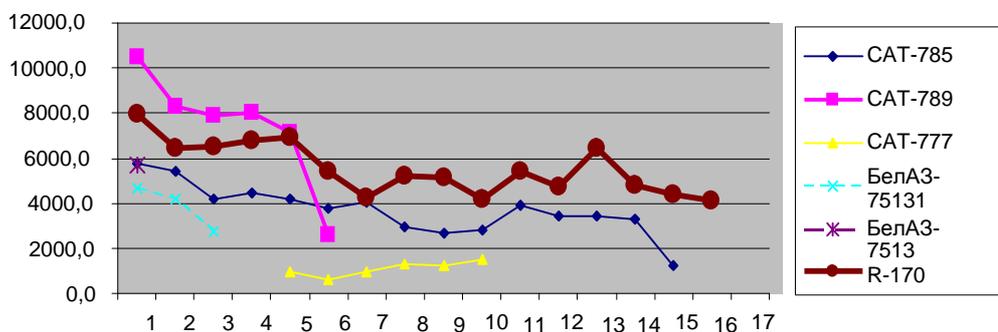


Рис. 4. Динамика годовой выработки на 1 среднесписочный автомобиль УАТ

автосамосвалов УАТ приведена в табл. 2 и на рис.3.

Исследование показывает, что производительность среднесписочного автомобиля находится в прямолинейной зависимости от коэффициента выпуска автомобилей и динамика её отчасти повторяет динамику снижения коэффициента выпуска ав-

томобилей (табл. 3, рис. 4).

Таким образом, с точки зрения транспортной логистики, учитывая критерии выработки, материальных затрат и себестоимости запасных частей, наилучшие показатели дают автосамосвалы модели Юклид R-170 и CAT-785.

Список литературы:

1. Шеметов П.А., Сытенков В.Н. Стратегия развития золотодобычи Узбекистана в новых экономических условиях / В журн. «Горный вестник Узбекистана», 1/2010. –с.7-13.
2. Абатуров В., Перевозкина Н. Транспортные лабиринты логистики // В журн. «Экономическое обозрение», № 9 (84) / 2006.
3. Алесинская Т.В. Основы логистики: Общие вопросы логистического управления. -Таганрог: ТРТУ, 2005.

# ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ МАГИСТРОВ В ОБЛАСТИ МЕНЕДЖМЕНТА ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ

Воробьев А.Е., зав. кафедрой «Нефтяное и горное дело» РУДН, докт. техн. наук, профессор; Молдабаева Г.Ж., профессор Казахского национального технического университета, докт. техн. наук

Нефтегазовая отрасль формирует значительную часть доходов государственного бюджета. Кроме того, с каждым годом усиливается роль нефтегазовой отрасли как вектора, определяющего возможности отношений государства с другими странами. Таким образом, можно говорить не только об экономическом значении данной сферы, но и о ее растущем геополитическом потенциале.

Кроме этого, глобализация мировой экономики способствует дальнейшей интеграции компаний нефтегазовой направленности и подталкивает их к новым инновационным способам добычи, транспортировки и переработки нефти и газа. Одной из составляющей этого процесса является технологический базис производства, который функционирует исключительно благодаря выверенным управленческим решениям.

Таким образом, подготовка высококвалифицированных специалистов в области управления нефтегазовым производством становится ключевым вопросом, от решения которого зависит успешное функционирование отрасли в целом.

Подготовка менеджеров в России осуществляется в высших учебных заведениях (как по специальностям, так и по отдельным программам бизнес-образования). Преимущество первого типа подготовки – разработанный государственный образовательный стандарт, который позволяет выдавать дипломы государственного образца по данной специальности. Подготовкой руководителей высшего и среднего звена, а также формированием кадрового резерва нефтяных и газовых компаний (бизнес-образования) занимаются многие российские высшие учебные заведения. В основном на такое обучение принимаются лица, уже получившие первое высшее образование и имеющие опыт работы в нефтегазовой промышленности (рис. 1-3, табл. 1).

Одним из таких высших учебных заведений является Институт нефтегазового бизнеса АНХ, который осуществляет подготовку кадров по двум

программам: «Мировой нефтегазовый бизнес» и «Нефтяной и газовый бизнес». Суть этих программ состоит в подготовке научно-технических кадров, применяющих системное видение развития нефтегазовой отрасли и опирающихся на опыт 15 стран различных регионов мира.

С 1999 г. в программе участвуют ведущие нефтегазовые компании: ОАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «ТАТНЕФТЬ», ОАО «ГАЗПРОМ», ОАО

Таблица 1

## Учебный план подготовки магистра по авторской программе «Менеджмент нефтегазового дела»

№ образов. модуля	Название дисциплин (в том числе практик)
<i>М.1. Общенаучный цикл</i>	
<b>М.1.Б</b>	<b>Базовая часть</b>
М.1.Б.1	Методология научно-инженерной деятельности
М.1.Б.2	Математическое моделирование и компьютерные технологии в задачах нефтегазовой отрасли
М.1.Б.3	Экономика и управление нефтегазовым производством
<b>М.1.В</b>	<b>Вариативная часть (включая дисциплины по выбору студента)</b>
М.1.В.1	Нефтегазовый комплекс
М.1.В.2	Экономика нефти и газа
М.1.В.3	Рекламная деятельность в нефтегазовой промышленности
М.1.В.4	Нефтегазовое законодательство стран АТР
М.1.В.5	Стратегический менеджмент инноваций
М.1.В.6	Рынки углеводородного сырья Азии
<i>М.2. Профессиональный цикл</i>	
<b>М.2.Б</b>	<b>Базовая часть</b>
М.2.Б.1	Менеджмент инновационных технологий нефтегазодобычи
М.2.Б.3	Создание и эксплуатация подземных хранилищ нефти и газа
<b>М.2.В</b>	
М.2.В.1	Современные перспективы и проблемы добычи, переработки и потребления углеводородов
М.2.В.2	Трубопроводный, железнодорожный и морской транспорт нефти и газа
М.2.В.3	Международная инновационная деятельность и патентование
М.2.В.4	Национальная минерально-сырьевая и энергетическая безопасность стран АТР
М.2.В.5	Физико-химические методы исследования материалов, реагентов и углеводородов
М.2.В.6	Ресурсовоспроизводящие нефтяные технологии
М.2.В.7	Человек и биосфера: экологические аспекты нефтегазовой отрасли
М.2.В.8	Проектирование в нефтегазовой отрасли и управление проектами
М.2.В.9	Управление транснациональными корпорациями минерально-сырьевого комплекса
М.2.В.10	Нефтегазовые нанотехнологии
<i>М.3. Практики и научно-исследовательская работа</i>	
М.3.1	Научно-исследовательская (7 недель)
М.3.2	Научно-педагогическая (4 недели)
М.3.3	НИРМ
<i>М.4. Итоговая государственная аттестация</i>	
М.4.1	Государственный междисциплинарный экзамен
М.4.2	Магистерская диссертация

«СУРГУТНЕФТЕГАЗ», ОАО «ТНК-ВР», РУП ПО «БЕЛОРУСНЕФТЬ», АО НК «КАЗМУНАЙГАЗ» и др. Программа «Мировой нефтегазовый бизнес» включает в себя лекции ведущих зарубежных ученых, выступления руководителей органов государственного регулирования нефтегазового сектора, а также круглые столы с представителями зарубежных компаний и исследовательских учреждений.

Состоит программа из 9 проблемно-ориентированных модулей, которые охватывают все аспекты деятельности нефтегазовой компании:

1. Нефтегазовый бизнес США. Основные направления развития. Научно-технологические центры, управление знаниями и подготовка кадров.
2. Нефтегазовый бизнес Нидерландов и развитие европейского энергетического рынка. Корпоративные HR - программы. Современные нефтегазовые технологии.
3. Нефтегазовый бизнес и энергетика Франции. Инновационные технологии и образовательные ресурсы интегрированных и сервисных компаний.
4. Африка. Нефтегазовый бизнес Анголы и ЮАР: новые возможности.
5. Северная Америка. Нефтегазовый бизнес Канады: масштабные проекты и тяжелые нефти.
6. Азиатско-тихоокеанский регион. Нефтегазовый бизнес Австралии и Сингапура: современные технологии и логистические решения.
7. Персидский залив. Нефтегазовый бизнес в Катаре и ОАЭ: проекты СПГ и диверсификация.
8. Юго-Восточная Азия. Нефтегазовый бизнес Китая: стратегия и развитие.
9. Южная Америка. Нефтегазовый бизнес Бразилии и Аргентины: морские проекты и новые технологии.

Второе направление - «Нефтяной и газовый биз-

нес» - состоит из шести двухнедельных учебных модулей (12 базовых курсов), проводимых один раз в квартал:



Рис. 1 Схема вертикальной интеграции нефтегазовой компании

компании (рис. 1).

Первая в России лицензированная Министерством образования РФ программа MBA, представленная в Московском государственном институте международных отношений (МГИМО) по направлению: «Международный нефтегазовый бизнес», позволяет получить государственный диплом о дополнительном образовании с присвоением квалификации магистра «Международный нефтегазовый бизнес». Учебный процесс обеспечивается высококвалифицированными преподавателями МГИМО МИД России, МГУ им. Ломоносова, АНХ при Правительстве РФ и ведущими экспертами и консультантами из российских и зарубежных нефтяных компаний, нефтяных аналитических агентств, Минэнерго России, научно-исследовательских институтов и центров, специализирующихся в области нефти и газа. На обучение принимаются выпускники вузов с опытом работы в нефтегазовом бизнесе не менее 2-х лет.

Другой программой МГИМО является «Международный бизнес в нефтегазовой отрасли», которая также осуществляет подготовку и переподготовку специалистов высшего управленческого звена. Отличительной чертой этой программы является кооперация с ведущими вузами Норвегии: обучение производится поочередно в Высшей школе бизнеса Университета Будо (Норвегия) и МГИМО (Россия).

Программа дает образование в области управления освоением энергоресурсов, анализа политических, экономических и других рисков при реализации нефтегазовых проектов, управления сложными производственно-финансовыми механизмами, международного маркетинга, инновационного менеджмента, корпоративного управления, конъюнктуры и закономерностей развития мировых рынков.

Совместная российско-норвежская программа соответствует требованиям образовательных стандартов обеих стран, а также болонской системы. Программа вносит реальный вклад в энергетический диалог России и Норвегии, которые являются круп-

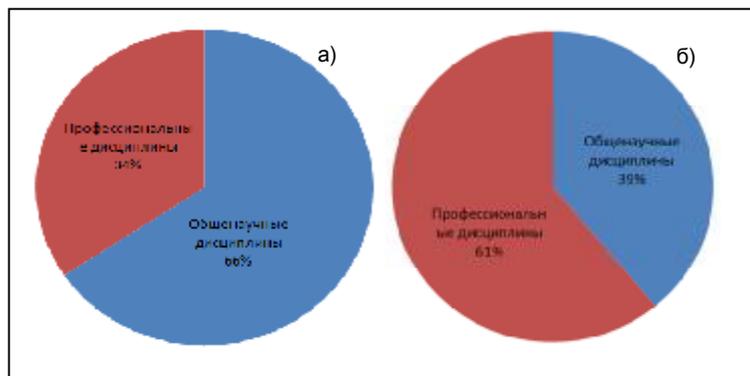


Рис. 2. Соотношение дисциплин по курсам обучения: 1 год (а) и 2 год (б) обучения

нейшими экспортёрами нефти и газа в Европе. Кроме того, Российский государственный университет нефти и газа им. А.И. Губкина (РГУНГ) реализует программу магистерской подготовки «Международный нефтегазовый бизнес», проводимой совместно с Университетом Делфт (Голландия) и Институтом «Энерджи Дельта» (Нидерланды).

Данная программа предоставляет возможность получить образование, соответствующее официальным международным стандартам, а также два диплома - РГУ нефти и газа им. Губкина и одного из престижных университетов Европы, каким является Университет Делфт. Программа направлена на подготовку аналитиков и специалистов в области анализа рынков углеводородного сырья, стратегии управления международных нефтегазовых компаний, оценке конкурентных преимуществ, проблемам рационального недропользования и т.п. Для обучения по этим программам в РГУНГ создана современная инновационная среда обучения. К тому же у норвежских специалистов имеется большой теоретический и практический опыт работы.

Учебные занятия для участников рассматриваемой магистерской программы будут проводить не только профессорско-преподавательские составы обоих вузов, но и специалисты, а также руководители нефтегазовой отрасли.

Программа обучения рассчитана на два года. Вестись она будет на английском языке в РГУНГ и университете Ставангера.

В университете Ставангера студенты, сдавшие экзамены по отдельным дисциплинам, получают соответствующий сертификат. Производственную практику студенты будут проходить в ведущих нефтегазовых компаниях (Россия и Норвегия).

Учебный план предусматривает модули для обязательного обучения и курсы по выбору. Он составлен таким образом, чтобы уровень компетентности обучающихся был высоким не только в пределах специализации, но и в смежных областях. Основное внимание в программе уделяется морским нефтегазовым технологиям.

Студенты будут проходить стажировку продолжительностью не менее шести недель в летний период после первого курса. Подготовка магистерской диссертации будет проходить у каждого участника программы в своем университете, но обязательно совместное руководство профессоров обоих вузов. Необходимо выделить новую магистерскую программу «Менеджмент нефтегазового дела», разработанную в Российском университете дружбы народов на кафедре Нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела.

Целью программы является передача студентам современных знаний, умений, навыков и компетенций в области комплексного управления нефтегазовыми предприятиями. Программа явит собой важное связующее звено при укреплении политических отношений с Южной Кореей.

Ее осуществление намечено совместно с Сеульским университетом Южной Кореи в рамках Государственной Программы создания в Восточной Си-



Рис. 3. Основные роли менеджера в нефтегазовом производстве

бири и на Дальнем Востоке единой системы добычи, транспортировки газа и газоснабжения, которая предусматривает изучение вариантов организации поставок газа от конечной точки газотранспортной системы «Сахалин - Хабаровск - Владивосток» в Южную Корею к 2017 г. Вести дисциплины будут ведущие специалисты Корейской нефтяной компании, а также специалисты РУДН.

Блоки рассматриваемой программы охватывают широкий круг необходимых дисциплин общенаучного, природо-ресурсного, технологического, экономико-управленческого и правового характера (табл. 1).

В первый год обучения магистры изучают в основном общенаучные дисциплины, а во втором – профессиональные (рис. 2).

В совокупности они сформируют специалиста-менеджера нового типа – активного, инициативного, самостоятельного, ответственного, способного нестандартно мыслить и находить неожиданные и простые решения в самых сложных ситуациях, способного выполнять ключевые роли на нефтегазовом производстве (рис. 3). Использование интерактивных методов обучения с помощью собственной учебно-методической базы РУДН (12 специализированных монографий и учебников, 5 научно-исследовательских и учебных приборов) отвечает современным требованиям к образовательному процессу.

Данное методическое обеспечение позволяет практически отработать умения и навыки сбора и анализа результатов исследований и, как следствие, принять оптимальное решение в будущем на производстве.

Выпускники данного направления получают двойной диплом государственного образца (Россия - Корея) и в дальнейшем будут иметь реальную возможность трудоустройства в Российско-Корейских нефтяных компаниях.

Тем самым магистерская программа «Менеджмент нефтегазового дела» демонстрирует современный подход к образовательной системе, позволяющий приблизить обучение к реальной профессиональной деятельности, придать учебным программам практическую проблемность.

## ИСТИҚЛОЛ ЙИЛЛАРИДА ХОЛИС ТАРИХНИНГ ҚАЙТА ТИКЛАНИШИ

Қаршиев Р.М., тех. фан. ном., НДПИ тарих факультети декани; Курбонов Х.Р., тех. фан. ном. НДПИ «Ўзбекистон тарихи» кафедрасининг мудири

*Тарихан қисқа бир даврда аввало эл-юртимизнинг хоҳиш-иродаси, куч-қудрати, машаққатли ва бунёдкорона меҳнати эвазига жаҳон харитасида янги, ўз кучи ва салоҳиятига таянган, бугунг тараққиёт йўлидан барқарор суръатлар билан ривожланиб бораётган мустақил, суверен Ўзбекистон давлатининг пайдо бўлиши, ҳеч шубҳасиз, халқимизнинг тарихий галабасидир.*

**И.А. КАРИМОВ**

Ўзбекистон Республикаси давлат мустақиллигини қўлга киритгандан кейин, ижтимоий-сиёсий, иқтисодий ва маънавий соҳаларда туб ислохотлар бошланди. Мустақиллик шароитида ижтимоий фанлар, жумладан тарих фанида ҳам янгиланиш жараёни бошланиб, тарихчилар зиммасига тарихни илмий асосда холисона тадқиқ этиш ва уни халққа етказиш вазифаси юкланди.

Бу борада советлар даврида бузиб кўрсатилган ёки яшириб келинган тарихий ҳақиқатни тиклаш муҳим аҳамиятга эга бўлди.

Мустақиллигимизнинг илк йилларидан бошлаб Ватанимиз тарихшунослигини тубдан янгилаш ва унинг янги илмий методологиясини яратиш бўйича салмоқли ишлар амалга оширилди.

Эндиликда кўхна ва яқин ўтмиш тарихимиз бўйича бирин кетин янгидан - янги илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Бугунги кунда аниқ далилларга асосланган, Ватанимиз ўтмишининг ҳаққоний тарихини яратиш, айниқса, ХХ асрнинг 20-30 йилларда советларнинг амалга оширган мажбурий коллективлаштириш, «кулоқ» қилиш, катагон ва сургун сиёсатлари тарихини ўрганиш ва халқимизга етказиш тарихимизнинг ҳали очилиши керак бўлган саҳифаларидан бири ҳисобланади.

Ўзбекистон Республикаси Президенти И.А. Каримов: «Эл-юртимиз тақдирига даҳлдор бўлган тарихий адолатни тиклаш, халқимиз ва миллатимизнинг яқин ўтмишидаги ёпиқ саҳифаларини тўла очиб бериш, шу тарихдан сабоқ чиқариб, бугунги ва келажак ҳаётимизга онгли қарашни шакллантириш, беғуноҳ қурбон бўлган инсонлар хотирасини абадийлаштириш биз учун ҳам қарз, ҳам фарз» [1], – дея таъкидлаган эди. Совет даврида ўзининг бутун

бўй-басти билан катта фожеа тусини олган тарихимизнинг аламли ва аччиқ саҳифаларидан бири кишлоқ хўжалигини ёппасига коллективлаштириш ва шу асосида бадавлат деҳқон хўжалиқларини тугатиш, катагон қилиш, ўзларини эса бутун оила аъзолари билан биргаликда бегона юртларга мажбурий сургун қилиш ва уларнинг фожеали тақдирлари, қисматлидир.

Советларнинг 20-30 йилларда олиб борган коллективлаштириш, кулоқ қилиб сургун этиш сиёсати оқибатида Ўзбекистон кишлоқ аҳолиси, деҳқонлар оммасининг катта қисми мислсиз азоб уқубатлар гирдобидида қолди, фожеали ҳаёт кечиршига маҳкум этилди.

Мол дунё, бутун борилиғидан маҳрум этилиб, қамоққа олинди, сургун этилди, концлагерларда, аёллар, болалар, кексалар йўл, сургун, очарчилик азобларига бардош беролмай ўлиб кетди, кўплаб юртдошлар бегона юртларда қанфасиз, жанозасиз, дафн маросимларисиз ер қаъридан абадий жой олди.

Ўша йиллардаги асарлар коммунистик мафкура ғояси руҳида ёзилган бўлиб, уларда Ўзбекистондаги аграр ўзгаришлар тарихи, коллективлаштириш жараёнларининг мураккабликлари, халқнинг оммавий норозиликлари тўла очиб берилмаган.

Кўплаб ҳаққоний далиллардан четлаб ўтилган, масаланинг салбий жиҳатлари яширилган, манбаларга танқидий ёндашилмаган. Коллективлаштириш сиёсати мулкдор ва ўзига тўқ тадбиркор деҳқонлар қатламининг «кулоқ» (бундан буён - кулоқ) сифатида тугатилиши ижобий жараён сифатида баҳоланган.

Мустақиллик йилларида нашр қилинган адабиётларда коллективлаштириш, кулоқлаштириш, сургун, катагонлар билан боғлиқ масалалар янги руҳда, истиқлол ғоялари асосида талқин этила бошланди.

«Ана шу фожеали ўтмиш, - дейди И.Каримов, - босиб ўтган машаққатли йўлимиз барчамизга сабоқ бўлиши, бугунги воқеликни теран таҳлил қилиб, мавжуд таҳдидларга нисбатан доимо огоҳ бўлиб яшашга даъват этиши лозим. Ўз тарихини билмайдиган, кечаги кунини унутган миллатнинг келажаги йўқ. Бу ҳақиқат кишилиқ тарихида кўп бора ўз исботини топган» [2].

Кейинги йилларда совет ҳукмронлиги даврида амалга оширилган коллективлаштириш,

кулоклеш-тириш, сургун, катагон сиёсатларини ўрганиш ва холис тарихни яратишда Ўзбекистон Республикаси Президенти И.А. Каримовнинг 1999 йил 12 майдаги «Қатагон қурбонлари хотирасини абадийлаштириш тўғрисида» ги фармони [3], Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг 1999 йил 22 июлдаги «Ватан озодлиги йўлида қурбон бўлган фидойилар хотирасини абадийлаштириш тўғрисида» ги қарори ҳуқуқий асос бўлди [4].

Бугунги кунда бундай фожеали қисматлар тўғрисида ўнлаб китоблар яратилмоқда, илмий тадқиқотлар, номзодлик, докторлик диссертациялари ҳимоя қилинмоқда.

Ана шундай ноёб ва қадрли асарлардан бири коммунистик террордан қочиб, дину диёнатини, жонини саклаш мақсадида чет элларга ҳижрат қилишга мажбур бўлган, Андижонлик юртдошимиз Муҳаммад Мусо Туркистонийнинг «Улуғ Туркистон Ҳожеаси» тарихий асаридир [5].

Муҳаммад Мусо Туркистонийнинг «Улуғ Туркистон Ҳожеаси» тарихий асари икки жилдан иборат бўлиб, биричи жилди ўзбек тилида, Қуръон ҳарфлари билан ёзилган. Ушбу асарни варақлар эканми, ундан Ватанимиз тарихи ҳақида кўплаб қимматли маълумотлар оламиз. Китобда русларнинг тарихи, урф-одатлари, муғуллар, Амир Темурнинг сиёсатлари, советларнинг ислом динига қарши олиб борган сиёсатлари, коллективлаштириш, сургун сиёсатларидан парчалар келтирилганлигига гувоҳ бўламиз. Жумладан: «Руслар 5 йиллик план деб мудҳиш сиёсатни йўлга қўйди. Беш йилда амалга ошириладурғон режаларини аввалда коллективлаштириш усули бажо келтирилди.

Бу усул кўп мудҳиш суратда амалга оширилди. ...янги Низом, янги планга кўра бир қишлоқни деҳқонлари ҳамаси тўпланиб, ерларни бирлаштириб, ҳамма бир бўлиб ишлайдур, бир бўлуб экадур. Ўроқда, хирмонда, бошоқда бир ҳосил оладур. Буни исми колхўздур, - деб ёзади муаллиф [6].

1929 йил охирида бошланган ва деҳқонларга нисбатан зўравонлик ва мажбур қилишлик, репрессия, катагон қилиш шароитида коллективлаштириш ВКП(б) Марказий Комитетининг 1930 йил 5 январда «Коллективлаштириш суръати ва колхоз қурилишга давлат ёрдами бериш тадбирлари тўғрисида» ги қароридан сўнг коллективлаштиришни сунъий тезлаштириш ва бу борада «социалистик мусобақа» нинг ким ўзди «пойгаси» авж олдирилди [7].

ВКП(б) Марказий Комитетининг Ўрта Осиё бюросининг 1930 йил 28 январда кулоқларни синф сифатида тугатиш билан боғлиқ тадбирлар тўғрисидаги қарорига асосан колхозлар тузилиши уч шаклда олиб борилиши таъкидланган.

Биринчиси, қишлоқ хўжалик ишлаб чиқариш ширкати бўлиб, унда бутун қишлоқ хўжалиги инвентарлари, от-улов, тортув кучлари ва ерни биргалашиб ишловчилар умумлаштирилган. Иккинчиси, қишлоқ хўжалиги артели бўлиб, бунда барча ишлаб чиқариш жараёни умумлаштирилган.

Учинчиси, қишлоқ хўжалик коммунаси бўлиб, ижтимоий ишлаб чиқариш ва тақсимотдан иборат бўлган. ВКП (б) Марказий Комитетининг қарорига мувофиқ Ўзбекистон ҳудудида коллективлаштириш 1933 йилнинг баҳорида тугалланиши кераклиги белгилаб қўйилган эди.

Коллективлаштириш ва зўравонлик билан совет режимининг ўрнатилиши натижасида бир дин, бир иймон, бир ислом вакиллари орасида бебошлиқлар, кучли норозилиқлар, исёнлар бошланиб кетган.

«Ака-ука, эл-халқ бир-бирини гўштини едилар. Гулистонлар гўристон бўлди, бозорлар мазор бўлди. Тижорат бари колхўзлар қўлига ўтди.

Эркак-хотун, ўғил-қиз мажбурий ишлади, ишлаганларга нон берилди, ишламаганларга нон йўқдур», - деб давом этади Мусо Туркистоний [8].

Навойи вилояти, Қизилтепа район, Зарметан ширкат хўжалигида яшаётган 84 ёшли Амириддин Баҳриддинов колхоз тузилишидаги қонунбузарликлар ва унга қарши деҳқонларнинг норозилигини мана бундай эслайди: «Зармитанда 1930 йили колхоз тузилди.

Колхоз тузилишида котиблар ўз ишларини олиб бориш мақсадида 2 та стол ташкил этдилар.

Ушбу столларнинг бирида қизил мато ёпилган, иккинчисида қора мато ёпилган. Колхозга кирувчилар қизил матодаги котибга номини ёздирсалар, яқка хўжалик бўлувчилар эса қора матодаги котибга номларини ёздирганлар.

Колхозлаштириш шу усулда амалга оширилиб, кун якуни ҳисоб-китоб қилинар ва мажлис ўтказиларди» [9].

Бора-бора колхозга киришдан бош тортган кишилар ноҳақ айбланиб кулоқ қилинган, сургун ва бошқа жазоларга тортилган.

Марказий Комитет томонидан 1933 йил Ўзбекистон ҳудудида коллективлаштиришни якунига етказиш бўйича режага асосан коллективлаштириш якун топади. Бу даврга келиб, республиканинг 79 районидан 61 тасида барча деҳқонларнинг колхозларга бирлашишлари ниҳоясига етди.

Ўзбекистон бўйича коллективлаштирилган хўжаликларнинг барчаси 74,9 фоизни ташкил этган. Деҳқон хўжаликларининг бирлашганлиги жиҳатдан Ўзбекистон ССР совет республикалари ичида биринчи ўринни эгаллаган. (1937 йилда бу кўрсаткич 95 фоизга, 1939 йилда эса бу кўрсаткич 99,2 фоизни ташкил қилган).

Зўравонлик билан ўтказилган коллективлаштириш жараёнида кўплаб одамлар кулоқ қилинди, қишлоқ аҳолисининг қони тўкилди, кўплаб аҳоли қурбон бўлди. Кулоққа тортиш - одамларни барча фуқаролик, конституциявий, биринчи навбатда сайлов ҳуқуқидан маҳрум қилиш эди.

Кулоққа тортиш ҳеч қандай судсиз, терговсиз ҳал қилинди. Бу ишлар райком қотиби, райижроқўм раиси ва ГПУнинг маҳаллий раҳбарларидан ташкил топган махсус кенгашлар, «учлик» лар ва «иккилик» лар томонидан бажарилди.

Коллективлаштириш базасида ўтказилган кулоқлаштириш натижасида қишлоқдаги бозор муносабатларига қақшатқич зарба берилди, мулкчиликнинг хилма-хил шакллари тугатилди, аграр ишлаб чиқариш бутунлай издан чиқди.

ВКП(б) Марказий Комитет бюросининг 1930 йил 30 январдаги «Ёппасига жамоалаштириш районларида кулоқ хўжалиқларини тугатиш тадбирлари тўғрисида» ги қарорига мувофиқ кулоқларга қарши кураш кучайтириб юборилди. Бунга кўра кулоқ хўжалиқларининг аксилинқилобий кулоқ фаоллари, террорчилик ҳаракатлари, советларга қарши исёнларнинг иштирокчилари лагерларга қамалди ва уларга нисбатан олий жазо (отув) қўлланилган.

Бой ва ерида ёлланма ишчи кучини ишлатганлар коллективлаштириш туманларидан Иттифокнинг энг узоқ туманларига, чекка районларига, қолган қисми ўз жамоа хўжалиқлари ерларидан ташқаридаги янги ўзлаштирилган ерларга сургун қилинган.

Коллективлаштириш Ўзбекистон ва унинг бир қатор округлари қишлоқларидаги объектив, соғлом тараққиёт жараёнларига тўсқинлик қилди, деҳқонларнинг давлат томонидан асоратга солинишига олиб келди.

Зўрлик билан колхозларга олиб киритилган деҳқонлар барча асосий ҳуқуқларидан маҳрум бўлдилар.

Хаттоки кўчиб юриш эркинлигидан, касб фаолиятини танлаш ҳуқуқларидан маҳрум қилиндилар.

Уларнинг қочиб кетмасликлари учун хатто фуқаролик паспортлари олиб қўйилди.

Коллективлаштириш қишлоқ хўжалигига оғир зарар келтириб, очарчиликни юзага келтирди, ғалла етиштириш кескин қисқарди, чорвачиликка ўнглаб бўлмайдиган даражада зарар етди. Коллективлаштириш республикада пахта яккаҳоқимлигининг ялпи оммалашувига олиб келди.

Қолаверса, қишлоқ меҳнаткашларининг онгини захарлаб, бузиб юборди, улардаги ерга, ишлаб чиқаришга эгалик қилиш туйғусини, асрлар давомида шаклланиб келган меҳнатсеварлик фазилатларини йўққа чиқариб юборди, улардаги меҳнатга, касб маҳоратига бўлган меҳр-муҳаббатни, ишчанликни, тадбиркорликни ер билан яксон қилди. Бу зарарли иллатларнинг илдизи зўравонлик билан, ҳарбийча-миршабча усул билан ўтказилган ёппасига коллективлаштиришда эканлиги ҳар бир Ўзбекистон фуқаросига эндиликда аён бўлиб бормокда.

Хулоса сифатида таъкидлаш жоизки, Ўзбекистон мустақиллигининг йигирма йиллиги муносабати билан тарих фани ҳамда Ватан тарихида бўлган туб ўзгаришлар натижасида холис ва ҳаққоний тарих юзага чиқди.

Бунинг асосида яратилаётган янгидан-янги асарлар, адабиётлар ҳамда илмий изланишларнинг ҳад-ҳисобига етиб бўлмай қолди.

Бу эса «тарихий ғалаба» нашидаларидан бир нишонандир.

#### Список литературы:

1. Каримов И.А. Юсак маънавият – энгилмас куч. – Тошкент: Маънавият, 2008. – Б.98.
2. Ислон Каримов. Юсак-маънавият-енгилмас куч. - Т.: Маънавият, 2008. 5 - бет.
3. Қатагон қурбонлари хотирасини абадийлаштириш тўғрисидаги Ўзбекистон Республикаси Президенти фармони. - Халқ сўзи, 1999 йил 13 май.
4. Ватан озодлиги йўлида қурбон бўлган фидойилар хотирасини абадийлаштириш тўғрисидаги Ўзбекистон Республикаси Вазирлар Маҳкамасининг қарори. – Халқ сўзи, 1999 йил 23 июль.
5. Муҳаммад Мусо Туркистоний 1904 йилди Андижонда, диндор оиласида туғилган. 1919 йилда гимназия мактабини битирган. 1928 йилда Афғонистонда форс тилини ўрганган. 1929 йили Макка ва Мадинада араб тилини мукамаллаштирган. 1931 йилда Шарқий Туркистонда шифохоналар очишда иштирок этиб, масъул вазибаларда ишлаган. 1937 йилда Макка ва Мадинага келган. Шу ерда яшаб ижод қилган. "Улағ Туркистон фожеаси" ана шундай ижодларининг бош асаридир.
6. Муҳаммад Мусо Туркистоний «Улуғ Туркистон фожеаси». 1-жузъ, Мадинаи-мунаввара, ҳижрий 1399й (милодий 1979й), 366-бет.
7. Рустамбек Шамсутдинов «Шимолий Кавказ сурғунидаги юртдошлар қисмати», Т.: «Шарқ», 2005 й, 59-бет.
8. Муҳаммад Мусо Туркистоний «Улуғ Туркистон фожеаси». 1-жузъ, Мадинаи-мунаввара, ҳижрий 1399й (милодий 1979й), 367-бет.
9. Шамсутдинов Р., Мамажонов А. Шимолий Кавказ сурғунидаги юртдошлар қисмати. Т.: Шарқ, 2005. 65-бет.

## **ПРОФИЛАКТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА: УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ**

**Ишанходжаев М.Н.**, зам. главного инженера по технике безопасности Северного рудоуправления НГМК

К сожалению, до сих пор несчастные случаи на производстве зачастую принято понимать как «внезапное повреждение организма человека». Однако травмоопасность возникает не внезапно и не сразу, а развивается постепенно. Вероятность происшествий несчастных случаев на производстве принимается величиной, находящейся в обратной зависимости от уровня технологической оснащённости производства.

При анализе происшедших несчастных случаев на производстве нами выявлено, что проблема возникновения производственного травматизма лежит, прежде всего, в области «человеческого фактора», производственный травматизм, в первую очередь, зависит от организационной, социальной и культурной составляющих процесса производства. Понятие «производственная опасность» на первый взгляд кажется очевидным и само собой разумеющимся.

В традиционном понимании, производственная опасность - это угрозы жизни и здоровья людей, возникающие на производстве. Эти угрозы встречаются на каждом этапе производственного процесса от переработки сырья до утилизации отслужившего свой срок изделия. Таким образом, в узком смысле производственная опасность - это неполадки, сбои и неприемлемые побочные эффекты функционирования технологических систем. Но в более широком смысле - производственная опасность состоит из нескольких факторов, являясь результатом взаимодействия промышленных систем, работников в различных комбинациях и с различным результатом. И в настоящее время эта проблема как никогда актуальна.

Из-за слабого контроля за безопасным производством работ и недостаточной квалификации работников предприятия порой допускаются грубейшие нарушения правил охраны труда и техники безопасности при эксплуатации различного оборудования и при выполнении работ повышенной опасности. К сожалению, зачастую, несчастные случаи на производстве воспринимаются и работниками, и их руководителями как чистая случайность, а пострадавшие воспринимаются как жертвы. Но как было отмечено выше, травмирование возникает не внезапно, не сразу, а развивается постепенно. На первой стадии происходит накопление противоречий, состоящих в систематическом нарушении правил

безопасности при производстве работ, спешке и т. д. На второй (конфликтной) стадии происходит травмирование человека за сравнительно короткий промежуток времени. Травмирование характеризуется не внезапностью, а простой неожиданностью и поэтому должно быть предотвращено на первой стадии. Чем раньше работник осознает и распознает назревшую производственную опасность - тем более безопасными станут условия его труда и именно это является ключевым фактором профилактики травматизма на рабочих местах. Борьбу с травматизмом необходимо начинать с организационных мероприятий. При постановке цели и выдаче задания на производство работ следует обращать особое внимание на возможность возникновения опасных ситуаций.

В этой связи особенно актуальными становятся более качественное (не формальное, для галочки) проведение администрацией и уполномоченными по охране труда ступенчатого контроля состояния охраны труда, а также исключение формализма при инструктировании работников по охране труда. Выработка навыка у работников выявлять перед началом и в процессе работы имеющиеся опасные ситуации - одно из главных условий профилактики производственного травматизма.

Закрепление профессиональных кадров на постоянных рабочих местах очень часто определяется именно безопасностью условий труда, которые позволяют работнику сохранять здоровье. В то же время и в прямо противоположных условиях - при постоянно меняющихся кадрах и постоянно изменяющихся операциях на рабочих местах - обеспечить интенсивную безопасную работу можно только при наличии отлаженной системы охраны и безопасности труда, когда каждая процедура тщательно продумана и действия по ее осуществлению и инструктажу персонала оптимизированы. Для понимания работающими сущности опасности на рабочем месте необходимо составление по каждому рабочему месту, а также технологической операции перечней возможных опасностей, включение их при пересмотре в инструкции по охране труда и ознакомление с ними работающих.

Наличие возможности возникновения опасных ситуаций определяют направление и методы сбора информации службой охраны труда пред-

приятия: обследование рабочих мест, опрос работающих об имеющихся недостатках в работе, расследование несчастных случаев на производстве, выявление нарушений правил безопасности и инструкций по охране труда при производстве работ.

Исходя из вышеизложенного, службой охраны труда должны быть выделены приоритетные направления деятельности по профилактике производственного травматизма:

1. Выявление возможностей возникновения опасных ситуаций на производстве, их профилактика, ознакомление работающих с методами их предупреждения и устранения.

2. Проведение разъяснительной работы по осознанию работниками сущности, условий и причин возникновения опасных ситуаций на производстве, применение всех мер воздействия (дисциплинарного и материального) к нарушителям правил безопасного производства работ и инструкций по охране труда по профессиям.

3. Постоянное обучение рабочих, руководителей и специалистов всех уровней правилам безопасного производства работ, промышленной безопасности, умению четко и вовремя распознать возможность возникновения опасной ситуации.

4. Расследование несчастных случаев, профзаболеваний и аварий на производстве, разработка и внедрение мероприятий для предотвращения их повторения.

5. Внедрение в производство передовых методов профилактики травматизма и профзаболеваний.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в условиях развития современной промышленности существует три варианта профилактики производственного травматизма:

1. Сохранить всё «как есть», не предпринимать ничего нового.

2. Способствовать проведению научных исследований, внедрению новых технологий, сводящих к минимуму возможность возникновения опасной ситуации в процессе производства.

3. Развивать адаптацию работников к новым условиям труда, понимание и осознание ими производственной опасности, самопрофилактику производственного травматизма.

Первый вариант, очевидно, является неприемлемым решением, так как несчастный случай - это не просто событие, повлекшее стойкую или временную утрату работником трудоспособности (а иногда и гибели), а результат сложного процесса взаимодействия нескольких компонентов (технологических, организационных, экономических и др.), постоянно изменяющихся с развитием общества. В этом случае, убытки предприятия превысят его прибыль: из-за штрафов, выплат возмещения ущерба профбольным по трудовому увечью и профессиональным за-

болеваниям, простоя оборудования и др. На перспективный план в современных условиях выходит развитие адаптации работников к новым условиям труда, изменившимся социальным отношениям в республике.

Ознакомление работающих с возможностью возникновения опасных ситуаций на рабочем месте, агитационная и разъяснительная работа, обучение всех работников предприятия безопасным методам работы, самопрофилактика производственного травматизма - все это позволит многократно снизить уровень травматизма на предприятии. Системный подход в области управления безопасностью и здоровьем предполагает идентификацию, оценку и устранение или снижение риска на каждом рабочем месте и непрерывное совершенствование системы управления охраны труда. Производя оценку возможного риска, необходимо четко выделить объект защиты.

Риск может быть профессиональным (объект защиты - работник) и техническим (объект защиты) - оборудование. Рассмотрим процедуру анализа профессионального риска. Риск имеется практически на каждом рабочем месте. Например, на рабочем месте машиниста конвейера, машиниста ДПСМ имеются опасности - движущаяся конвейерная лента или вращающийся (движущийся) элемент оборудования, механизма.

Выясним возможные причины реализации опасности в нежелательные события, каковыми обычно они, причины, являются:

- отсутствие ограждений, экранов, блокировок, исключающих случайный и преднамеренный контакт работников с источником риска; несоответствие предохранительных, защитных устройств; недостаточная скорость срабатывания механизмов защиты; неудобное расположение и неправильная окраска кнопок управления; плохая освещенность;

- несоответствующий микроклимат, высокий уровень шума; наличие вредных химических веществ, аэрозолей, пыли с превышением ПДК; расположение оборудования вблизи других рабочих мест или маршрута движения работников; несоответствующие средства индивидуальной защиты (далее по тексту СИЗ); другие возможные причины и несоответствия. Но даже при наличии ограждений, блокировок и защитных приспособлений персонал нередко снимает, «загрубляет» блокировки или заклинивает датчики или находит другие способы «обмануть умный механизм», если защита или блокировки не соответствует эргономическим показателям.

Поэтому в качестве опасности необходимо рассматривать и такие факторы, как поведение людей, их обученность; профессиональная компетенция; поведенческие, личностные и другие человеческие факторы; эргономичность рабоче-

го места. Несоответствующие условия труда - плохая освещенность, сквозняки, низкая или, наоборот, высокая температура, выделяющиеся в воздух рабочей зоны вредные вещества и пыль, высокий уровень шума и вибрации - также относятся к опасностям, приносящим вред здоровью персонала. Реализация опасности приводит к нежелательным последствиям: травмированию (иногда смертельному) или профессиональным заболеваниям работника (вред здоровью персонала); поломке и простоя оборудования. От каждого вида опасности и для каждого вида вреда и ущерба должны применяться адекватные способы защиты.

При этом технология безопасности требует одновременного применения двух-трех независимых способов защиты. Кроме того, надо понимать, что один и тот же способ защиты может предохранять от нескольких опасностей и, наоборот, одна и та же опасность может привести к нескольким нежелательным последствиям и требует соответствующих методов защиты.

В рассмотренном выше примере (использование оборудования с движущимися элементами) определенные причины возможной реализации опасности в нежелательные события непосредственно указывают на способы защиты работника: применение ограждения оборудования или его элементов; использование соответствующих способов блокировки; наличие предупреждающих, предписывающих, указательных знаков безопасности; безопасное расположение оборудования и организация безопасных маршрутов движения персонала; использование работниками СИЗ.

Способы обучения, навыки персонала, его компетентность, система управления персоналом и качеством также являются залогом безопасной работы и эффективным способом профилактики травматизма.

С учетом этого можно выработать алгоритм оценки профессионального риска, в результате которого риск признается приемлемым или неприемлемым, а остаточный риск - приемлемым. Начинается анализ риска с процедур идентификации опасности, определения возможных причин реализации опасности в нежелательные события. Затем проводится оценка вероятности, масштаба риска и возможных последствий причинения вреда здоровью. Такие действия производятся по каждой опасности до разработки способов защиты и после их применения, чтобы убедиться в эффективности защиты здоровья персонала.

Согласно ст. 213 ТК Республики Узбекистан работодатель обязан информировать работников о риске профессиональных заболеваний. Именно процедуры идентификации риска, основанные на глубоких знаниях технологии работ и процессов, позволяют выявить источники риска, все виды

опасности на рабочем месте и обеспечить последующий качественный анализ воздействия опасных и вредных производственных факторов, источником которых являются производственные процессы.

Процедура идентификации риска должна быть закончена составлением перечня и кратким описанием опасностей с учетом того, что источником опасности может быть как объект, так и деятельность. То есть в любой работе по профилактике профессиональных заболеваний и инцидентов («несчастный случай» включен в термин «инцидент») сначала необходимо выявить опасности, затем определить возможные причины реализации риска в неблагоприятные события. Именно причины причинения вреда указывают на способы защиты персонала и снижения риска, поэтому данные процедуры должны быть включены в алгоритм анализа профессионального риска. Последующая оценка возможных нежелательных последствий, определение вероятности и масштаба риска позволяют выбрать адекватные способы защиты.

Основные психологические причины создания опасных ситуаций:

1. Нарушение мотивационной части действий - нежелание выполнять определенные действия. Профилактические мероприятия: обучение, инструктажи, проверка знаний и воспитание персонала.

2. Нарушение ориентировочной части - проявляется в незнании правил эксплуатации, норм безопасности труда. Профилактические мероприятия - обучение.

3. Нарушение исполнительной части действия - проявляется в невыполнении действия вследствие несоответствия физических и психических возможностей человека требованиям данного действия. Профилактические мероприятия: профессиональный отбор, медицинское обследование.

**Надежность человека как звена технической системы.** Человек, как правило, управляет технической системой, т.е. является оператором. Надежность - способность успешно выполнять поставленную задачу на заданном этапе функционирования системы в течение заданного интервала времени. Ошибки по вине человека могут возникать в случаях: 1) оператор стремится к достижению ошибочной цели; 2) цель не может быть достигнута из-за неправильных действий оператора; 3) оператор бездействует, когда его участие необходимо. **Критерии оценки деятельности оператора:** 1) быстродействие; 2) надежность. **Надежность характеризуется:** 1) безошибочностью; 2) коэффициентом готовности - вероятностью включения в работу в произвольный момент времени; 3) восстанавливаемость - вероятностью исправления допущенной ошибки; 4) своевременностью; 5) точностью.

**Алгоритм определения профессионального риска.** Оценку конкретной опасности необходимо производить отдельно по каждому виду риска: для действий в начале работы (прием-передача смены, подготовка к работе, пуск), стационарного режима, режима по окончании работ (остановка оборудования, установки, ремонт, передача смены, завершение работы), а также для аварийной (чрезвычайной) обстановки.

Для оценки безопасности деятельности необходимо выявить также побудительный механизм, проанализировать источники опасности, заложенные в регламентированных процедурах. По результатам анализа риск может быть признан «приемлемым» или «неприемлемым».

Если вероятность и масштаб риска незначительны, вероятность нежелательных событий сведена к минимуму, а показатели по всем вредным и опасным факторам соответствуют или меньше нормативных значений, то данный риск считается приемлемым, а условия труда безопасными.

Если же риск не удается свести к минимуму и остается остаточный риск повреждения здоровья, то в данной ситуации риск (вред здоровью) может быть признан приемлемым только при применении льгот и компенсаций за причиняемый вред, а условия труда являются вредными.

Если опасность создает угрозу для жизни или высок риск развития острых профессиональных поражений, то такой риск неприемлем, условия труда опасные и рабочее место должно быть аннулировано.

Процесс принятия приемлемого риска исполняется социально-экономическим анализом, при котором оцениваются законодательные и обязательные требования, стоимость и финансирование риска, озабоченность причастных сторон и затраты на использование приемлемого риска.

Согласно ст. 13 Закона Республики Узбекистан «Об охране труда» условия труда, предусмотренные трудовым договором, должны соответствовать требованиям охраны труда.

Поэтому совершенствование СУОТ должно быть направлено на разработку и внедрение процедур, позволяющих избежать или предотвратить риск, снизить, оптимизировать его с целью обеспечения сохранения жизни и здоровья персонала в процессе трудовой деятельности.

Следовательно, алгоритм анализа профессионального риска для защиты персонала от несчастных случаев и профессиональных заболеваний на рабочем месте может быть представлен следующим образом:

- идентификация опасностей (выявление вредных и опасных факторов рабочей среды и трудового процесса);
- определение возможных причин, приводящих к нежелательным событиям;

- оценка риска (вероятность осуществления риска, определение масштаба последствий нежелательного события с учетом возможной тяжести инцидента и вреда здоровью человека, вывод о приемлемости или неприемлемости риска);

- выбор и оценка средств защиты от каждого вида опасности;

- оценка остаточного риска после внедрения системы защиты;

- оценка системы защиты жизни и здоровья персонала в целом в соответствии с классом условий труда.

На каждом этапе анализа существуют свои механизмы, применение которых определяются особенностью рабочей среды, экономическими возможностями предприятия, профессиональными компетенциями персонала и которые позволяют осуществить переход от реактивного управления охраной труда (компенсации за вред здоровью) к преактивному (предупреждение вреда).

На основании нормативно установленных классов условий труда, согласно проведенной в 2010 г. аттестации рабочих мест, производится итоговая оценка профессионального риска по каждому рабочему месту, которая определяет вероятность нарушения здоровья в результате неблагоприятного воздействия вредных факторов производственной среды.

В соответствии с этим выделены направления по управлению профессиональными рисками:

1. Обеспечение соблюдения требований охраны труда и техники безопасности, установленные действующим в Республике Узбекистан законодательством.

2. Профилактические мероприятия, направленные на создание максимально безопасных и здоровых условий труда.

3. Обеспечение персонала средствами индивидуальной защиты.

4. Установление льгот и компенсаций работникам за работу в неблагоприятных условиях труда.

Для выполнения обеспечения соблюдения безопасных и здоровых условий труда на предприятии используется ступенчатая административно-общественная система контроля труда и проводится постоянный мониторинг состояния обеспечения безопасности условий труда: лаборатория контроля условий труда проводит инструментальные замеры вредных производственных факторов и их оценку; здоровье работников оценивается при проведении обязательных предварительных и периодических медицинских осмотров. В заключение можно сказать, что при постоянном мониторинге условий труда на предприятии, выявлении опасных приемов в работе персонала и безусловном соблюдении нормативных требований охраны труда и техники безопасности можно значительно снизить травматизм и риск профессиональных заболеваний.

## ПРИРОДООХРАННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СЕВЕРНОГО РУДОУПРАВЛЕНИЯ НГМК

Андреева И.Г., начальник ЦЛКУТ Северного рудоуправления НГМК; Крузер А.В., начальник ЛООС и ТР Северного рудоуправления НГМК

Промышленное развитие - необходимая составная часть процесса формирования сильного независимого государства. Строительство новых высокотехнологичных производств, реконструкция, развитие, переоснащение действующих - гарантия экономической и социальной стабильности. Однако хозяйственная деятельность неизбежно влияет на состояние экосистемы в регионах размещения предприятий. Экологическое равновесие в пустынных регионах особенно хрупко. Нарушение почвенно-растительного покрова, загрязнение грунтовых вод, атмосферы неблагоприятно сказываются на животном и растительном мире. Поэтому в Навоийском горно-металлургическом комбинате уделяется значительное внимание вопросам экологии.

В Северном рудоуправлении НГМК основными загрязнителями природной среды являются:

- гидрометаллургическое производство ГМЗ-3 и хвостохранилище;
- рудники открытой добычи золотосодержащих руд «Восточный», «Даугызтау»;
- цех производства серной кислоты;
- геотехнологический рудник по добыче уранового сырья;
- котельные «Энергослужбы», предназначенные для подачи тепловой энергии населению и подразделениям Северного рудоуправления.

Вопросы контроля соблюдения подразделениями Северного рудоуправления природоохранного законодательства - забота специалистов Центральной лаборатории контроля условий труда, охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов (ЦЛКУТ, ООС и РИПР). Основные направления деятельности лаборатории - проведение мониторинга водных и земельных ресурсов, атмосферного воздуха.

С 1958 г. добыча урана проводилась открытым способом, но к началу 70-го года добывать уран стали посредством скважинного подземного выщелачивания (ПВ). Данный способ позволил вовлечь в обра-

ботку запасы бедных руд месторождений песчанникового типа, но с поступлением в рудоносный горизонт в качестве реагента большого количества серной кислоты усилилось загрязнение грунтовых вод, их минерализация. В связи с этим перед горняками встала задача, требующая разработки новых технологических решений, позволяющих резко сократить пагубное воздействие на природную среду. И такой метод был найден: миниреагентная технология подземного выщелачивания урана из карбонатных руд. Данная технология позволяет извлекать металл из недр при помощи воды и воздуха, иницируя растворитель, содержащийся в самих рудах, подача же серной кислоты в рудный пласт при этой технологии исключена. Тем самым, это позволило сохранить минерализацию подземных вод, состав и содержание основных компонентов в пределах контура рудного тела на уровне фоновых значений.

На участках ПВ проводится мониторинг за загрязнением подземных вод по наблюдательным скважинам. Пробы грунтовых вод из наблюдательных скважин отбираются ежеквартально лабораториями Северного рудоуправления, где определяется их солевой состав, а также содержание вредных химических веществ.

Геотехнологический рудник является источником образования радиационно-опасных факторов: повышенное гамма-излучение, пыль в атмосферном воздухе, содержащая частицы альфа-нуклидов и пр.

Лабораторией ЦЛКУТ, ООС и РИПР, а именно группой дозиметрического контроля проводится радиационный контроль на участках ПВ, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения (г. Учкудук, пос. Шалкар). Ежегодно рассчитывается эффективная доза облучения населения и персонала. По итогам последних лет превышение предела дозы облучения среди населения и персонала не выявлено. Это наглядно представлено в табл. 1.

Северное рудоуправление уделяет особое внимание вопросу рекультивации отработанных промышленных объектов. Рекультивация нарушенных земель проводится по сельскохозяйственному направлению.

Ежегодно рекультивируется и сдаётся землевладельцу около 300 га нарушенных горными работами земель. За период с 2000 по 2010 гг. было отрекультивировано и возвращено землевладельцу 2586 га земельных угодий.

При производстве открытых горно-добычных работ были образованы отвалы за-

**Таблица 1**

**Превышение предела дозы облучения среди населения и персонала**

Наименование места наблюдения	Суммарная эффективная доза облучения, м <sup>3</sup> В/год			Техногенная эффективная доза облучения, м <sup>3</sup> В/год		
	2008 г.	2009 г.	2010 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
г. Учкудук	1.66	1.29	1.27	0.77	0.45	0.41
пос. Шалкар	1.62	1.23	1.19	0.74	0.39	0.34

балансовых руд. На протяжении ряда лет на поверхности отвалов образовалась устойчивая и плотная корка, которая препятствует пылению и радоновыделению с поверхностей отвалов. Для исключения растекания дождевых смывов с поверхностей основания отвалов обваловываются. Ежегодно дозиметрическая служба ЦЛКУТ, ООС и РИПР проводит контроль мощности гамма-излучения и плотности потока радоновыделения. Энергетические объекты серьёзно влияют на окружающую среду. Одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха в Северном рудоуправлении являются дымовые газы котельных. До ноября месяца 2010 г. основным видом топлива для котельных «Энергослужбы» являлся мазут. Сжигание мазута сопровождается выбросами в атмосферу таких химически-вредных веществ, как двуокись азота, сернистый ангидрид, бензапирен, пятиокись ванадия, сажа, углеводороды, окись углерода.

В ноябре 2010 г. котельные «Энергослужбы» были переведены на газообразное топливо, которое имеет ряд преимуществ:

- газообразное топливо сжигается легче и эффективнее;

- благодаря химическому составу природный газ вносит существенный вклад в снижение выбросов диоксида углерода;

- при сжигании природного газа не происходит выброс в атмосферу таких вредных веществ как сернистый ангидрид, сажа, пятиокись ванадия.

По расчетным данным общее снижение выброса в атмосферу вредных веществ при работе котельных на природном газе составит более 40%. Осуществляются мероприятия по переводу автотранспорта автобазы № 1 на альтернативный вид топлива - сжатый природный газ. Применение газового топлива в моторах с «колыбели» двигателестроения не случайно. По своим свойствам оно более всего приближается к представлениям об идеальном моторном топливе. Природный газ по своим энергетическим, физико-химическим и экологическим показателям является очень перспективным топливом, и его применение даёт положительный эффект во многих аспектах, в частности, экологической безопасности газовых двигателей.

Она определяется тремя факторами:

- сокращение издержки быстро истощающихся ресурсов;

- значительно меньшими выбросами в воздух загрязняющих веществ двигателями, работающими на газе, чем использующими нефтяные топлива;

- снижение выбросов тепличных газов.

Природные ресурсы метана на порядок превышают запасы нефти и нефтепродуктов. Нефтяные топлива получают после переработки, причём доля светлых нефтепродуктов при таком получении далека от 100%, т.е. применение нефтяного топлива требует большего истощения природных ресурсов, чем потребляется топлива. Добытый же из недр природный газ, в качестве моторного топлива, может быть весь использован по

квалифицированному назначению. Снижение выброса загрязняющих веществ в атмосферу при применении газового топлива значительно, по сравнению с работой двигателей на нефтепродуктах. Так, выброс в атмосферу угарного газа оказывается в 5-10 раз меньше, чем у бензинового; окислов азота в 1,5-2,0 раза меньше; углеводородов в 2-3 раза меньше.

Тепличный газ - двуокись углерода - образуется при сгорании углерода, входящего в состав топлива. Содержание углерода в составе метана 75% по весу, в составе бензина - 85%. Поэтому при полном сгорании метана образуется двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>) на 13% меньше, чем бензина. То есть применение природного газа в качестве автомобильного топлива вместо бензина приведёт и к снижению выделения парниковых газов, что в последнее время становится одной из главных экологических проблем на Земле.

Особое внимание уделяется хранению отработавших ртутьсодержащих люминесцентных ламп. Столь пристальное внимание к этой проблеме вполне объяснимо: отработанные люминесцентные лампы являются одним из видов твердых отходов, причем вредных, т.к. содержат ядовитое вещество – ртуть (1 класс опасности). Осветительный прибор экономичен и поэтому широко используется в повседневной жизни. Однако вышедшая из строя лампа дневного света выделяет пары ртути и, соединяясь с органическими веществами, некоторыми металлами, усиливают свое вредное воздействие. Для избежания этого, отработанные ртутьсодержащие лампы отправляют в г. Зарафшан на демеркуризацию. Затраты рудоуправления на демеркуризацию отработанных ртутьсодержащих люминесцентных ламп в 2009 г. составили 6,29 млн. сумов, 2010 г. – 6,4 млн. сумов.

Охране водных ресурсов, их рациональному использованию уделяется особое внимание. С вводом в строй станции биологической очистки на КОС все стоки после очистки направляются на использование в технологическом процессе промышленных объектов, а также на полив зелёных насаждений. Ежеквартально проводится мониторинг за состоянием наблюдательных скважин хвостохранилища ГМЗ-3, карты – испаритель Цеха производства серной кислоты, озера Кызылкумское, г. Учкудук и промплощадки. Мониторинг состояния подземных вод показывает отсутствие просачивания вредных веществ в водоносные горизонты.

Для поддержания нормальной экологической обстановки в Северном рудоуправлении ежегодно разрабатывается план природоохранных мероприятий. В 2009 г. на эти цели было затрачено 9495,8 млн. сумов, в 2010 г. - 11758,7 млн. сумов. С каждым годом затраты на природоохранную деятельность растут более чем на 25%.

Вложения средств в природоохранную деятельность не приносят сиюминутной прибыли, однако затраты на сохранение экосистемы вернется сторицей – чистым воздухом, здоровьем наших детей, неповторимой природой Кызылкумов.

## САТТАРОВ ГАЙБУЛЛА САТТАРОВИЧ

(к 60-летию со дня рождения)

*20 октября 2011 г. исполнилось 60 лет Саттарову Гайбулле Саттаровичу, начальнику ЦНИЛ НГМК, специалисту в области аналитики и контроля технологических процессов, докт. техн. наук, профессору.*

В 1972 г. Саттаров Г.С. окончил физический факультет СамГУ и работал в 1974-1983 гг. в ИЯФ АН РУз на различных должностях: младший научный сотрудник, старший научный сотрудник, ведущий научный сотрудник. С 1983 г. его судьба связана с НГМК: в 1983-99 гг. возглавлял совместную лабораторию ИЯФ АН РУз и НГМК, в период 1999 -2002 гг. работал в должности начальника бюро «Специальных методов исследований» и с 2002 г. по настоящее время работает в должности начальника ЦНИЛ НГМК.

В 1981 г. Саттаров Г.С. защитил диссертацию на соискание ученой степени канд. физ.-мат. наук по специальности «Физика атомного ядра и элементарных частиц». Диссертационная работа посвящена разработке информативных методик рентгеноструктурного, нейтронно-радиографического анализа руд и высокочувствительных методик элементного анализа золотосодержащих руд. Разработанные методики были успешно использованы в совместных работах с Институтом геологии и геофизики АН РУз при проведении исследований по геохимии и минералогии золота в различных золоторудных месторождениях Узбекистана.

При непосредственном и активном участии Саттарова Г.С. в 1989 г. был создан ядерно-физический комплекс на базе ЦНИЛ НГМК, в котором проводятся исследовательские работы по изучению геохимии элементов в процессах подземного выщелачивания, контролю и оптимизации технологии извлечения урана, сопутствующих элементов, решению актуальных радиозоологических задач.

В 1994 г. на ученом совете Института геохимии и аналитической химии АН РФ (г. Москва) он защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности «Аналитическая химия». Диссертационная работа посвящена разработке оперативных и информативных методик анализа веществ и контроля технологических процессов извлечения золота, урана, а также разработке и внедрению технологии попутного извлечения рения и скандия из урансодержащих промежуточных отходов.

В 2002 г. решением ученого Совета НГГИ Саттарову Г.С. присвоено ученое звание профессора кафедры «Металлургия и обогащение».

При его непосредственном участии внедрено в практику предприятий и учреждений Республики Узбекистан и стран СНГ более 30 законченных НИР. Под руководством Саттарова Г.С. в ЦНИЛ в послед-



ние 10 лет разработаны, аттестованы и внедрены более 40 и актуализированы более 100 методик элементного анализа природных, технологических и экологических образцов.

Саттаров Г.С. создал научную школу по аналитике и контролю технологических процессов. Он является членом 3-х специализированных советов по защите кандидатских и докторских диссертаций. Рецензировал 6 монографий и являлся официальным оппонентом защиты 7 кандидатских диссертаций. Им опубликовано 160 печатных трудов, в т.ч. 1 монография, 17 изобретений и патентов.

Саттаров Г.С., наряду с научно-производственной деятельностью, занимается педагогической деятельностью, являясь профессором кафедры «Металлургия» НГГИ, и подготовкой специалистов и ученых. Под его руководством защищено 3 и подготовлено к защите 4 кандидатских диссертации. В течение последних 10 лет является председателем (зам. председателя) Государственной Аттестационной комиссии по защите выпускных работ бакалавров и магистерских диссертаций НГГИ. Сатаров Г.С. является одним из инициаторов создания в 2001 г. магистратуры в НГГИ по направлению «Металлургия». Под его непосредственным научным руководством подготовлено 22 магистра и более 30 бакалавров, большинство из них работает на различных руководящих должностях в подразделениях комбината. Саттаров Г.С. имеет большой опыт работы на производстве, обладает организаторскими качествами, объективен в оценке фактов, событий поведения людей, способен жить интересами и перспективами коллектива, склонен к разумному риску, умеет строить коллективную работу, при необходимости брать на себя личную ответственность. Принципиален, настойчив и имеет сильный волевой характер. По совокупности таких черт характера его можно отнести к категории «ученый-производственник - организатор - педагог».

Семейное состояние определяет продуктивность ученого. Он с женой (филолог по образованию) воспитывает двух детей. Дочь Шахло выбрала профессию отца - учится на 2 курсе физического факультета Национального университета Узбекистана. Сын Камол учится в колледже, хочет стать экономистом.

За добросовестную научно-производственную деятельность Саттаров Г.С. награжден знаком «Изобретатель СССР» (1987 г.), юбилейным знаком 50-летия НГМК.

*Научно-техническая общественность, друзья, коллеги и ученики поздравляют Гайбуллу Саттаровича с юбилеем и желают ему крепкого здоровья, личного счастья и новых творческих успехов на благо прогресса и процветания Узбекистана.*